بسم الله الرحمن الرحیم

احتراق

1- کلیات

- بسیاری از فرآیندهای طبیعی به صورت اکسایش کند انجام می گیرد نظیر تنفس،فعالیتهای عضلانی و ...ویژگی آن : یکنواختی دما و برقراری تعادل حرارتی .
- با افزایش سرعت اکسایش به انتشار شعله برمی خوریم به طوری که پس از حذف منبع اولیهٔ تحریک ، واکنش ادامه می یابد و بتدریج درتمام جرم مواد محترق توسعه می یابد. ویژگی آن : ناهمگنی .
- اشتعال خودبخودی: در اثر افزایش شتاب گیرندهٔ دما .
- اشتعال فرمانی: فعال کردن مواد با وسیلهٔ دیگر.
- شعلهٔ اشاعه: احتراق زنده درمنطقهٔ حد فاصل در مخلوطهای هوا+مایع .
- احتراق غیرعادی: سرعت پیشرفت ، چندهزار متربرثانیه+موج ضربه.

سوخت و هوا

ترکیب هوا

گاز↓	حجمی p.p.m.	جرم ملکولی	نسبت مولی	درصد مولی
O_2	۲۰۹۵۰۰	۳۱,۹۹۸	۱	۲۰,۹۵
N_2	۷۸۰۹۰۰	۲۸,۰۱۲	۳,۷۷۳	۷۹,۰۵
Ar	۹۳۰۰	۳۸,۹۴۸		
CO_2	۳۰۰	۴۴,۰۰۹		
هوای خشک	۱۰۰۰۰۰۰	۲۸,۹۶۲	۴,۷۷۳	۱۰۰,۰۰

مقدار رطوبت هوای عادی حدوداً کمتر از ۱% جرمی است و هیچگاه از ۴% تجاوز نمی کند؛ در این حالت Cv ۳% و Cp ۱% و r ۳% افزایش و Cp/Cv=γ ۱% کاهش می یابد .

سوختها

پارافین، آلکان(عدد ستان خوب)	C_nH_{2n+2}	زنجیره با اتصال ساده
سیکلوپارافین،نفتن،سیکلان	C_nH_{2n}	حلقوی با اتصال ساده
اولفین،آلکِن	C_nH_{2n}	یک اتصال مضاعف
استیلنی،آلکین	C_nH_{2n-2}	یک اتصال سه گانه
آروماتیک(حلال خوب،عدد اکتان بزرگ)	C_nH_{2n-6}	با حلقهٔ بنزنی C_6H_6
الکل	$C_nH_{2n+1}OH$	با یک گروه هیدروکسیلOH

احتراق کامل

$$C_aH_b+(a+\frac{b}{4})(O_2+3.772N_2)=aCO_2+\frac{b}{2}H_2O+3.772(a+\frac{b}{4})N_2$$

اگر : $y=\frac{b}{a}$ رقت درست برابر می شود با : $A^*=\frac{34.56(4+y)}{12.011+1.008y}$

بازده احتراق: مواد تازه با نماد f ، مواد حاصل از احتراق با نماد b ،

انرژی حاصل از احتراق درون موتور در حالت مرجع *: $H_b^*-H_f^*$

انرژی حاصل از احتراق در شرائط آزمایشگاهی با گرماسنجی واقعی : $m_cP_c^*$

بازده احتراق : $\eta_{comb}=\frac{H_b^*-H_f^*}{m_cP_c^*}$ ، عملاً بهترین بازده بین غنای ۰,۸۵ و۰,۹۵ بدست می آید .

توان حرارتی پایینی

سوختها در موتور اشتعال جرقه ای

نوع سوخت←	بنزین	میعانات گازی	گاز طبیعی
MJ/kg	۴۲,۹	۴۶	۵۰
MJ/ ℓ	۳۲,۲	۲۵,۳	۳۲,۵۵
kJ/ℓ مخلوط	۳,۴۶	۳,۳۷	
عدد اکتان←	۹۵-۸۷	≥۱۰۰	۱۳۰
مشخصات سوخت←	عادی- سوپر	پروپان،بوتان	متان ۷۰-۹۵% + اتان ۳%

ویژگیهای سوختهای دیزل

ویژگی↓ سوخت←	گازوئیل	مازوت
چگالی kg/ℓ	۰,۸۳-۰,۸۷	۰,۹۶-۰,۹۹
گرانروی در cSt,50°C	۲-۵	۳۵۰-۴۲۰
توان گرمایی بالایی MJ/kg	۴۵-۴۵,۷	۴۱,۹-۴۳
توان گرمایی پایینی MJ/kg	۴۲,۱-۴۲,۹	۳۹,۳-۴۰,۶
رقت درست	۱۴,۵	۱۳,۹

