

Yanma Hızının Deneysel ve Teorik Etüdü

Ahmet BOYNUKALIN *

ÖZET

Bu çalışmada açık tüp metodu ile (% 98,5 C₂H₂ + % 0,75 CO₂ + % 0,75 H₂) ve (% 50 C₂H₆ + % 50 C₄H₁₀) terkipteki gazların yanma hızları değişik λ - hava fazlalık katsayıları için bulunmuştur. Semenov - Brokav - Gerstein metodu ile asetilen teorik yanma hızı hesaplanmış ve deneysel sonuca merteye olarak oldukça yakın olduğu görülmüştür. Ayrıca Manson denklemi $\lambda=1$ noktası için çözülmüş ve pratik yünden Semenov denkleminin uygun olduğu sonucuna varılmıştır. Alev cephesi kalınlığı, teorik ve deneysel yanma hızlarına göre Tiggelen ve Deckers'in zincir reaksiyonu teorisine dayanan metoduyla bulunmuştur.

1 — GİRİŞ

Yakıt - yakıcı sistemlerinin yanma hızı yanma odaları hesabında, alev cephesi formunun tayininde ve yanma olaylarının etüdünde gerekli olan bir değerdir. Bunun deneysel olarak ölçülmesi için çeşitli metotlar geliştirilmiştir, örneğin: Küresel Bomba, Bünzen veya Meker Beki metodu, Sabun Balonu metodu, kapalı ve açık Tüp metodu gibi, Yanma hızının teorik etüdüne ait çeşitli çalışmalar vardır. Genellikle ısı ekplozyonu veya zincir reaksiyonu teorisine dayanan metotlar mevcuttur.

Bu çalışmada bir ucu açık 19 mm çapında pyrex tüp kullanılmış ve açık uçtan ateşleme sonucu doğan alevin ilerlemesinden yanma hızına geçilmiştir. Diğer metotlara göre pratik olup, olayın etüdü için bir tambur ve bir normal kamera yeterlidir. Sakıncalı tarafı alev cephesi formunun λ ya ve tüp konumuna bağlı olarak değişmesidir.

* S.D.M.M.A. Yet. Asıs. Mak. Yük. Müh.

İçine yanıcı gaz doldurulan bir ucu açık tüp, açık uçtan tutuşturulursa kapalı tarafa doğru bir alev cephesi harekete geçer. Alev hızının ölçülmesi ve alev cephesi formunun tesbiti sonucunda karışımın yanma hızını bulmak mümkündür.

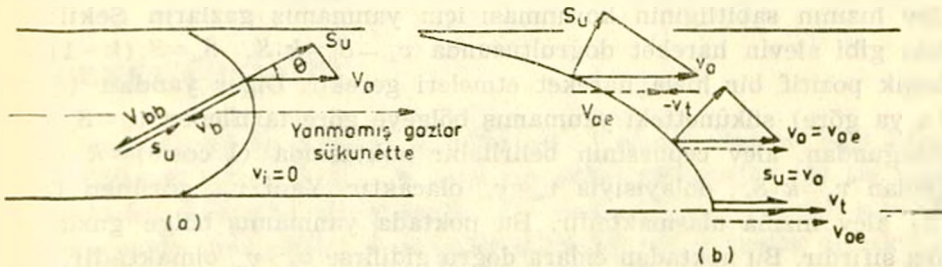
Tüpün açık ucu ya atmosfere açılır¹ veya içinde yanmayı etkilemeyecek gaz bulunan bir depoya açılır. İkinci metot sayesinde değişik basınçlarda çalışmak mümkün olmaktadır.

Alevin tüp içindeki hareketi çeşitli etkenlere bağlıdır: Tüpün iç çapı, tüp boyu, karışımın cinsi, basıncı, sıcaklık v.s. Bu hareketi önemli şekilde etkileyen aynı zamanda alev cephesi formudur. Gouy'nin² bek metoduna benzer şekilde alev cephesinin yüzeyi ile yanma hızına geçiş yapılması gerektiğini Cowart ve Hartwel³ bildirmişlerdir. Alev cephesinin alanı = A , tüp çapı = d , alevin tüp cidarına göre efektif hızı = v_{ae} olduğuna göre yanma hızı :

$$S_u = \frac{\pi d^2}{4} \cdot \frac{v_{ae}}{A} \quad (1)$$

şeklinde bulunmaktadır.

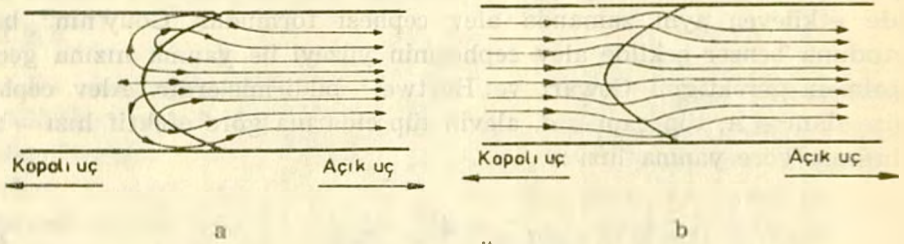
Deneyler sonucu düşey tüplerde yarım küre, paraboloid; yatay tüplerde ise yerçekimi nedeniyle simetrik olmayan yüzeylere rastlanmıştır. Alev cephesinin formunu koruması için eksen boyunca belirli bir anda taranan hacmin cidara yakın yerlerde taranan hacimden büyük olması gerekir, bkz. Şekil 1.a.



