

BUJİ İLE ATEŞLEMELİ MOTORLARDA TEK NOKTA YAKIT ENJEKSİYON VE KARBÜRATÖR SİSTEMLERİNİN PERFORMANSA ETKİLERİ ÜZERİNE DENEYSSEL BİR ARAŞTIRMA

Sahir SALMAN, Can ÇINAR, Yakup SEKMEN
Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Makine Eğitimi Bölümü
06500 Teknikokullar, ANKARA

ÖZET

Buji ile ateşlemeli motorlarda hava-yakıt oranını optimize etmek ve yanmayı iyileştirmek için yapılan çalışmaların başında yakıt enjeksiyon sistemleri gelmektedir. Bu çalışmada, tek noktadan enjeksiyonlu bir motor, emme manifoldu değiştirilerek karbüratörlü hale getirilmiştir. Yakıt enjeksiyon sistemi ve karbüratörlü sistemin egzoz emisyonları, özgül yakıt tüketimi ve volumetrik verim gibi performans değerleri incelenmiş ve mukayese edilmiştir. Tek nokta yakıt enjeksiyon sisteminin avantajları ortaya konulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Yakıt enjeksiyon sistemi, egzoz emisyonları, yakıt ekonomisi

AN EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF THE EFFECTS OF SINGLE POINT INJECTION AND CARBURETTOR SYSTEMS ON ENGINE PERFORMANCE IN SPARK IGNITION ENGINES

ABSTRACT

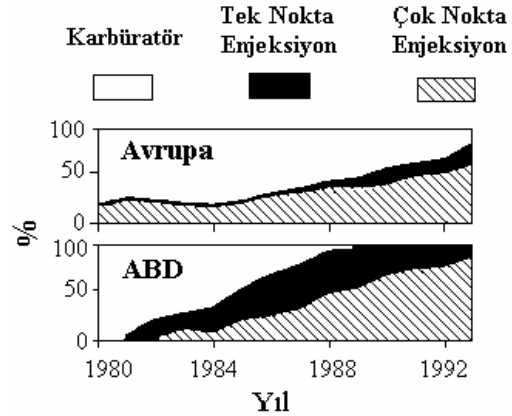
Among the studies in order to optimise the air-fuel ratio and combustion in the spark ignition engines, fuel injection systems come first. In this study, an engine equipped with single point injection was modified to engine equipped with carburettor by changing the intake manifold. The effects of fuel injection and carburettor systems on exhaust emissions, specific fuel consumption and volumetric efficiency were investigated and compared experimentally. The advantages of the single point fuel injection system were put forward.

Key Words: Fuel injection system, exhaust emissions, fuel economy

1. GİRİŞ

Günümüzde ciddi boyutlara ulaşan hava kirliliği ve dünya üzerindeki petrol rezervlerinin azalması nedeniyle içten yanmalı motorlarda egzoz emisyonlarının azaltılması ve yakıt ekonomisi çalışmalarının ana hedefini oluşturmaktadır. Bu çalışmaların en önemlilerinden birisi de silindirlere alınan hava/yakıt karışım oranının optimize edilmesi ve bütün devir aralıklarında ideal yanmayı gerçekleştirecek dolgu miktarının sağlanmasıdır. Bu amaçla içten yanmalı buji ile ateşlemeli motorlarda karışım teşkilinde kullanılan karbüratörler yerini günümüzde yakıt enjeksiyon sistemlerine bırakmıştır. Şekil 1'de Avrupa ve Amerika Birleşik Devletlerinde yakıt sistemlerinin yıllara bağlı olarak kullanımı görülmektedir (1-5).

Buji ile ateşlemeli motorlarda en yüksek gücü veren ve en ekonomik çalışmayı sağlayan karışım oranları birbirinden farklıdır. Motor gücü, zengin karışıma doğru gidildikçe artmakta, hava/yakıt oranının yaklaşık 12,5/1 olduğu değer maksimum olmaktadır. Özgül yakıt sarfiyatı da karışım fakirleştikçe azalmakta ve hava/yakıt oranının yaklaşık 16/1 olduğu değer minimum olmaktadır. (2,6).



