

Bazı Yağlayıcıların Viskozitelerinin Saybolt Viskozimetresi ile Ölçümü ve İndekslerinin İncelenmesi

Çisil TİMURALP ve İrfan ÜREYEN

ESOGÜ, Müh-Mim. Fak., Makine Mühendisliği Bölümü, Eskişehir
e-posta: cisil@ogu.edu.tr, iureyen@ogu.edu.tr

Geliş Tarihi: 28 Kasım 2011; Kabul Tarihi: 15 Ocak 2012

Özet

Sıvı yağlayıcılar, endüstrinin birçok alanında yük altında çalışan iki yüzey arasında bir film tabakası oluşturarak sürtünme ve aşınmayı azaltma amaçlı kullanılmaktadır. Bu nedenle kullanılan sisteme uygun yağlayıcıların seçilebilmesi için; viskozite, katılaşma noktası, ısı özellikler, alevlenme noktası gibi özelliklerin bilinmesi gereklidir. Bu özelliklerin içinde en önemlisi yağlayıcıların viskozite değeridir. Ancak sıvı yağlayıcıların viskozite değerleri sıcaklığın artması ile azalır, sıcaklığın azalması ile de artar. Bu nedenle viskozitenin sıcaklıkla değişimini göreceli olarak belirtmek için viskozite indeksinden yararlanılmaktadır.

Bu çalışmada; 3 farklı ticari markanın madeni yağlayıcılarından örnekler alınmıştır. Orifis viskozimetrelerinden Saybolt viskozimetresi ile akış süreleri ölçülmüştür. Deney boyunca tüm yağlayıcılar 40°C sıcaklıkta sabit tutulmuştur. Elde edilen akış süreleri kullanılarak yağlayıcıların kinematik viskozite değerleri, viskozite indeksleri hesaplanmış ve ticari firmaların verilen değerleri ile karşılaştırılarak sapma değerleri incelenmiştir.

Anahtar kelimeler

Viskozite, Viskozite indeksi, Saybolt viskozimetresi

Measurement of Specific Lubricants by Saybolt Viscometer and Investigating of Viscosity Indexes

Abstract

Liquid lubricants are used in the industry at many areas for generating a thin layer in order to reduce the wear and friction of the two surface working under specific force. Therefore, to be able to choose proper lubricant for the used system, viscosity, thermal properties, solidification point, flashing point, and similar features should be known. Viscosity value is the most important feature among these. However, the viscosity value of the liquid lubricant decreases when the temperature rises, and increases when temperature falls. Therefore, viscosity index is used to relatively identify the viscosity variation via temperature.

In this study, samples are taken from 3 different brands of manufacturers mineral lubricant. Flow time is measured by Saybolt viscometer, a type of orifice viscometer. All lubricants are held at 40°C constant temperature. Viscosity values, indexes of the lubricants are calculated by using obtained flow periods and deviation values are investigated by comparing with values given by the companies which own the brands.

Key words

Viscosity, Viscosity index, Saybolt viscometer

© Afyon Kocatepe Üniversitesi

1. Giriş

Çalışma sıcaklığında viskozite ne çok yüksek ne de çok düşük olmalıdır. Yani viskozitenin sıcaklıkla değişimi istenmeyen bir özelliktir. Viskozitenin yüksek değerlerde olması çalışma bölgesinde özellikle sürtünme oranını arttıracığından güç kaybı oluşacak ve buna bağlı olarak da yüzey sıcaklığı artacaktır. Viskozitenin düşük değerlerde

olması, çalışma bölgesinde yeterli oranda yağlayıcı tabakası oluşturamayacağından yağlayıcıdan beklenen işlevler yetersiz kalacaktır. Bu nedenle yağlayıcı seçiminde viskozite esas alındığında, sisteme en uygun viskozite değerine sahip yağlayıcının belirlenmesi önem taşır.

Viskozite; Y.A. Çengel ve J.M. Cimbala tarafından, bir akışkanın akmaya karşı iç direnci veya akışkanlığını temsil eden bir özellik olarak

tanımlanırken (Çengel vd., 2008);F.M. White tarafından, hareket halindeki akışkanda mevcut olan yersel gerilmelerle, akışkan elemanının şekil değiştirme hızı arasındaki ilişki olarak (White, 2006); R.V. Giles ve J.B. Evett ise, bir kayma kuvvetine karşı onun gösterdiği direncin büyüklüğünü gösteren bir özellik (Giles vd., 2001) olarak tanımlamışlardır.