Şekil 1: Alev Cephesi Formu

Yanmamış gazlar sükûnette iken, alevin ilerleme hızı v_a yanma hızı S_u olmak üzere Mickelson kanununa göre Şekil: 2 a daki hız üçgeni çizilebilir. Sadece alev cephesinin tüp eksenine dik olduğu noktada $v_a = S_u$ olmaktadır. Diğer bölgelerde $v_a > S_u$ olmaktadır. Bu durumda cidardaki

v_a daha yüksek olmakta, diğer bir ifadeyle alevin çevre kısmı daha yüksek bir hızla ilerleyerek alev cephesinin Şekil: 1 b deki düzlemsel şekle ulaşmasını sağlamaktadır. Ne var ki burada S_{ii} nun sabit olduğu ve yanmamış gazlarda hiç bir hareketin olmadığı kabul edilmiştir. Alev cephesinin yanmamış bölgeye doğru konkav olması mümkün değildir. Bu ısı akımı, cidar etkenleri ve eksendeki yanma hızı karakteristiğiyle açıklanmaktadır. Gerçekte yanmamış gazların alev cephesine yakın kısımlarında konvektif bir hareket vardır. Bu hareketler sonucu alev cephesi konveks formunu koruyabilmektedir.



Şekil 2: Hız Üçgenleri

Bu hareketlerin varlığını ispatlamak için alevin efektif bir $v_{ac} = \text{sabit}$ hızıyla ilerlediğini düşünürsek aşağıdaki yolu takip edebiliriz.

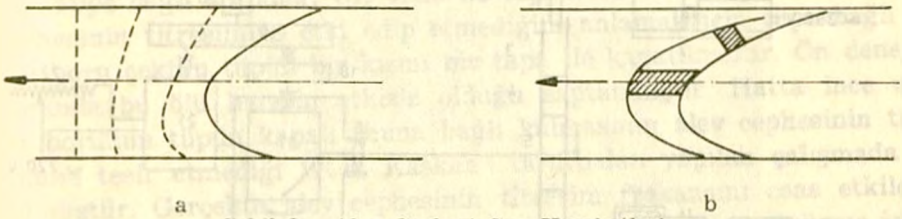
Alev cephesi alanı tüp kesitinin k katı olsun ($A = k \cdot \frac{\pi \cdot d}{4}$) (1) ba-

ğintısına göre $v_{ac} = k \cdot S_{ii}$ olacaktır. Alev cephesi normalinin tüp eksenine paralel olduğu noktada yanma hızı S_{ii} değerindedir. Ancak efektif alev hızının sabitliğinin korunması için yanmamış gazların Şekil: 2 b deki gibi alevin hareket doğrultusunda $v_{ac} - S_{ii} = k \cdot S_{ii} - S_{ii} = S_{ii}(k-1)$ kadarlık pozitif bir hızla hareket etmeleri gerekir. Diğer yandan (Şekil: 2 a ya göre) sükûnetteki yanmamış bölgeye göre tariflenen $v_a = S_{ii} / \cos \theta$ olduğundan, alev cephesinin belirli bir noktasında $(1 / \cos \theta) = k$ olduğundan $v_a = k \cdot S_{ii}$ dolayısıyla $v_a = v_{ac}$ olacaktır. Yani v_a , görünen (efektif) alev hızına ulaşmaktadır. Bu noktada yanmamış bölge gazlarının hızı sıfırdır. Bu noktadan cidara doğru gidilirse $v_a > v_{ac}$ olmaktadır. Yani S_{ii} ve v_{ac} nin sabitliğinin korunabilmesi için yanmamış gazlar alev cephesine doğru (ters yönde) ilerliyeceklerdir, bkz. Şekil: 2 b. Alev cephesine yakın yanmamış gazlardaki bu hareketler sayesinde alevin efektif hızı, sabitliğini koruyabilmekte ve $v_{ac} = k \cdot S_{ii}$ kalabilmektedir.

Cidarda alev cephesi hiç bir zaman $\theta = 90^\circ$ lik bir açı yapamaz. Çünkü Mickelson kanununa göre $v_a = \infty$ olmaktadır. Halbuki $v_{ac} = k \cdot S_{ii} = Sbt$ dir. Bu durumda yanmamış gazların sonsuz hıza ulaşmaları gerekirdi.

Şu halde $\theta < 90^\circ$ dir. Cidarda (soğuma ve akış sınır tabakaları dışında) alev cephesi formunun korunabilmesi için yanmamış gazlar bu köşeye yönelmiş bir hareket yaparlar; çünkü cidara yaklaştıkça $-v$, büyümekte ve bu kısımdaki boşalan hacme eksene yakın yerden ileriye itilen yanmamış gazlar dolmaktadır.

Alev cephesinin taradığı bölgeye yanmış gazlar adını veriyoruz. Bu bölgedeki gaz molekülleri alev cephesine dik bağıl hıza ulaşmaktadır, bkz Şekil: 2 a. Ancak yanmamış gazlar da alev cephesine doğru belirli bir açıyla hareket ettiklerinden alev cephesine göre yanmış gazların bağıl hızı (v_{bb}) alev cephesine tam dik olmamaktadır. Bu durum W. Jost ⁴ tarafından ilk defa kalitatif olarak izah edilmiş ve G. A. Hall ⁵ tarafından da hesaplanarak bulunmuştur, bkz. Şekil 3 a. Bu şekilde alev cephesi sükûnette kabul edilmiş olup moleküllerin yörüngeleri gösterilmiştir, bkz. Şekil 3 a. Bu şekilde 3 b de ise hareketli bir alev cephesi ve sükûnet halindeki tüp cidarları tasvirine uygun olarak gaz hareketleri gösterilmiştir. Buna göre yanmamış gazlar şekildeki sirkülasyonu yaparken alev cephesi kendilerine ulaşmaktadır.