Şekil 1. Karbüratör ve enjeksiyon sistemlerinin yıllara bağlı olarak değişimi

Karışım fakirleştikçe içindeki yakıt miktarı havaya göre azaldığından, yanma sonu sıcaklığı da azalacak ve egzoz gazlarının beraberinde götürdüğü ısı da azalacağından termik verim artacaktır. Karışım oranı 16,5/1'den daha fazla olduğunda yakıt molekülleri arasındaki mesafenin artması nedeniyle yanma hızı azaldığından yanma süresi uzar ve açığa çıkan enerji çevrime uygun zamanda verilemediğinden termik verim yeniden azalmaya başlar. Karışım oranı 12/1-13/1 oranına doğru

yaklaştıkça yanma hızı artacağından enerji üst ölü nokta (ÜÖN) civarında çevrime verilebilir. Bu da ortalama efektif basıncın ve dolayısıyla motor gücünün artmasını sağlayabilir (2,6-8).

Karbüratörler, yakıt enjeksiyon sistemlerinin son 10-15 yıldaki hızlı artışına rağmen günümüzde hala kullanılan yakıt karışım sistemleridir. Karbüratörlü sistemler belirli bir motor devri ve yükü için ideal çalışma sağlayacak şekilde tasarlanmıştır. Devir ve yükteki değişimler karşısında karbüratörler, motorun çalışmasını tekleme yapmadan devam ettirecek şekilde ayarlanmaktadır. Geçiş şartlarında silindir içerisine gereğinden daha zengin karışım girmekte ve buna paralel olarak içeri giren yakıttan ideal şekilde istifade edilemediği için yakıt sarfiyatında ve egzoz emisyon değerlerinde artma görülmektedir (6,8-10).

Karışım teşkili için karbüratör yerine enjeksiyon sistemine geçiş ile birlikte hava/yakıt karışımı hemen hemen her çalışma koşulunda stokiyometrik oran civarında tutulabilmekte ve daha iyi bir yanma meydana gelmektedir. Böylece aynı özelliklere sahip karbüratörlü motora göre enjeksiyonlu motordan daha yüksek güç, daha yüksek moment ve daha düşük egzoz emisyon değerleri elde edilebilmektedir (2,11).

Bu çalışmada, dört zamanlı ve dört silindirli buji ile ateşlemeli bir motorda tek nokta yakıt enjeksiyon sistemi ve karbüratörlü sistemin egzoz emisyonları, özgül yakıt tüketimi ve volumetrik verim gibi performans değerleri deneysel olarak incelenmiş ve mukayese edilmiştir.

2. MATERYAL VE METOT

Bu çalışmada, dört silindirli, Ford marka, tek noktadan enjeksiyonlu bir motor kullanılmıştır. Motorun teknik özellikleri Çizelge 1’de verilmiştir.

Çizelge 1. Deney motorunun teknik özellikleri

Markası	Ford
Sıkıştırma Oranı	8,8/1
Maksimum Motor Gücü	43 kW (5000 d/d’de)
Maksimum Motor Momenti	98 Nm (2500 d/d’de)
Silindir Çapı x Kurs Boyu	73,96 x 75,48 mm
Silindir Hacmi	1297 cm ³

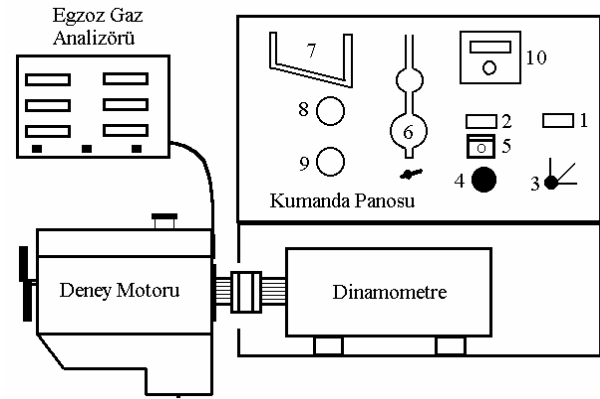
Deneyler tam gaz kelebek açıklığında 1500 d/d’dan 5000 d/d’ya kadar 500 d/d aralıklarla 8 farklı motor devrinde yapılmıştır. Deney motorunun tek nokta enjeksiyon ünitesi ve emme manifoldu sökülerek yerine Ford 1,3 L motora ait karbüratör ve emme manifoldu montajı yapılmıştır.