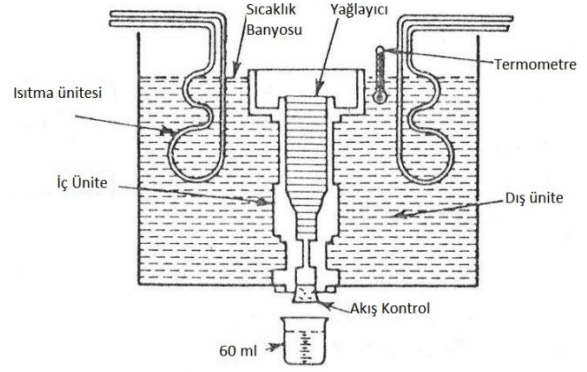
Viskozite indeksi ise yağlayıcıdaki viskozite değişiminin ne ölçüde büyük olduğunun bir göstergesidir. Yani viskozitesi sıcaklığa bağlı olarak az değişim gösteren bir yağlayıcının viskozite indeksi yüksektir (Pinches vd., 1994). Ham petrolden elde edilen ve sıcaklık değişimiyle viskozitesi az değişen parafinik yağların viskozite indeksi 100, sıcaklık değişimiyle viskozitesi çok değişen naftanik yağların viskozite indeksi 0 olarak tanımlanmaktadır. Diğer yağlayıcıların viskozitelerinin sıcaklıkla değişimi bu referanslara göre belirlenir (Cerit, 1994).

Yağlayıcıların viskozite indekslerinin hesaplanabilmesi için öncelikle viskozite değerlerinin bilinmesi gerekir. Bu değerlerin ölçülebilmesi için geliştirilen viskozimetreler 7 kategoride sınıflandırılabilir. Bunlar kapiler, orifis, yüksek sıcaklık, rotasyonel, düşen bilyalı, vibrasyonlu ve ultrasonik viskozimetrelerdir (Viswanath vd., 2007).

Yapılan çalışmada; orifis viskozimetreleri kategorisinde bulunan Saybolt viskozimetresi kullanılmıştır (Şekil 1). Genel olarak çoğu orifis viskozimetrelerinin çalışma prensibi aynıdır (Tate vd., 2006). Deneylerde Saybolt viskozimetresinin kullanılmasının nedeni diğer viskozimetre çeşitlerine göre kolay işlem yapılması ve sadeliğinden dolayı deneysel hataların yapılma riskinin az olmasıdır.

Bir çok kuruluş tarafından yağların kinematik viskozite değerleri temel alınarak sınıflandırma yapılmaktadır. Bu sınıflandırmaların en yaygın olanları dört sistemde toplanmaktadır.

- ISO (International Standarts Organization) Sistemi: Yağların 40 °C deki cSt (mm²/s) cinsinden kinematik viskozite değerleri temel alınmıştır.



Şekil 1: Saybolt viskozimetresinin şematik görünümü

- AGMA (American Gear Manufacturers Association) Sistemi: Bu sınıflandırmada viskozite bölgeleri ISO standardı ile aynı olmakla birlikte kullanılan sınıflandırma numaraları 1 ile 9 arasındadır.
- SAE (Society of Automotive Engineers) Sistemi: Bu sistemde yağlayıcılar, karter ve transmisyon yağlayıcıları olarak kullanılan yerlere göre iki ayrı grupta sınıflandırılmıştır. Sınıflandırma 99 °C deki, W (Winter) harfi olanlar içinse -18 °C deki viskozite değeri temel alınır.
- SUS Sistemi: Bu yağlayıcı sınıflandırma sisteminde, Saybolt saniyesi cinsinden viskozite değerleri temel alınmıştır (Cerit, 1994).