Şekil 3: Alev Cephesi Gaz Hareketleri

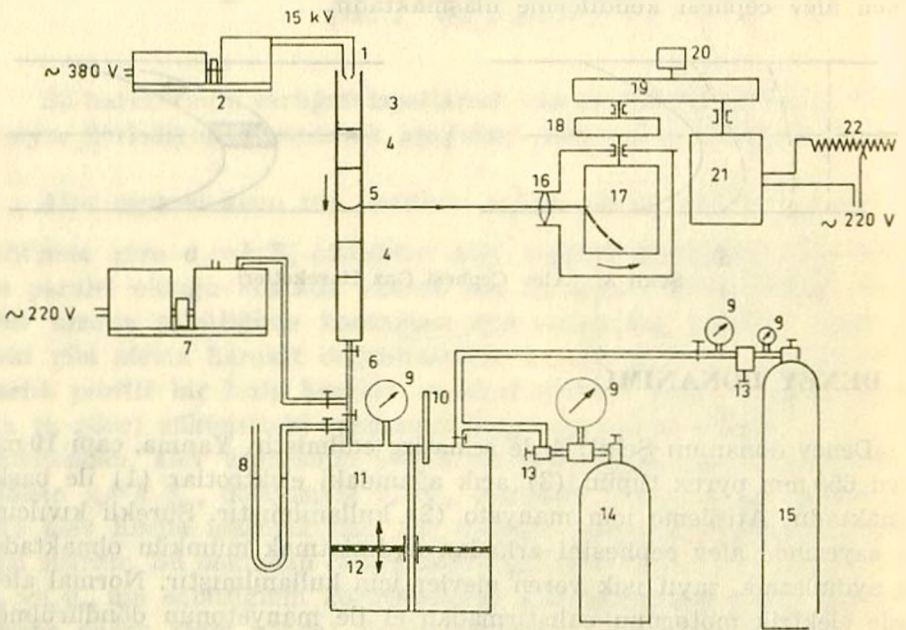
2. DENEY DONANIMI

Deney donanımı Şekil: 4 de şematize edilmiştir. Yanma, çapı 19 mm boyu 650 mm pyrex tüpün (3) açık ağzındaki elektrotlar (1) ile başlatılmaktadır. Ateşleme için manyeto (2) kullanılmıştır. Sürekli kıvılcımlar sayesinde alev cephesini arkadan aydınlatmak mümkün olmaktadır. Bu aydınlatma, zayıf ışık veren alevler için kullanılmıştır. Normal alevlerde elektrik motorunu çalıştırmadan el ile manyetonun döndürülmesi kafi gelmektedir. Ayrıca bir buji ile film üzerinde eksen çizgilerini veren noktalamalar yapılmıştır. Bu noktalamalar yapılırken tambur dönmektedir.

Yapılan ön deneyler pyrex boruda kıvılcımdan 3 ilâ 4 cm sonra alevin düzgün bir hıza ulaştığını göstermiştir. Buna rağmen gerek açık

gerekse kapalı uçtan 15 cm lik mesafelerde alev hızı göz önüne alınmıştır. Tüpün ortasındaki bölgeye aralıkları 5 cm olan siyah işaretler konmuştur (4). Alev cephesinin ışığı mercekten (16) geçip tambura sarılı filim üzerine (17) düşmektedir. Tambur yüksek hızlı (10000 dev/dak) bir elektrik motoru (21) ile tahrik edilmektedir. Tamburun hızı mekanik redüktör (19) ve reosta (22) tarafından ayarlanabilmektedir. Hız ölçümü için sürekli bir devir sayıcı (20) kullanılmıştır. Devir düzgünlüğü için ayrıca bir volan (18) konulmuştur.

Tüpe gönderilen karışım, hacmi 5500 cm^3 olan bir kap (11) içinde hazırlanmaktadır. Sevkedilen yakıtın ve havanın kısmi basınçları için sıvılı ve bourdan tüplü manometreler kullanılmıştır (8, 9). LPG ile çalışmada tüpten çok az yakıt çekildiğinden tüp sıcaklığı değişmemektedir. Ancak alınan gazın bileşiminin diyagramdan tayini için tüp içindeki basıncı bilmek gereklidir, bunun için hassas bir Bourdan manometresi (9) kullanılmıştır.



Şekil 4: Deney Teslsat Şeması

Şekil: 4 tcki elemanların isimleri;

- 1 — Elektrotlar, 2 — Magneto ve elektrik motoru, 3 — Pyrex tüpü,
4 — Tüp üzerindeki işaretler, 5 — Alev cephesi, 6 — Karışım sevki

borusu, 7 — Süpürme pompası ve elektrik motoru, 8 — Manometre (U), 9 — Manometreler (Bourdan), 10 — Termometre, 11 — Karışım hazırlama kabı (5500 cm^3), 12 — Delikli plak karıştırıcı, 13 — Detandörler, 14 — Yanıcı gaz tüpü, 15 — Hava tüpü, 16 — Mercek, 17 — Film sarılı tambur, 18 — Volan, 19 — Redüktör, 20 — Devir sayıcısı, 21 — Yüksek devirli motor, 22 — Reosta.