Enjeksiyon sisteminde kullanılan yakıt pompası devre dışı bırakılmış ve yakıtın seviye farkından kaynaklanan basınç etkisi ile karbüratöre akışı sağlanmıştır.

Deneylerde Cussons marka fuko akımlı elektrikli bir dinamometre kullanılmıştır. Volumetrik verim (η_v), motorun her devir için gerçek hava tüketiminin ($Q_{gerçek}$) teorik olarak o devirde tüketilmesi gereken hava miktarına (Q_{teorik}) bölümü ile yüzde olarak hesaplanmıştır $\left(\eta_v = \frac{Q_{gerçek}}{Q_{teorik}} \right)$.

Gerçek hava tüketimi dinamometre göstergesindeki manometreden mm-su sütunu olarak alınmıştır.

Egzoz gazlarının analizinde Sun MGA-1200 marka egzoz gaz analizörü kullanılmıştır. Deney tesisatının genel görünümü Şekil 1’de verilmiştir.



1. Kuvvet göstergesi
2. Devir göstergesi
3. Kontak anahtarı
4. Acil stop şalteri
5. Yük ayar düğmesi
6. Yakıt ölçme borusu
7. Hava akış manometresi
8. Yağ basınç göstergesi
9. Manifold vakum gösteri
10. Sıcaklık göstergesi

Şekil 1. Deney tesisatının genel görünümü

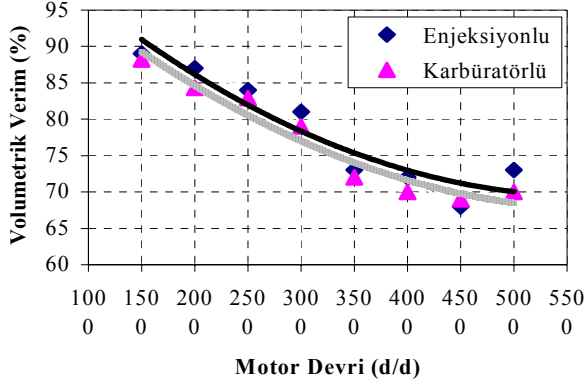
3. DENEY SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Deneyler tam gaz kelebek açıklığında 1500 d/d’dan 5000 d/d’ya kadar 500 d/d aralıklarla sekiz farklı motor devrinde yapılmıştır. Deneylerde motor devrine bağlı olarak, volumetrik verim, motor gücü, özgül yakıt tüketimi, hidrokarbon ve

karbon monoksit emisyonları ile hava/yakıt oranı değişimi incelenmiştir.

3.1. Volumetrik Verim

Şekil 2’de karbüratörlü ve enjeksiyonlu sistemin volumetrik verim değişimi motor devrine bağlı olarak verilmiştir.



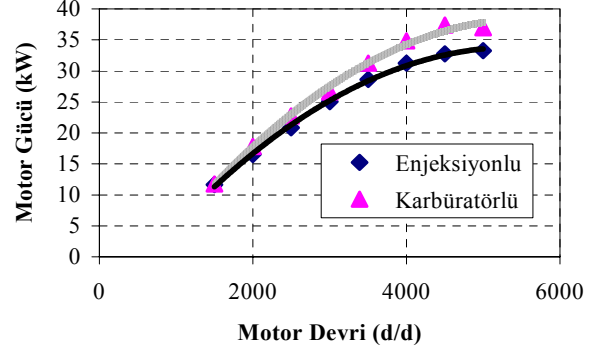
Şekil 2. Karbüratörlü ve enjeksiyonlu sistemde motor devrine bağlı olarak volumetrik verim değişimi

Karbüratörde yakıtın hava ile karıştırılması ve silindir içine alınması venturi boğazında gerçekleşir. Bu bölgede uygun karışım oluşturmak için venturi ve emme manifoldu çapının belirli bir değerinde olması gerekmektedir. Enjeksiyonlu sistemde ise yakıt, emme supabının hemen gerisine ve yüksek basınçla en uygun zamanda püskürtülmektedir. Sistemde kesit daralması söz konusu değildir. Manifold çapı daha büyük tutulabilir. Bu sebeple kayıplar daha az olduğundan volumetrik verim enjeksiyon sisteminde daha yüksektir. Şekil 2’de görüldüğü gibi bütün motor devrilerinde enjeksiyonlu sistem volumetrik verim açısından karbüratörlü sistemden daha üstündür. Karbüratörlü sistemde 2500 d/d’de volumetrik verim % 82,9 iken, enjeksiyonlu sistemde % 84 olmaktadır. 5000 d/d’de ise karbüratörlü sistemde volumetrik verim % 70 iken, enjeksiyonlu sistemde % 73 olmaktadır.