- در اثر احتراق کامل کربن درسوخت C 32.82MJ/kg و دراثر احتراق کامل هیدروژن H 130.53MJ/kg بدست می آید .
- مثلاً برای محاسبهٔ حرارت حاصل از احتراق کامل $C14H30$ ، با توجه به این که نسبت جرمی کربن به هیدروژن برابرست با : 14x12/30x1=5.6 ، گرمای حاصل از احتراق کربن برابرست با : 5.6x32.82/6.6 و گرمای حاصل ازاحتراق هیدروژن برابرست با : 1x130.53/6.6 ، در جمع بدست می آید :

سوخت 47.6MJ/kg .

- از سوختهای سنگین بویژه در موتورهای دیزل کند و دور متوسط استفاده می شود.این سوختها بعضاً تا 10% آب در بردارند و آنها را به صورت شیرابه در می آورند (به کمک همگن ساز). این روش دود و اکسیدهای ازت را کاهش می دهد وبازده حتی تا 2% می تواند افزایش یابد ؛ البته شیب افزایش فشار تندتر و صدا هم بیشتر می شود.

دسته بندی موتورهای دیزل سنگین برحسب سرعت دورانی

سرعت دورانی	N د.د.د.	D mm	بازده %	Csp g/kWh
کند	۹۰تا۱۷۰	۴۵۰تا۹۰۰	۵۲	۱۶۳
متوسط	۴۰۰تا۷۵۰	۲۰۰تا۶۵۰	۴۹	۱۶۵-۱۷۰
سریع	۱۰۰۰تا۲۲۰۰	۱۸۰تا۳۰۰	۴۵	۲۰۰

آنتلپی تشکیل مواد مختلف در یک اتمسفر و25°C

جنس ←	O2	H2	N2	Cگاز	CO2	H2O
آنتلپی تشکیل MJ/kmol	0	0	0	0	-395.52	-241.73بخار -285.84آب

جنس ←	CO	CH4	C3H8	CH3OH	C8H18
آنتلپی تشکیل MJ/kmol	-110.54	-74.87	-103.85	-201.17گاز -238.58مایع	-208.45گاز -249.35مایع