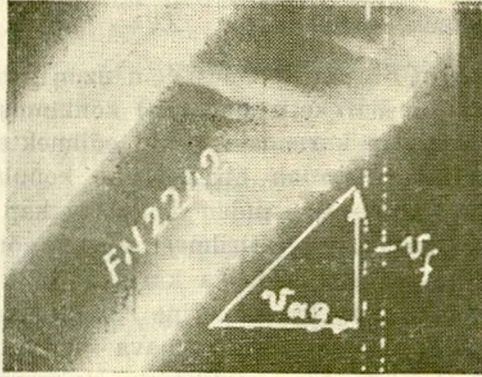
Karışımın homojen duruma gelmesi için uzun zaman beklemek yerine kap içine delikli bir hareketli plak (12) konulmuştur. Karışım kabı ters-yüz edilerek gazların karışması temin edilmektedir. Burada yüksek basınç olduğundan, dışardan bir pervane konulması sızdırmazlık yönünden; karışımın yanıcı olmasından dolayı da kap içine bir elektrik motoru - pervane sisteminin yerleştirilmesi uygun görülmüştür. Literatürde rastlanan bu tip çalışmalarda ya karışım 10 ile 12 saat bekletilmektedir veya statik karışım kaybı yerine sürekli akış ile karışım teşkili sağlanmaktadır. İkinci yol yakıt ve hava sarfiyatını artırmaktadır. Ayrıca LPG çalışmalarında tüp sıcaklığının değişmesine sebep olacağından tercih edilmemiştir.

Tüpe bağlı borudaki (6) vana ile tüp arasındaki küçük hacmin alev cephesinin titreşimine etki edip etmediğini anlamak için tüpe bağlı bütün boru çekilip tüpün bir kısmı bir tapa ile kapatılmıştır. Ön deneyler sonunda bu ölü hacmin etkisiz olduğu saptanmıştır. Hatta ince uzun bir borunun tüpün kapalı ucuna bağlı kalmasının alev cephesinin titreşimine tesir etmediği W. E. Kaskan⁶ tarafından yapılan çalışmada görülmüştür. Gerçekte alev cephesinin titreşim frekansını esas etkileyen faktör tüp içindeki karışımdır. Tüpe gönderilen gaz önce süpürme işlemi yapmaktadır. Sonra esas gaz karışımı tüpte teşekkül edebilmektedir. 5500 cm^3 lük $3,6 \text{ kp/cm}^2$ lik gaz 1 kp/cm^2 lik basınca indirgenir ve tüp hacmine bölünürse karışım kabının tübü 120 defa doldurabileceği ortaya çıkar. Deneylerde karışım kabı maksimum 3 doldurma için kullanılmıştır. Yani tüpe, tüp hacminin 40 katı gaz sevkolunarak gerçek karışımın tüpte teşekkül edebilmesi emniyetli bir şekilde sağlanmıştır.

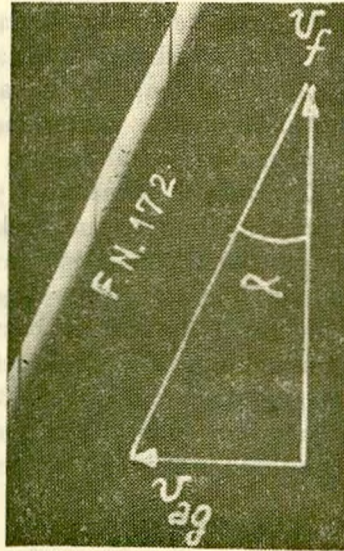
3 — DENEYLER

Deneylerde normal olarak ($\% 98,5 \text{ C}_2\text{H}_2 + \% 0,75 \text{ N}_2 + \% 0,75 \text{ CO}_2$) gazı ile ($\% 50 \text{ C}_3\text{H}_8 + \% 50 \text{ C}_4\text{H}_{10}$) kullanılmıştır. Ayrıca hava rütübeti $\varphi=0,50$ kullanılmış, kullanılan yakıt ve havanın ilk sıcaklıkları 25°C , ortam basıncı $p=1,033 \text{ bar}$ dır.

Şekil: 5-6 da $\lambda=0,78$ şartındaki bütan - propan karışımının yanmasına ait filim görülmektedir. Bu şekle göre, filim düşey doğrultudan yukarıya doğru v_f hızıyla hareket ederken alev cephesi yatay olarak sağdan sola doğru filim üzerinde v_{ag} hızıyla hareket etmektedir.