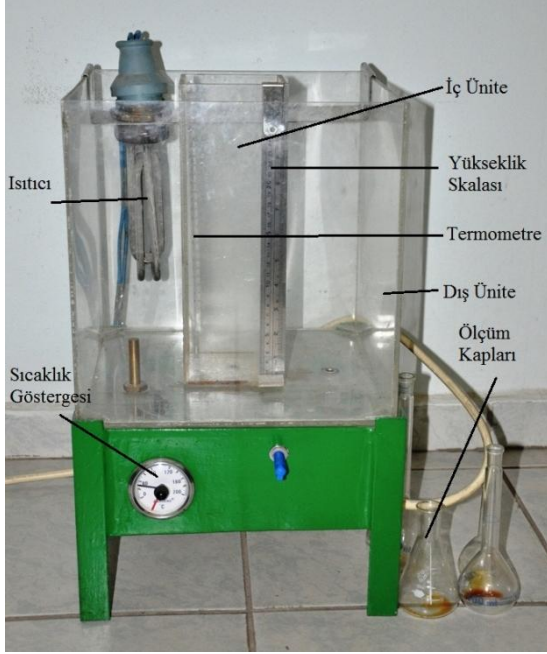
Bu çalışmada; kinematik viskozite değerlerinin tespiti için SUS sistemi kullanılmıştır.

2. Materyal ve Metot

Bu çalışmada; aynı merkezli iç içe geçmiş iki kare profilden oluşan prototip Saybolt viskozimetresi tasarımı ve imali yapılmıştır. Dış kısımda bulunan profilin boyutları 300x300x300 mm, iç kısımda bulunan profilin boyutları ise 100x100x300 mm'dir (Şekil 2). Ölçümü yapılmak istenen yağın akmasını sağlayan orifis iç kısımda bulunan profilin merkezindedir. 4.5 mm çapındaki orifisten akış, diğer tarafında bulunan valf ile kontrol edilmektedir. Cihazın dış tarafında bulunan büyük profil sıcaklık banyosu olarak kullanılmaktadır.

Deneyde; sıcaklık banyosunun içine koyulan ısıtma sıvısı sudur. Deney sırasında suyun tercih edilmesinin nedeni kolay temin edilebilmesi ve

ekonomik yönden uygunluğudur. Su 0°C ile 99°C sıcaklık aralığı için uygundur. Daha yüksek sıcaklıklarda mineral yağlar, -54°C'ye kadar olan daha düşük sıcaklıklarda ise etil alkol veya aseton kullanılır (Stachowiak vd., 2000).



Şekil 2: Deney cihazı

ISO(International Standarts Organization) yağ sınıflandırma sisteminde, yağların 40°C'deki cSt (mm²/s) cinsinden kinematik viskozite değerleri temel alınmıştır. Bu sınıflandırma sistemi ASTM(American Society for Testing and Materials) ve ASLE(American Society of Lubrication Engineers) tarafından da standart ölçüm sıcaklığı olarak kabul edilmiştir (Pinches vd., 1994).

Şekil 2'de belirtilen iç üniteye viskozitesi ölçülmek istenen yağlayıcı konulur. Dış üniteye bulunan su ısıtıcı yardımıyla ısıtılır. Termostat yardımıyla dış kısımdaki ısıtma sıvısı sabit bir sıcaklıkta tutularak iç kısımda bulunan ve ölçümü yapılmak istenen yağın da ısıl dengeye gelmesi sağlanır. Yapılan deneylerde viskozite değeri ölçülmek istenen yağlayıcının sıcaklığı 40°C'de sabit tutulmuştur. Sıcaklık banyosu istenen sıcaklığa ulaştığında, yağlayıcının orifisten akmasına izin verilir. Yağlayıcının akmaya başlamasıyla süre ölçümüne başlanır. Orifisten akan yağlayıcı miktarı ölçüm kaplarında 60 ml' ye ulaştığında süre durdurulur. Bu zaman aralığı Saybolt Universal Seconds (SUS)

olarak isimlendirilir. Yağlayıcının akış süresi 32 saniyenin altında veya 1000 saniyenin üzerinde ölçülmüş ise Saybolt viskozimetresi kullanılamaz (ASTM D88-07).