3.2. Motor Gücü

Şekil 3’de karbüratörlü ve enjeksiyonlu sistemde motor gücü değişimi motor devrine bağlı olarak verilmiştir. Motor gücü her iki sistemde de devre bağlı olarak artış göstermektedir. Karbüratörlü sistemde motor gücü, tek nokta yakıt enjeksiyon sisteminden daha yüksektir. Enjeksiyonlu sistemde motor gücü 5000 d/d’de 33,25 kW iken, karbüratörlü sistemde 37 kW’a yükselmekte-

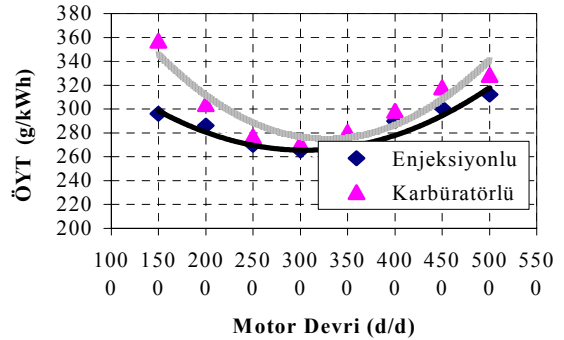
dir. Motor gücündeki bu artış hava/yakıt oranı ile alakalıdır. Karbüratörlü sistemde motor gücünün yüksek olmasının sebebi karışımın daha zengin olmasından kaynaklanmaktadır.



Şekil 3. Karbüratörlü ve enjeksiyonlu sistemde devre bağlı olarak motor gücü değişimi

3.3. Özgül Yakıt Tüketimi

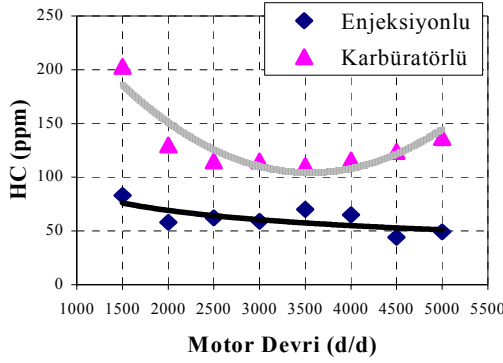
Şekil 4’de enjeksiyonlu ve karbüratörlü sistemin özgül yakıt tüketimi (ÖYT) motor devrine bağlı olarak verilmiştir. Özgül yakıt tüketimi, yakıt tüketimi motor gücüne oranlanılarak bulunmaktadır ve enjeksiyonlu sistemde daha düşük çıkmaktadır. Şekilde görüldüğü gibi, yakıt enjeksiyon sistemi ile özgül yakıt tüketiminde 1500 d/d’de % 20 ve 5000 d/d’de % 5 lik bir kazanç sağlanmıştır. Minimum özgül yakıt tüketimi, enjeksiyonlu sistemde 3500 d/d’de 252,3 gr/kWh iken, karbüratörlü sistemde 3000 d/d’de 271,8 gr/kWh olmuştur.



Şekil 4. Karbüratörlü ve enjeksiyonlu sistemde motor devrine bağlı olarak özgül yakıt tüketimi değişimi

3.4. Hidrokarbon (HC) Emisyonları

Şekil 5’de karbüratörlü ve enjeksiyonlu sistemde, motor devrine bağlı olarak HC emisyonları değişimi görülmektedir.