Şekil 5: Bütan - Propan alev hızına ait Fotoğraf



Şekil 6: Bütan - Propan alev hızına ait Fotoğraf

Alevin tüpteki gerçek hızı v_{ae} , film üzerindeki görüntü hızı v_{ag} ve optik sistemin küçültme katsayısı k olduğuna göre

$$v_{ae} = k \cdot v_{ag} \quad (2)$$

yazılabilir. v_f hızı tamburun dönme hızından belli olduğuna göre Şekil: 6 dan

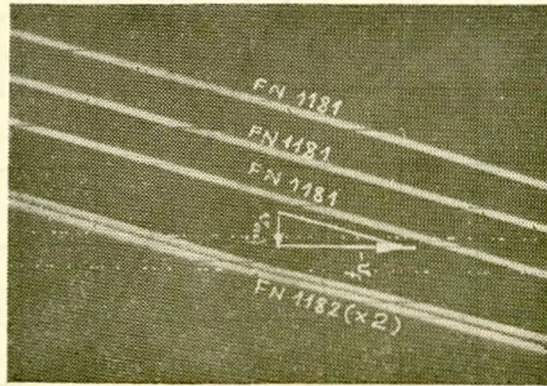
$$v_{ag} = v_f \cdot \operatorname{tg} \alpha \quad (3)$$

ve denklem: 2 den

$$v_{ae} = k \cdot v_f \cdot \operatorname{tg} \alpha \quad (4)$$

olacaktır. Tüp üzerinde bulunan işaretlerin (aralıkları 5'er cm) filmdeki görüntüleri arasındaki mesafe oranları k katsayısını vermektedir. Filme ait bütün ölçmelerde agrandisör kullanılmıştır.

Şekil: 7 de bütan - propan karışımıyla yapılan çalışmada tek bir film üzerine çekilmiş 5 ayrı deney sonucu görülmektedir. Yukardan ilk üç tanesi $\lambda=0,8$ ve son iki tanesi de $\lambda=0,75$ şartlarına aittir. Şekil üzerinde v_f doğrultusunu bulmak için kullanılan bujinin kıvılcım noktaları iki paralel doğru şeklindedir.