Elde edilen bu süreyi kinematik viskozite değeri olarak ifade edebilmek için denklem1 ve 2'de belirtilen ampirik dönüşüm ifadeleri kullanılır (Ernst 1949, Miller 1983). Bu ifadelerde yağlayıcının SUS değeri 100s altında ise Denklem 1, üstünde ise Denklem 2 kullanılır.

$$v = 0.226t - \frac{195}{t} \quad (1)$$

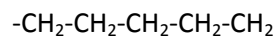
$$v = 0.220t - \frac{135}{t} \quad (2)$$

Burada; t:saniye cinsinden SUS değerini, u:centistoke (cSt) cinsinden kinematik viskoziteyi belirtmektedir. Yağlayıcıların viskozite indekslerini hesaplayabilmek için Denklem 1 ve 2'deki kinematik viskozite değerlerinden yararlanılmıştır. Çalışmada viskozite indeksini hesaplayabilmek için Dean-Davis ifadesinden yararlanılmıştır (Denklem 3). Bu ifadenin avantajlarından bir tanesi viskozite indeksinin basit bir rakamla gösterilmesi diğeri ise yağın kimyasal yapısı hakkında bilgi vermesidir.

$$VI = \frac{(L - U)}{(L - H)} \times 100 \quad (3)$$

Burada; VI: viskozite indeksini, L: viskozite indeksi düşük olan yağlayıcının kinematik viskozitesini, U: viskozite indeksi bilinmeyen yağlayıcının kinematik viskozitesini, H ise viskozite indeksi yüksek olan yağlayıcının kinematik viskozitesini belirtmektedir (Cerit, 1994; Hamrock, 1994).

Çalışmada kullanılan yağlayıcılar ağırlıklı olarak parafinik esastır. Bu yağlayıcıların yapısı şu şekildedir:



İncelenen yağlayıcı üreticilerine ait ticari yağlayıcıların özellikleri Çizelge 1'de verilmektedir.

Çizelge 1: Yağlayıcıların özellikleri (Hani,2002; Shell; Mobil)

Yağlayıcı Üreticisi	Yağlayıcı Adı	Yoğunluk	Alevlenme Noktası	Akma Noktası
A	Motor Yağı ¹	0.89	258	-
	Hidrolik Sistem Yağı	0.898	252	-15
	Motor Yağı ²	0.888	210	-30
	Kompresör Yağı	0.800	222	-27
	Kalibratör Yağı	0.893	258	-21
B	Dişli Yağı	0.885	238	-30
	Isıl İşlem Yağı	-	198	-12
C	Havalı Alet Yağı	0.899	204	-30
	Motor Yağı (5W-40) ¹	0.840	215	-39
	Motor Yağı (5W-30) ²	0.857	192	-45
	Motor Yağı (10W) ³	0.885	219	-33
	Motor Yağı ⁴	0.880	228	-9

Çizelge 1’de yoğunluk 15⁰C’de g/ml, alevlenme ve akma noktaları ⁰C cinsindedir.

3. Sonuçlar

Saybolt viskozimetresi ile yapılan ölçümler sırasında ortam sıcaklığı ASTM standartlarına göre 20-30 ⁰C arasında olması gerektiğinden deney boyunca çevre sıcaklığı 20 ⁰C olarak kabul edilmiştir. Isıtma sıvısı olarak su kullanılmıştır. Her ölçüm sonrasında

yağlayıcının bulunduğu iç bölme temizlenmiş ve böylece deneylerin birbirinden bağımsız olması sağlanmıştır.

Ölçümü yapılan yağlayıcılar ticari markalara ait olduğundan ticari isimleri belirtilmemiştir. Bu yüzden farklı markalara sahip yağlayıcıların birbirleriyle karşılaştırma sonuçları makalede verilmemiştir.

Ölçümler sonucunda SUS değerleri 100 saniyenin üstünde çıkmıştır. Bu nedenle hesaplamalarda Denklem 2 kullanılmıştır.

Çizelge 2: Yağlayıcı Üreticisi A’nın Karşılaştırmalı Kinematik Viskozite Değerleri (Timuralp, 2003)

Yağlayıcı Cinsi	SUS	Hesaplanan (cSt) (40 ⁰ C)	Verilen (cSt) (40 ⁰ C)	Verilen (cSt) (100 ⁰ C)
Motor Yağı ¹	558.4	122.6	119	12.6
Hidrolik Sistem Yağı	822.95	153.1	150	14.8
Motor Yağı ²	470.76	103.5	105	13.7
Kompresör Yağı	165	35.5	32	6.0
Kalibratör Yağı	502.6	110.3	112	12.1
Dişli Yağı	320	69.97	68	9.0