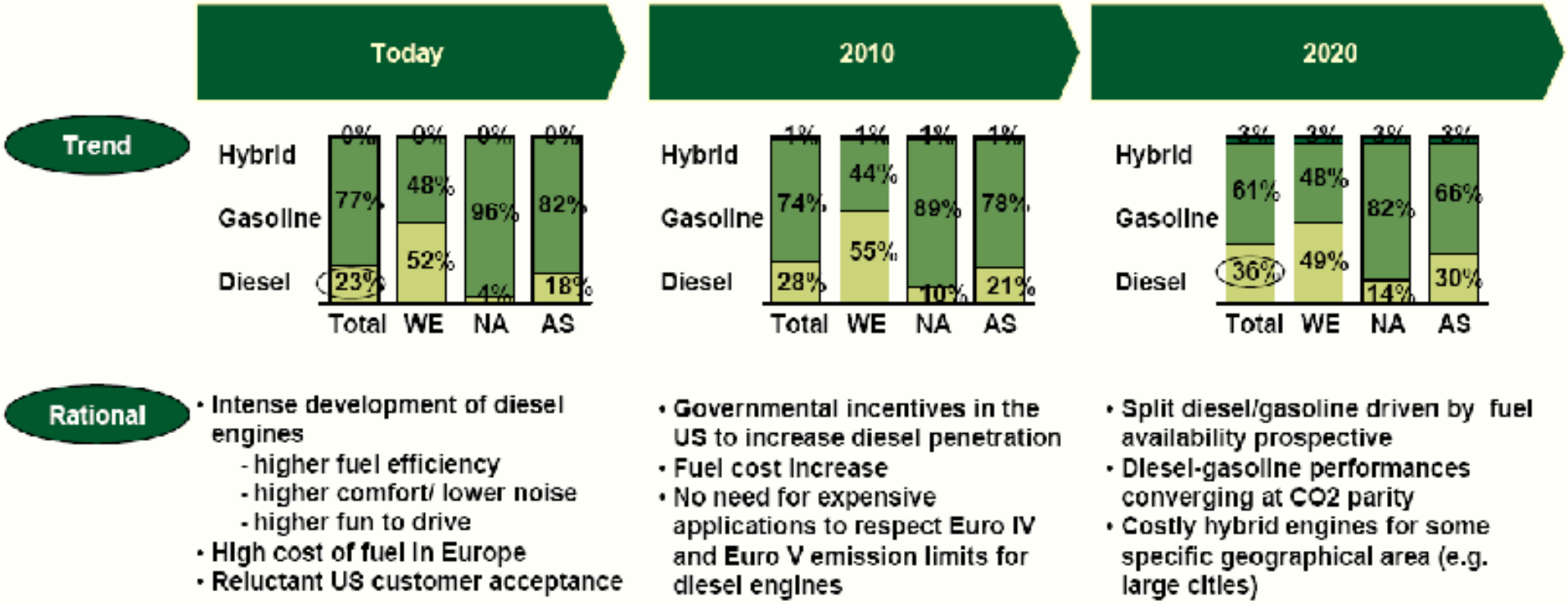
2- مقایسهٔ عمومی

موتورهای اشتعال جرقه ای و اشتعال تراکمی

مقایسهٔ عمومی موتورهای اشتعال جرقه ای (بنزینی) و اشتعال تراکمی (دیزل)

ویژگی↓ نوع موتور←	اشتعال جرقه ای	اشتعال تراکمی	ملاحظات
خواص فیزیکی سوخت در دمای عادی	فرار	غیر فرار	در دمای عادی
چگالی سوخت kg/m^3	۷۵۰	۹۰۰	هر دو به لیتر فروخته می شود
سرعت نسبی اکسایش(تعداد اتمهای کربن در زنجیره)	C_4-C_6 ۱	C_{14}-C_{16} ۲۰۰۰	عدد اکتان & عدد ستان
نسبت تراکم حجمی	$\tau < 9$	$\tau > 15$	به دلیل گوبش در حالت اشتعال جرقه ای
توان گرمایی MJ/kg & MJ/ℓ	۳۲ & ۴۴,۵	۳۸ & ۴۲	
قیمت سوخت	۱۰۰۰ ریال	۵۰۰ ریال	یا احتساب یارانه و بدون عوارض در ۸۶
بازده گرمایویایی موتور	۰,۴۵	۰,۶	
هزینهٔ بهره برداری (مصرف مخصوص g/Hp.h)	۳۸۰&۲۴۷	۲۲۰&۱۸۰	تمام قدرت & نیم قدرت
فشار بیشینه bar	۴۲	۸۵	
فشار متوسط مؤثر bar	۱۰	۷	
توان گرمایی مخلوط سوخت و هوا kcal/ℓ	۰,۹۴۵	۰,۷۷۵	۲۰% اضافه هوا در دیزل
هزینهٔ تعمیر و نگهداری	کمتر	بیشتر	
آلودگی هوا	HC,CO,NOx	NOx,SO_2، دوده	
بازده مکانیکی	۰,۸۷	۰,۷۷	$\eta_m = 0.98 - 25\times10^{-4} P_{max}$
حجم ،وزن و قیمت موتور	کمتر	بیشتر	
توان نسبت به ظرفیت	۱۴,۵	۹,۳	
بازده در توان بیشینه و در توان جزئی	کمتر	بیشتر	
دوام (طول عمر)	کمتر(۵ سال)	بیشتر(۲۰ سال)	