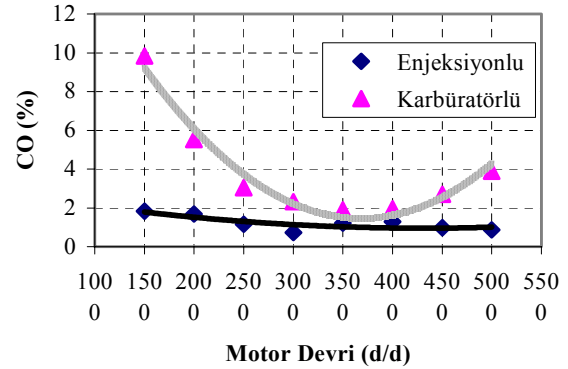
Şekil 5. Karbüratörlü ve enjeksiyonlu sistemde motor devrine bağlı olarak HC emisyonları değişimi

Şekilde görüldüğü gibi HC oranı karbüratörlü sistemde daha yüksektir. Özellikle relanti ve düşük devirlerde HC oranı çok yükselmektedir. Çünkü bu bölgede karbüratör, motorun ilk çalışma ve düşük devirlerde teklemesini engellemek için hava-yakıt oranını zengin bölgede tutmaktadır. Şekilde görüldüğü gibi 1500 d/d'de enjeksiyonlu sistemde HC seviyesi 83 ppm iken, karbüratörlü sistemde aynı devirde 203 ppm'e çıkmıştır. Orta ve yüksek devirlerde ise hava/yakıt oranının stokiyometrik orana yaklaşması ve yanmanın iyileşmesi neticesinde HC emisyonu düşmektedir. Enjeksiyonlu sistemde ise hava/yakıt oranı motorun bütün çalışma koşullarında stokiyometrik orana çok yakındır. Bu sebeple yanma daha iyi ve yanma sonrası kirletici emisyonlar da daha azdır. HC seviyesi 2500 d/d'de enjeksiyonlu sistemde 62 ppm, karbüratörlü sistemde 115 ppm olarak ölçülmüştür. 4500 d/d'de enjeksiyonlu sistemde HC seviyesi 44 ppm ile en düşük seviyeye düşmüştür. Karbüratörlü sistemde de 3500 d/d'de 111 ppm olarak en düşük seviyeye inmiştir.

3.5. Karbon monoksit (CO) Emisyonları

Şekil 6'da karbüratörlü ve enjeksiyonlu sistemde motor devrine bağlı olarak CO değişimi görülmektedir. Şekilde görüldüğü gibi CO oranı karbüratörlü motorda enjeksiyonluya göre daha yüksek çıkmaktadır. Özellikle relanti ve düşük devirlerde zengin çalışmadan dolayı CO oranı çok yükselmektedir. Enjeksiyonlu sistemde yanma daha iyi ve yanma sonrası atıklar azdır. CO oranı 1500 d/d'de karbüratörlü sistemde % 9,8 ile en yüksek seviyeye ulaşmıştır. Motor devrindeki artış ile CO oranı azalmış ve 3500 d/d'de % 1,9'a kadar düşmüştür. Enjeksiyonlu sistemde ise CO oranı devre bağlı olarak çok az bir değişim göstermekte,

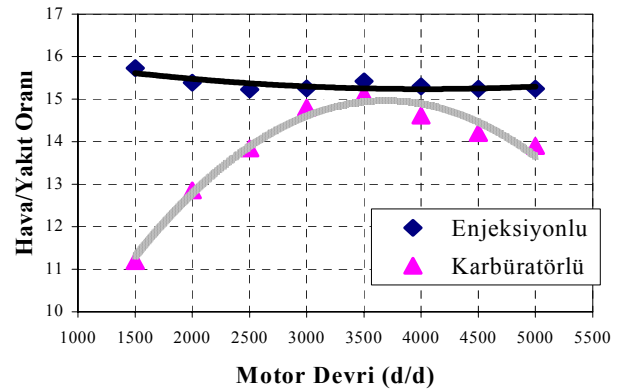
1500 d/d'de maksimum %1,8 ve 3000 d/d'de minimum % 0,8 arasında değişmektedir.