Çizelge 2’ye bakıldığında 1 numaralı motor yağı parafinik baz yağlara özel katık ilaveleri ile iki zamanlı hava soğutmalı benzinli motorlarda kullanılmak üzere üretilen bir yağdır. Hidrolik sistem yağı; özellikle iş makinaları, presler gibi tüm endüstriyel ve hareketli hidrolik sistemler için önerilen parafinik esaslı yağdır. 2 numaralı motor yağı, otomobiller ve küçük ticari vasıtaların benzin ve dizel yakıtlı motorlarında kullanılır. Kompresör yağı; pistonlu, rotari ve turbo kompresörlerin yağlanması için kullanılan parafinik esaslı yağdır. Kalibratör yağı; benzinli ve dizel motorlarda kullanılır. Dişli yağı ise yüksek ve darbeli yüklerin bulunduğu tüm kapalı dişli kutularında kullanılır (Hani, 2002).

Burada hidrolik sistem yağının SUS değerine

bakıldığında akmaya karşı direncin (viskozite) en yüksek olduğu görülmektedir. Sıcaklık değişimlerinden en az etkilenen ise kompresör yağıdır.

Çizelge 3: Yağlayıcı Üreticisi B'nin Karşılaştırmalı Kinematik Viskozite Değerleri (Timuralp, 2003)

Yağlayıcı Cinsi	SUS	Hesaplanan n (cSt) (40°C)	Verilen (cSt) (40°C)	Verilen n (cSt) (100°C)
Isıl İşlem Yağı	105.8	22	26.6-28	4.8
Havalı Alet Yağı	428.8	94.02	90-100	

Çizelge 3'e göre 1 numaralı ısıl işlem yağı yüksek sıcaklıklarda kimyasal stabiliteye sahip parafinik mineral yağı olarak bilinir. Hızlı ısı transferi istenen uygulamalarda kullanımı uygundur. Havalı alet yağı ise açık alanlarda, madencilik işlemlerinde yüksek güçteki pnömatik matkapların yağlanmasında kullanılır.

Çizelge 4: Yağlayıcı Üreticisi C'nin Karşılaştırmalı Kinematik Viskozite Değerleri (Timuralp, 2003)

Yağlayıcı Cinsi	SUS	Hesaplanan (cSt) (40°C)	Verilen (cSt) (40°C)	Verilen (cSt) (100°C)
Motor Yağı (5W-40) ¹	352.2	77.1	74.5	13.1
Motor Yağı (5W-30) ²	286.6	62.58	57.4	9.5
Motor Yağı (10W) ³	208.1	45.13	43	7
Motor Yağı ⁴	215.7	46.8	46	6.76

Çizelge 4'e bakıldığında 1 numaralı motor yağı tam sentetik motor yağı olarak binek araçlarda kullanılmaktadır. 2 numaralı motor yağı doğal aspirasyonlu, enjeksiyonlu, turboşarjlı binek araç motorlarında kullanılır. Motor yağı 3 ise tek mevsimlik ağır hizmetteki dizel motor yağı olarak bilinmekte ve ayrıca inşaat, madencilik sektörlerindeki bazı ekipmanların hidrolik sistemlerinde ve transmasyonlarında da

kullanılabilmektedir. Motor yağı 4 ise tekstil sanayinde kullanılmak üzere geliştirilmiş oksidasyon stabilitesi ve pas önleyiciliğe sahip iğne yağıdır (Shell).

Çizelge 4'deki 1 ve 2 numaralı yağlayıcılar yapı olarak değişken ortam sıcaklıklarında kullanılabilme özelliklerine sahip olduklarından hem sıcak hem de soğuk ortamlarda kullanılabilirler. Viskozitesi düşük bir yağlayıcı soğukta akışkanlığını kaybederek görevini tam olarak yerine getiremeyecektir. Viskozitesi yüksek bir yağlayıcı ise soğukta kolay akacak, ancak yüksek sıcaklıklarda çalıştığı bölgedeki film tabakası inceleyecek, ya da kopacaktır. 5W kış değerine sahip 1 ve 2 numaralı yağlayıcılarda yaz değeri fazla olan (40) 1 numaralı yağlayıcının viskozite değeri daha yüksektir. Bu düşük sıcaklıklarda akışkanlığını koruyarak ilk çalıştırma işlemini hızlandırır ve soğuk çalıştırma sırasında aşınmayı minimum düzeyde tutar.