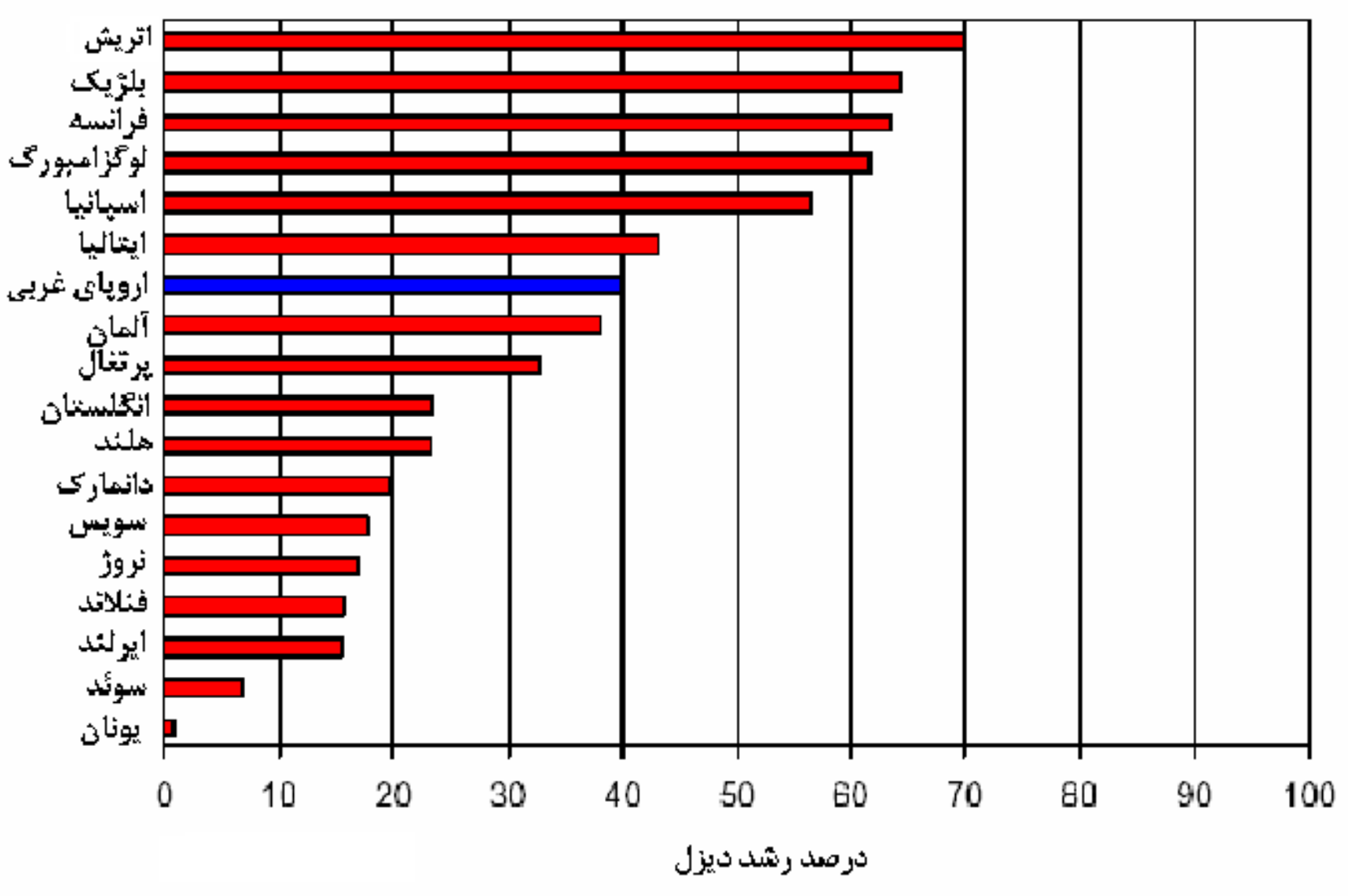
روند توسعهٔ بازار خودروهای سواری و تجاری سبک دیزلی تا 2020