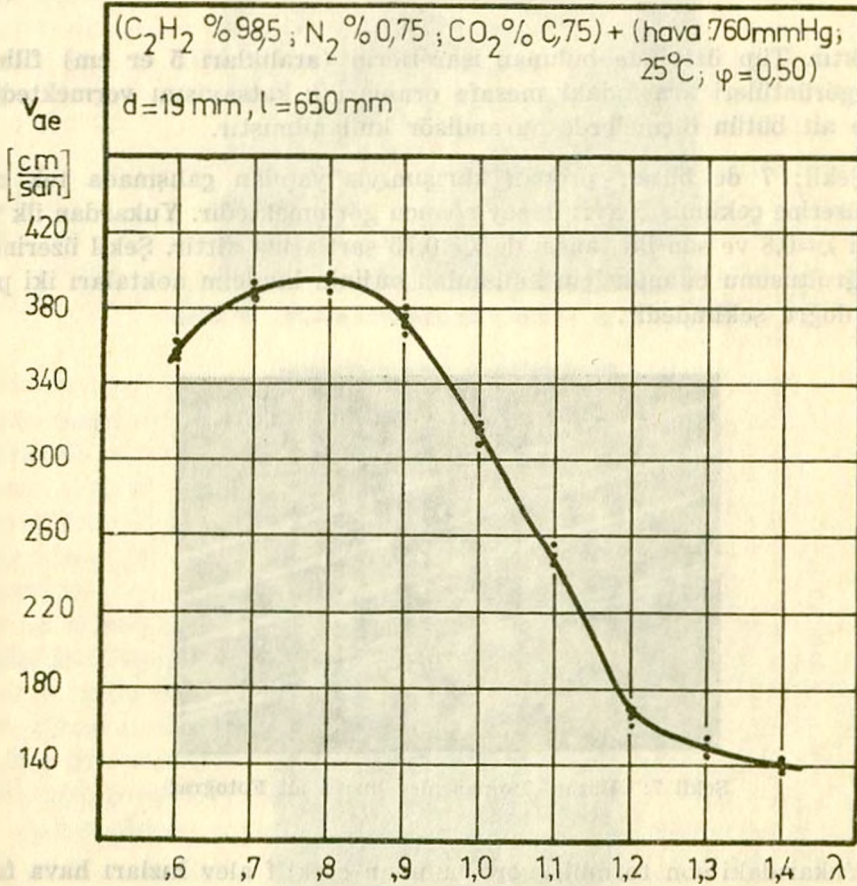


Şekil 7: Bütan - Propan alev hızına ait Fotoğraf

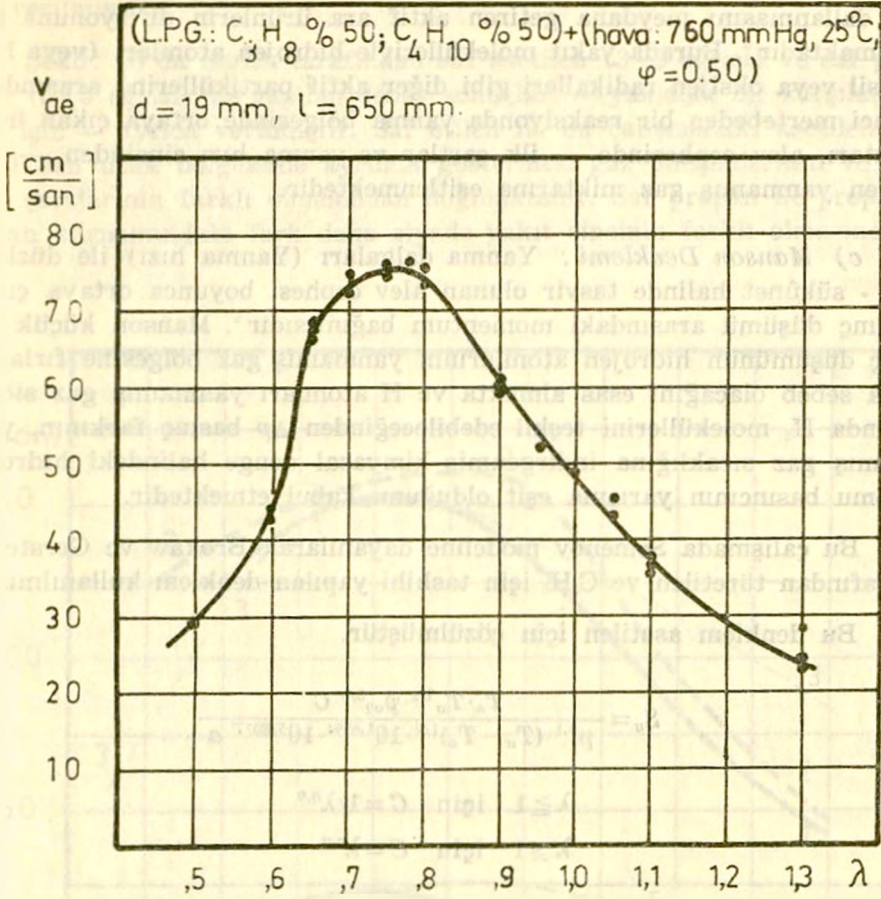
Yukarıdaki son formüle göre bulunan efektif alev hızları hava fazlalık katsayısı üzerine taşınmıştır. (%98,5 C_2H_6 + %0,75 N_2 + %0,75 CO_2) yanıcı gazına ait ($v_{ae} - \lambda$) değişimi Şekil 8 de ve (%50 C_2H_6 + %50 C_4H_{10}) yanıcı gazına ait olan ise Şekil 9 da görülmektedir.

Bu eğrilerden asetilenin $\lambda=1$ civarında 310 - 320 (cm/sn) $\lambda=0,7 - 0,85$ bölgesinde 390 - 400 (cm/sn); bütan - propan karışımının $\lambda=1$ için

48 (cm/sn), $\lambda=0,75$ için 75 (cm/sn) lik alev hızına sahip olduğu anlaşılmaktadır. Görüldüğü gibi her iki yakıtta da alev hızı zengin karışım bölgesinde maksimuma ulaşmaktadır ve merteye olarak asetilenin alev hızı, propan - bütan karışımının 5 - 6 mislidir.



Şekil 8: Asetilen için $V_{ae}=f(\lambda)$ Eğrileri

Şekil 9: Bütan - Propan için $V_{ac} = f(\lambda)$ Eğrileri

4 — YANMA HIZININ TEORİK HESABI

Yanma hızının teorik hesabı için çeşitli metotlar mevcuttur. Bunlar genellikle aşağıdaki üç gruptan hareketle bulunmaktadır :

a) *Semenov Denklemi* : Kimyasal reaksiyon kinetiği göz önüne alınarak termik teoriye dayanılarak kurulmuştur⁷. Alev cephesinden olan ısı iletimine ve alev cephesi boyunca olan yakıt konsantrasyonunun değişimine ait diferansiyel denklemden yaklaşık bir çözüm çıkarılmaktadır.

b) *Tanford ve Pease Denklemi* : Oksidasyon reaksiyonunda zincir dallanmasını meydana getiren aktif ara ürünlerin difizyonuna dayanmaktadır⁹. Burada yakıt molekülleriyle hidrojen atomları (veya hidroksil veya oksijen radikalleri gibi diğer aktif partiküllerin) arasındaki ikinci mertebeden bir reaksiyonda yanma bölgesinde ortaya çıkan ürün miktarı, alev cephesinde — ilk şartlar ve yanma hızı cinsinden — dö-nüşen yanmamış gaz miktarına eşitlenmektedir.

c) *Manson Denklemi* : Yanma dalgaları (Yanma hızı) ile düzlem-sel - sükûnet halinde tasvir olunan alev cephesi boyunca ortaya çıkan basınç düşümü arasındaki momentum bağıntısıdır⁹. Manson küçük basınç düşümünün hidrojen atomlarının yanmamış gaz bölgesine fırlama-sına sebep olacağını esas almakta ve H atomları yanmamış gaz sıcak-lığında H₂ moleküllerini teşkil edebileceğinden Δp basınç farkının, yan-mamış gaz sıcaklığına indirgenmiş kimyasal denge halindeki hidrojen atomu basıncının yarısına eşit olduğunu kabul etmektedir.

Bu çalışmada Semenov modeline dayanılarak Brokaw ve Gerstein¹⁰ tarafından türetilen ve C₂H₂ için tashihi yapılan denklem kullanılmıştır.

Bu denklem asetilen için çözülmüştür.

$$S_u = \frac{T_o \cdot T_a^{3/2} \cdot p_{O_2}^{0.4} C}{p^{0.1} (T_a - T_o)^{1/2} \cdot 10^{1.6994} \cdot 10^{5180/T} a} \quad (5)$$

$$\lambda \geq 1 \quad \text{için} \quad C = 1/\lambda^{0.9}$$

$$\lambda \leq 1 \quad \text{için} \quad C = \lambda^{0.9}$$

Burada T_o : yanmamış gaz sıcaklığı; T_a : alev sıcaklığı; p_{O_2} : Ok-sijen Konsantrasyonu (Hacimsel yüzdesi); C : λ ya bağlı katsayı; p : Toplam basıncı göstermektedir.