Çizelge 5: Yağlayıcı Üreticisi A ve C'nin Viskozite İndeksleri

Yağlayıcı	Hesaplanan VI	Verilen VI
Motor Yağı ¹	93.7	97.2
Hidrolik Sistem Yağı	95.6	97.7
Yağlayıcı Üreticisi A		
Motor Yağı ²	122.6	121.3
Kompresör Yağı	133.5	131.2
Kalibratör Yağı	99	97.2
Dişli Yağı	102.1	105.9
Yağlayıcı Üreticisi C		
Motor Yağı (5W-40) ¹	140.8	143.1
Motor Yağı (5W-30) ²	124.6	133.4
Motor Yağı(10W) ³	111.6	118.9
Motor Yağı ⁴	97.3	100.2

Çizelge 5'de yağlayıcıların deneyler sonucunda elde edilen kinematik viskoziteleri ile verilen kinematik viskozite değerleri Dean-Davis eşitliğinde kullanılarak viskozite indeksi değerleri hesaplanmıştır. Bu değer yağların sıcaklık

değişimlerine karşı viskozitelerini koruyabilme özelliklerini gösteren bir parametredir. Çizelgede verilen ve hesaplanan viskozite indeks değerlerine bakıldığında; yağlayıcı üreticisi A'ya ait değerlerdeki sapma oranı %1 ile %3.7 arasında iken yağlayıcı üreticisi B'ye ait değerlerdeki sapma oranı %1.6 ile %7 arasında değişmektedir.

Eşitlikte kullanılan H ve L değerleri ASTM D2270 standartlarına göre alınmıştır (ASTM D2270-86). Viskozite indeksi (VI) değerleri 100 sayısına yakın olan yağlayıcılar parafinik, 0 sayısına yakın olan yağlayıcılar ise naftaniktir. Hesaplamalarda kullanılan yağlayıcıların viskozite indeksi değerleri 100 sayısına yakın olduğundan bu yağlayıcıların parafinik türde oldukları sonucuna varılabilir. Bu tip yağlayıcıların sıcaklık-viskozite ilişkileri iyidir, sıcaklık değişiminden daha az etkilenirler.

Kaynaklar

- ASTM International, Standart Test Method for Saybolt Viscosity, D88-07
- ASTM International, Standart Practice for Calculating Viscosity Index From Kinematic Viscosity at 40 and 100°C, D2270-86
- Cerit, A.M.,1994, Makine Mühendisliği El Kitabı Cilt 1, TMMOB-169, Ankara, 690s
- Çengel, Y.A. ve Cimbala, J.M., 2008, Akışkanlar Mekaniği, Güven Kitabevi, İzmir, 938s
- Ernst, W.,1949, Oil Hydraulic Power and Its Industrial Applications, McGraw-Hill, New York, 366s
- Giles, R.V., Evett, J.B. ve Liu, C., 2001, Akışkanlar Mekaniği ve Hidrolik, Nobel Yayın, Ankara, 364s
- Hamrock, B.J.,1994, Fundamentals of Fluid Film Lubrication, McGraw-Hill, New York, 690s
- Hani, İ., 2002, Madeni Yağlar ve Petrol Ofisi Ürünleri, İstanbul, 226s
- Miller, R., 1983, Flow Measurement Engineering Handbook, McGraw-Hill, New York, 615s
- Pinches, M.J. ve Ashby, J.G., 1994, Güç Hidroliği, Evren Ofset, Ankara, 490s
- Stachowiak, G.W. ve Batchelor, A.W., 2000, Engineering Tribology, Elsevier, Boston, 744s
- Tate, R.E., Watts, K.C., Allen, C.A.W. ve Wilkie, K.I., 2006, The Viscosities of Three Biodiesel Fuels at Temperatures up to 300°C, Fuel, 85, 1010-1015
- Timuralp, Ç., 2003, Saybolt Viskozimetresi Dizaynı, ESOĞÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, YLS Tezi, 52s
- Viswanath, D.S., Ghosh, T.K., Prasad, D.H.L.,Dutt, N.V.K. ve Rani, K.Y., 2007, Viscosity of Liquids, Springer,

The Netherlands, 660s
White, F.M.,2006, Akışkanlar Mekaniği, Literatür Yayınları, İstanbul, 1034s
www.mobilindustrial.com
www.shell.com