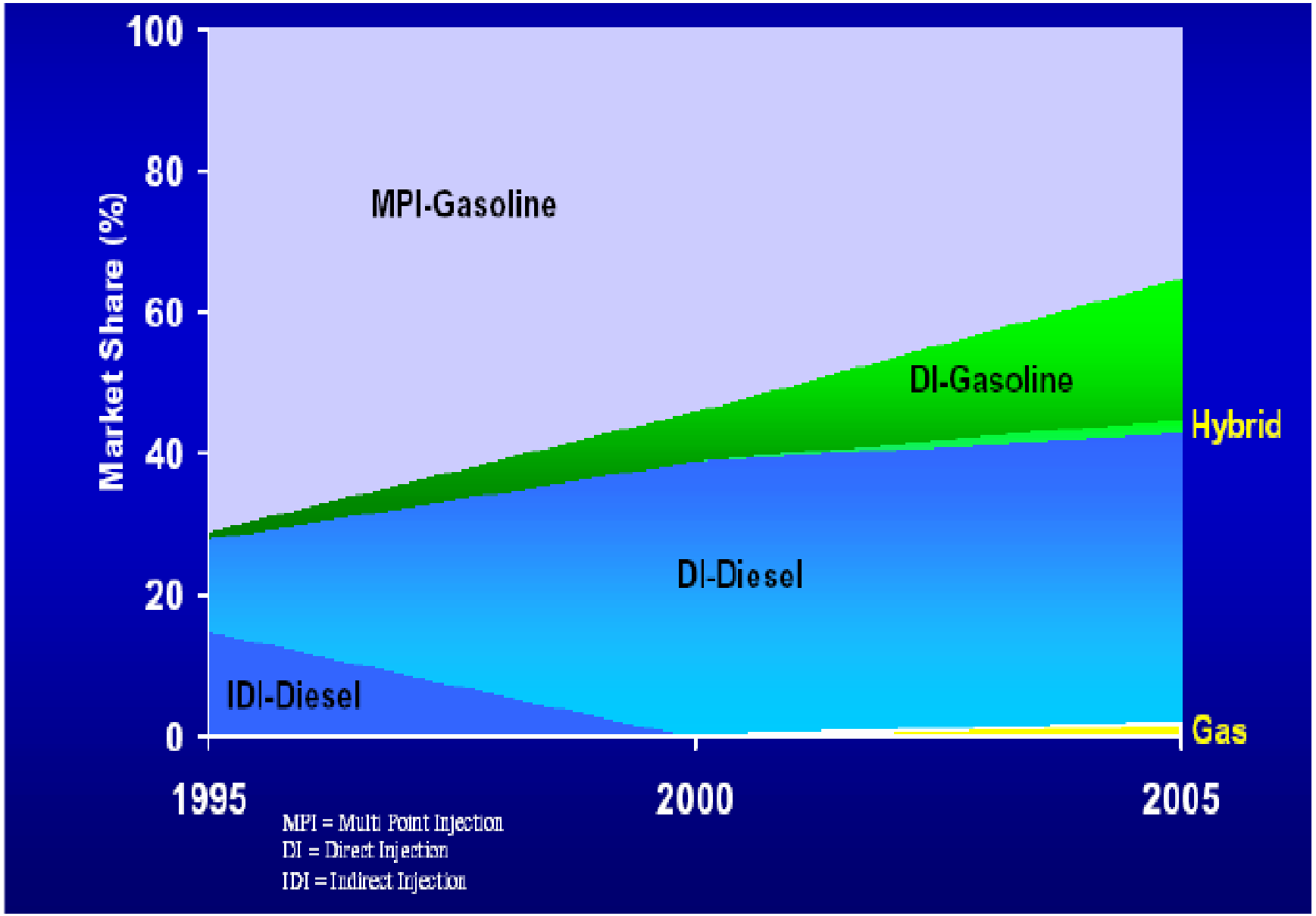
Source: The Boston Consulting Group - September 2005

(WE - West Europe / NA - North America / AS - Asia)

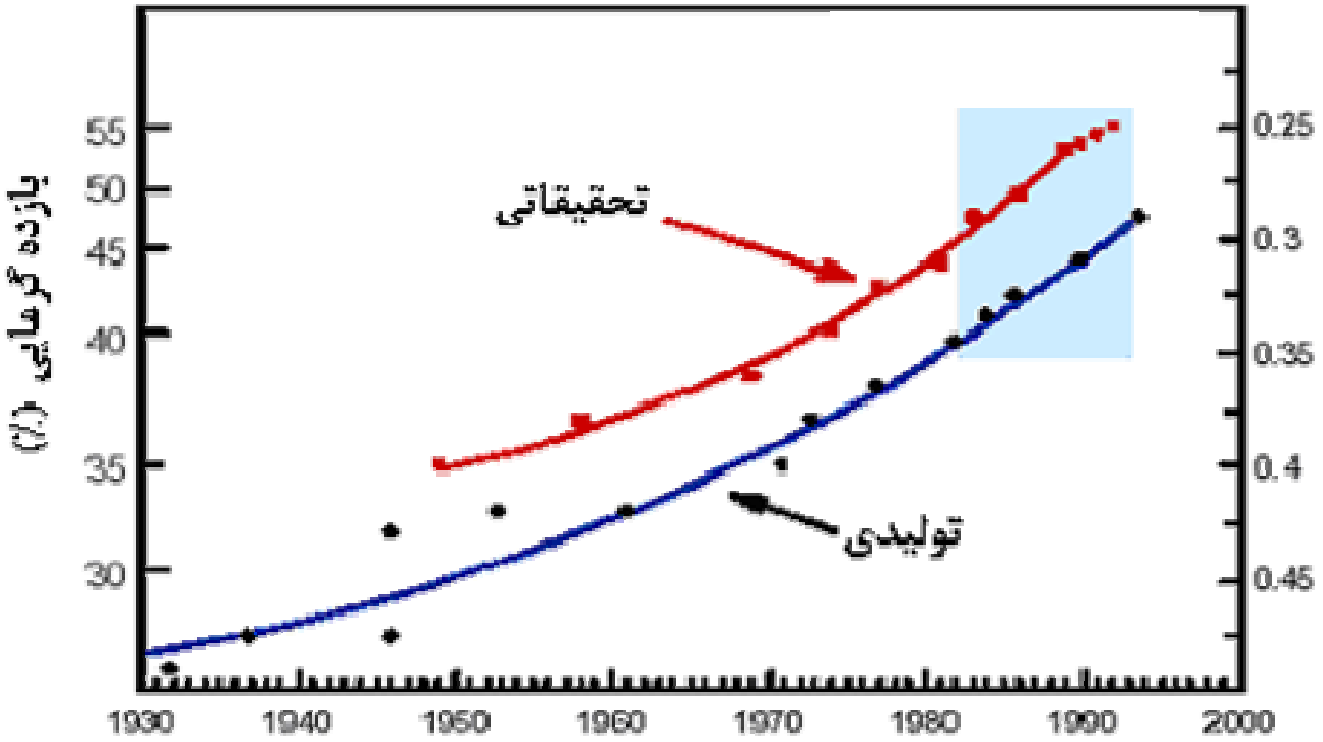
رشد موتورهاي ديزلي در خودروهاي سواري اروپاي غربي