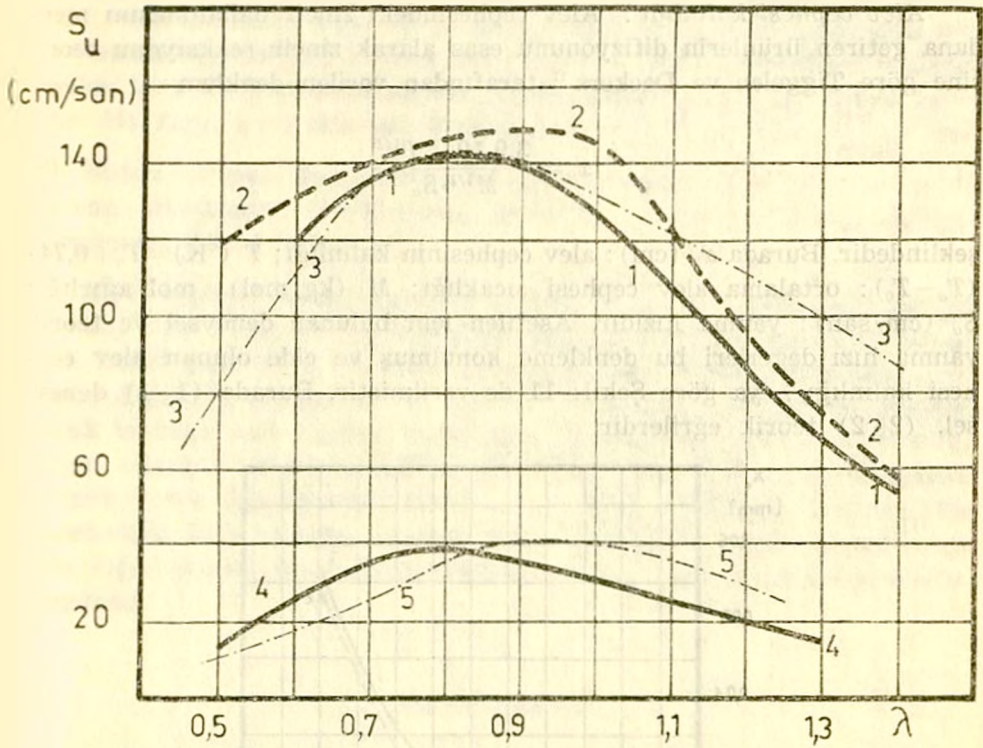
Teorik yanma hızını, (5) denkleminde hesaplanan değerler ve p_{O_2} yanmamış bölgedeki O₂ nin hacimsel yüzdesi, $T_o = 298^\circ\text{K}$, $p = 1,033$ bar konularak her bir λ için bulunmuştur.

Bu hesaplar sonucu bulunan (%98,5 C₂H₂ + %0,75 CO₂ + %0,75 N₂) gazının teorik yanma hızı λ üzerine çizilmiştir, bkz. Şekil: 10 daki 2-2 eğrisi.

(1) denklemine göre deneysel olarak bulunan asetilenin yanma hız-ları yine Şekil: 10 da görülmektedir (1-1 eğrisi).

Aynı şekilde bütan - propan karışımına ait yanma hızı 4-4 eğrisi ile verilmiştir.

Şekil: 10 da Smith tarafından saf asetilen (3-3 eğrisi) ve saf propan (5-5 eğrisi) ile yapılan deney sonuçları — yaklaşık bir karşılaştırma için — ayrıca verilmiştir. Saf etilen ile bu çalışmadaki asetileninin $\lambda=1$ den uzak bölgelerde ayrılma göstermesi gaz bileşimlerinin ve deney şartlarının farklı olmasından doğmaktadır. Saf propan ile propan - bütan karışımındaki fark daha ziyade yakıt cinsinin farklı olmasındadır.



Şekil 10: L.P.G. - Asetilen Yanma Hızı = $f(\lambda)$ Eğrileri

Bu hesaplarda Semenov denklemi esas alınmış idi. Manson'un denkleminde hidrojen atomuna ihtiyaç olduğundan hesapların tam bir dissosyasyon için tekrarlanması gerekir. $\lambda=1$ noktası için 2500°K de ele alınan asetilen gazı için dissosyasyon hesabı yapılmış oniki denklemden oniki adet gazın kısmi basınçları hesaplanmıştır (atmosfer cinsinden)

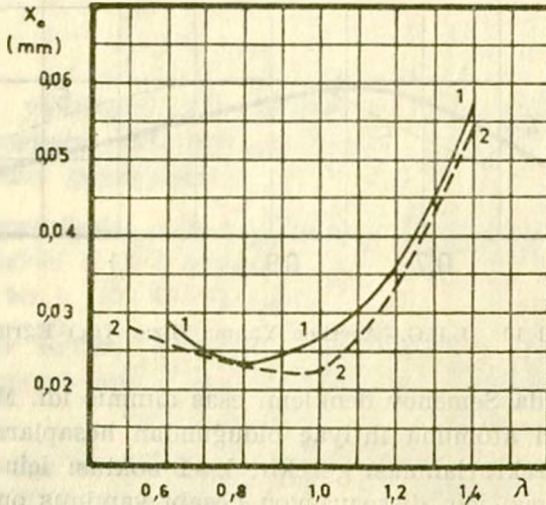
$$S_u = \sqrt{\frac{\rho_a}{\rho_0} \cdot \frac{p_H \cdot T_0}{2 \cdot T_a \cdot (\rho_0 - \rho_a)}} \quad (7)$$

şeklindeki Manson denklemine yine bu duruma ait hesaplanan $M=28,629$ kg; $\rho_0=1,1/9,81$; $\rho_a=0,1396/9,81$ (kg san²/m¹) değerleri konulursa asetilen yanma hızı 143,8 (cm/sn) bulunur. Semenov metoduna göre türetilen denklemden bulunan yanma hızı da 146 (cm/san) dir. Ancak Manson denklemindeki p_H değerinin tayini çok hesaplar gerektiğinden ve $\lambda=1$ den uzak bölgelerde Semenov denklemi ile bulunan değerlere çok yakın olduğundan tercih olunmamıştır.