Şekil 6. Karbüratörlü ve enjeksiyonlu sistemde motor devrine bağlı olarak CO emisyonları değişimi

3.6. Hava-Yakıt Oranı

Şekil 7'de motor devrine bağlı olarak hava-yakıt oranı değişimi, karbüratörlü ve enjeksiyonlu sistemler için verilmiştir. Karbüratörlü sistemde hava-yakıt oranı düşük devirlerde zengin karışım oluşturacak şekildedir. Artan motor devrine bağlı olarak hava-yakıt oranı da artmaktadır. 3500 d/d motor devri civarında hava/yakıt oranı 15,1/1 değerine kadar yükselmektedir. Enjeksiyonlu sistemde ise motorun hava/yakıt oranı hemen hemen sabit kalmaktadır. Hava/yakıt oranının bu şekilde stokiyometrik oranda tutulması elektronik kontrol ünitesi tarafından gerçekleştirilmektedir. Bu, sistemin en önemli üstünlüklerinden birisidir. Stokiyometrik oranda en mükemmel yanma meydana gelmektedir. Bu sebeple en temiz egzoz emisyonları da bu oranda gerçekleşmektedir.



Şekil 7. Karbüratörlü ve enjeksiyonlu sistemde motor devrine bağlı olarak hava-yakıt oranı değişimi

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada tek noktadan enjeksiyonlu sistem ile karbüratörlü sistemin volumetrik verim, motor gücü, özgül yakıt tüketimi ve egzoz emisyonları deneysel olarak incelenmiştir. Yapılan deneylerde karbüratörlü sistemde manifold genişliğinin belli bir değerin üzerine çıkarılamaması, venturinin belli bir çapta olması yüzünden volumetrik verim, enjeksiyonlu sisteme göre daha düşüktür. Egzoz emisyonları karbüratörlü sistemde enjeksiyonlu sisteme göre daha yüksektir. Çünkü enjeksiyonlu sistemde hava/yakıt oranı elektronik kontrol ünitesi tarafından motorun bütün çalışma şartlarında en iyi yanmanın gerçekleştiği stokiyo-metrik oranda tutulabilmektedir. Bundan dolayı yanma çok daha iyi ve yanma sonu atıkları da daha temizdir.

Sonuç olarak, buji ile ateşlemeli motorlarda tek nokta yakıt enjeksiyon sisteminin kullanılması egzoz emisyonlarını ve özgül yakıt tüketimini iyileştirmesine rağmen, motor gücünü azaltmaktadır. Bu nedenle, daha büyük volumetrik verim sağlayan, motor momentini dolayısıyla motor gücünü artıran çok noktadan enjeksiyon sistemlerinin tercih edilmesi gerekmektedir.

KAYNAKLAR

1. Omary, N. J., Bhatti, T. S., Subrahmanyam, J. P. and Babu, M. K., Comparative Assessment of the Performance and Emission Characteristics of Port and Manifold Gasoline Fuel Injection Systems of a Single Cylinder Four Stroke Spark Ignition Engine, SAE Paper, No: 981460, 1998.
2. Okatan, K., Buji İle Ateşlemeli Motorlarda Enjeksiyon Sisteminin Motor Performansına Etkileri, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Eğitimi Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Ağustos 1998, Ankara.
3. Neuber, H. J., Endres, H. and Breuer, M., New Variable Intake and Mixture Formation System for Multi-Valve SI Engine, SAE Paper, No: 940449, 1994.
4. Zahao, F.Q., Lai, M.C. and Harrington, D.L., The Spray Characteristics of Automotive Port Fuel Injection—A Critical Review, SAE Paper, No: 950506, 1995
5. Toyoda, T., Inoue, T. and Aoki, K., Single Point Electronic Injection System, SAE Paper, No: 820902, 1982.
6. Yolaçan, F., Otomobil Motorlarında Yakıt Sistemleri, Teknik Eğitim Vakfı Yayınları, Ankara, 1991.
7. Judge, A., Carburetors and Fuel Injection Systems, Robert Bentley, 1960.
8. Borat, O., Balcı, M. ve Sürmen, A., İçten Yanmalı Motorlar, Teknik Eğitim Vakfı Yayınları, Ankara, 1992.
9. Taylor, C. and Taylor, E. S., The Internal Combustion Engine, Third Edition, International Textbook Company, Serenton, Pennsylvania, 1986.
10. Staudt, W., Motorlu Taşıt Tekniği, Ajans-Türk Matbaacılık A.Ş., Ankara, 1995. Heywood, J. B., Internal Combustion Engine Fundamentals, Mc Graw-Hill Book Company, Newyork, 1998.