سهم موتورها در خودروهاي سواري ديزلي جديد اروپا

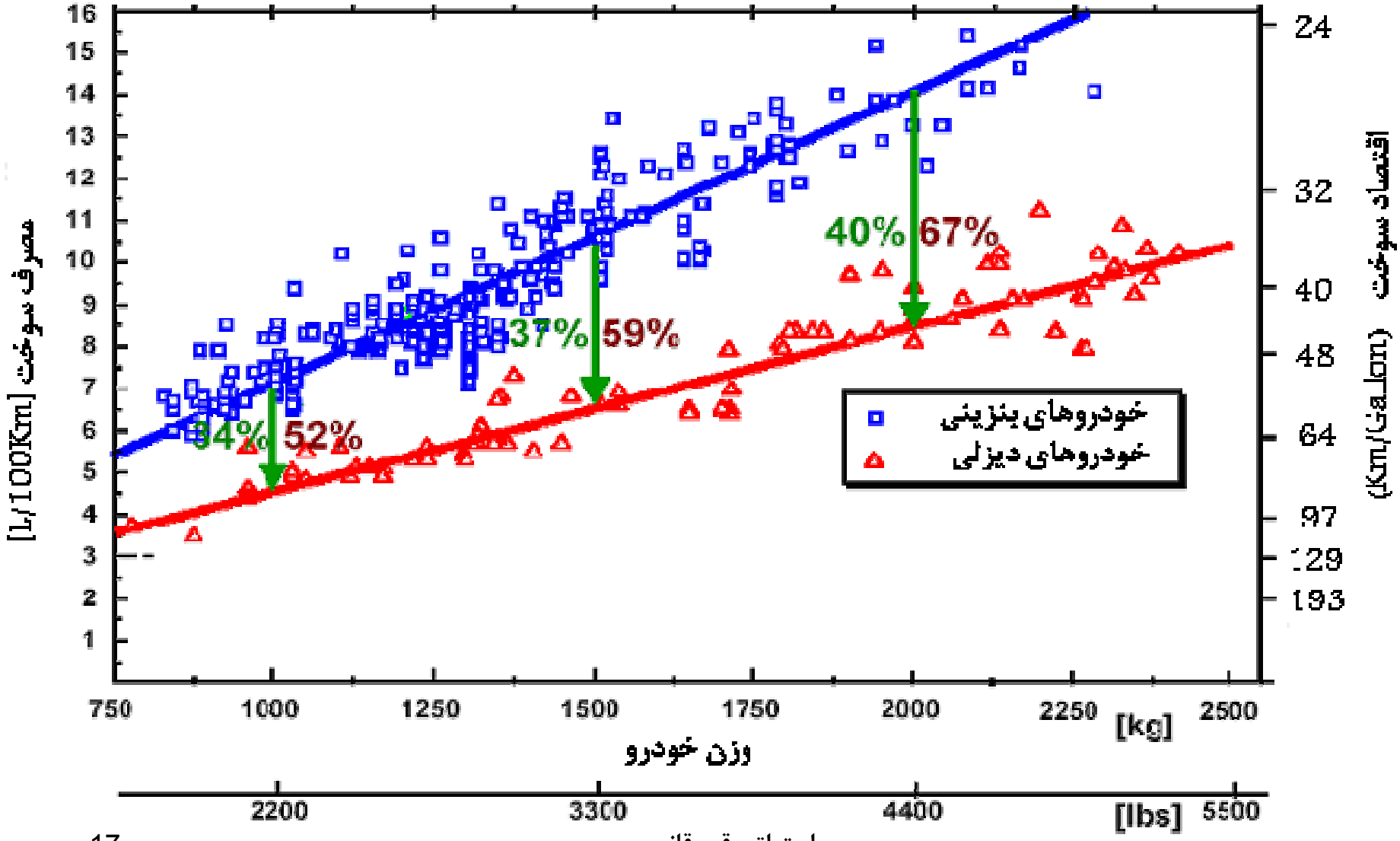


بازده گرمایی



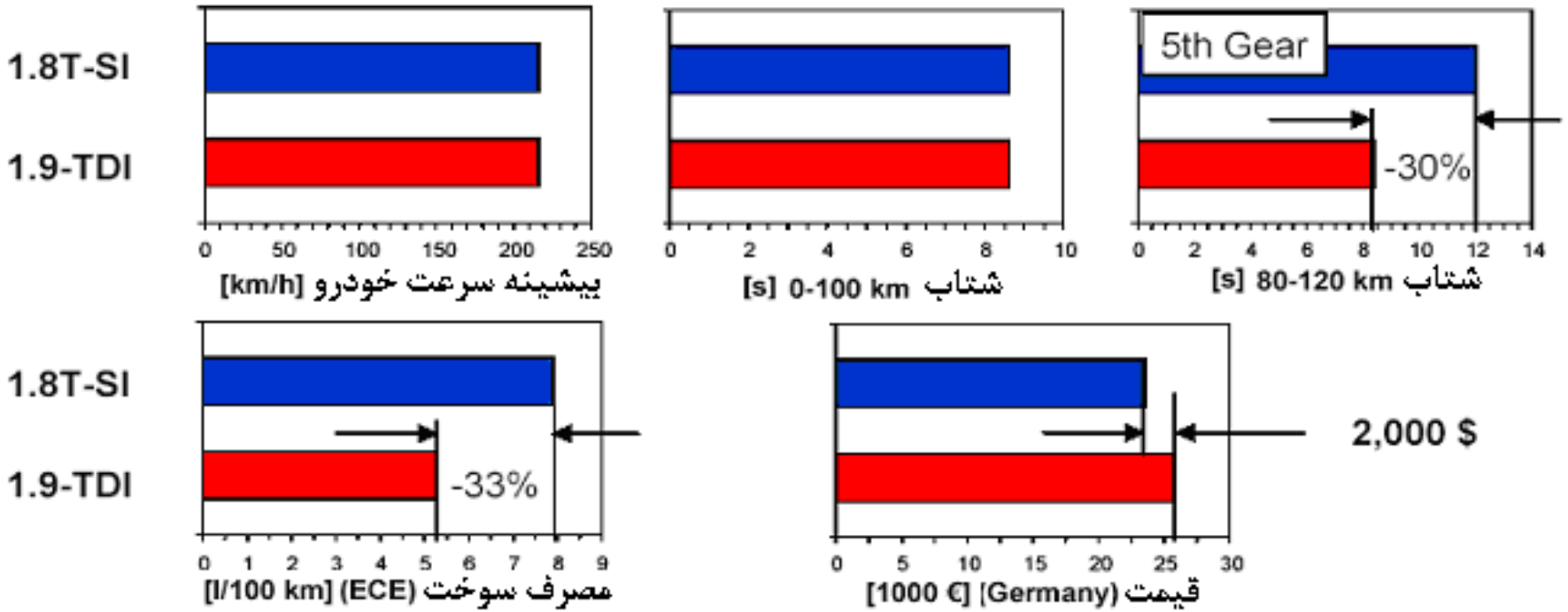
- بازده گرمایی خودروهای بنزینی در حدود 24% است در حالیکه بازده گرمایی خودروهای دیزلی تا حدود 42.5% گزارش شده است.
- بازده بزرگ تر خودروهاي دیزلی مستقیماً به کاهش 30 تا 35 درصدی دی اکسید کربن منجر می شود که مهمترین گاز براي گرمایش جو کرۀ زمین است.