Alev cephesi kalınlığı : Alev cephesindeki zincir dallanmasını meydana getiren ürünlerin difüzyonunu esas alarak zincir reaksiyonu teorisine göre Tiggelen ve Deckers¹¹ tarafından verilen denklem

$$x_0 = \frac{3,9 \cdot 10^{-2} \cdot T^{1/2}}{M^{1/2} \cdot S_u} \quad (8)$$

şeklinde dir. Burada x_0 (cm): alev cephesinin kalınlığı; T (°K) = $T_0 + 0,74 \cdot (T_a - T_0)$: ortalama alev cephesi sıcaklığı; M (kg/mol): mol ağırlığı; S_u (cm/san): yanma hızıdır. Asetilen için bulunan deneysel ve teorik yanma hızı değerleri bu denkleme konulmuş ve elde olunan alev cephesi kalınlığı λ ya göre Şekil: 11 de verilmiştir. Burada (1-1) deneysel, (2-2) teorik eğrilerdir.



Şekil 11: Alev Cephesi Kalınlığı = $f(\lambda)$ Eğrileri

5 — SONUÇLAR

Yakıtlardaki kimyasal enerjinin faydalı ısı ve kuvvete dönüşümü esnasında yanma hızına etkiyen işletme faktörleri büyük bir önem taşımaktadır. Bunlar yakıtın bileşimi, yakıt - oksijen oranı, karışım sıcaklığı, karışım basıncı, additif ve inert gazların etkisi şeklinde sınıflandırılabilir.

Bu çalışmada yakıt - hava oranı, yakıtın bileşimi işletme faktörü olarak seçilmiştir.

Şekil: 10 da asetilenin deneysel olarak bulunan maksimum yanma hızı $\lambda=0,8$ civarında olup 142 cm/san dir. Bu nokta için hesaplanan teorik yanma hızı ise 147 cm/san dir. Teori ile deney arasındaki en büyük ayrılık $\lambda=1$ de görülmektedir ve teorik sonuç deneye göre % 67 farklıdır. Bu fark, $\lambda=1$ den uzaklaştıkça küçülmekte % 3.5 a düşmektedir.

Bütan - propan karışımının maksimum yanma hızı $\lambda=0,8$ de 38 cm/san olmaktadır. Görülüyorki, asetilenin yanma hızı bütan - propan karışımının 3,5; 4 katıdır.

Alev cephesi kalınlığının C_2H_2 için $\lambda=0,8$ de minimum olduğu ($x_0=23,74 \cdot 10^{-2}$ cm) ve bu noktadan fakir bölgeye geçtikçe alev cephesinin kalınlığının hızlı bir artış gösterdiği, halbuki zengin karışım bölgesine doğru bu artışın çok az olduğu görülmüştür. Teorik ve deneysel olarak bulunan alev cephesi kalınlıkları arasındaki ayrılık $\lambda=1$ de maksimum olmakta ve bu % 14,5 bir fark doğurmaktadır. $\lambda > 1$ bölgesinde bu fark % 8 e düşmektedir. Ancak gerek yanma hızlarının, gerekse alev cephesinin kalınlıklarının teorik değerlerindeki hatalar, yanma odası veya diğer yanma sistemlerinin hesaplarında ihmal edilebilecek mertebelindedir.

REFERANSLAR

- 1) Borat Oğuz: Alev ve yanma notları, 1971.
- 2) Gouy.: Ann. Chim. phys., 18, 27, 1879
- 3) Coward, H.F.: J. Chem. Soc., p 1996, 2676, 1932.
- 4) Jost, W.: Explosion and combustion Processes in gases, McGraw - Hill Book Comp.. Inc., N.Y., 1946.
- 5) Hall, G.A.: A Study of a two - dimensional flame, combustion Project Report, Harvard University, July, 1951.

- 6) Kaskan, W. E., n Investigation of vibrating flames, 4th symposium (International) on combustion, p 575, The Williams and Wilkins com., 1953.
- 7) Semenov, N.N.: Progress of phys. Sci. (U.S.S.R) 24, No. 4; ing çeviri NACA tm. No. 1026, 1940, 1942.
Tanford, C ve Pease, R.N.: J. chem Phys. 15, 433, 1947.
- 8) Manson, N.: Sevue du L'Institut Français du petrole et Annales des Combustible Liqudies 4, 338, 1949.
- 9) Dugger, G.L. ve Dorothy M.S.O.: Prediction of flames velocities of Hydrokarbon Flames, Fourth symposium (International) on combustion p. 336 Baltimore, The Williams and Wilkins Co. 1953.
- 10) Van Tiggelen, A. ve Deckers, J.: Chain Branching and Flame Propagation Sixth Symposium (International) on Combustion.