مصرف سوخت

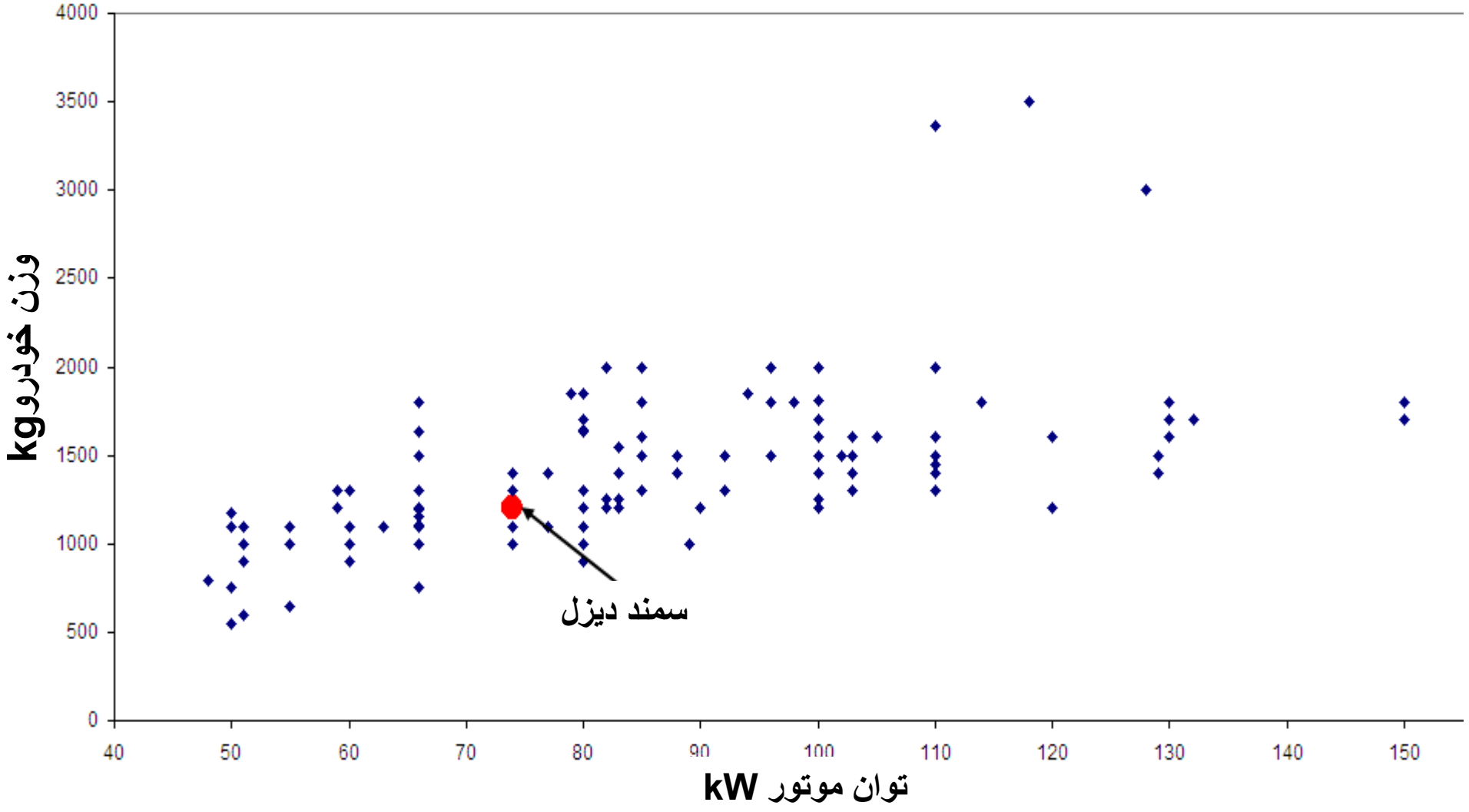

مصرف سوخت [L/100Km]
اقتصاد سوخت (Km/Gallon)
16
15
14
13
12
11
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
24
32
40
48
64
97
129
193
34%
52%
37%
59%
40%
67%
خودروهای بنزینی
خودروهای دیزلی
750
1000
1250
1500
1750
2000
2250
2500
[kg]
وزن خودرو
2200
3300
4400
5500
[lbs]

شتاب ، قیمت و مصرف سوخت

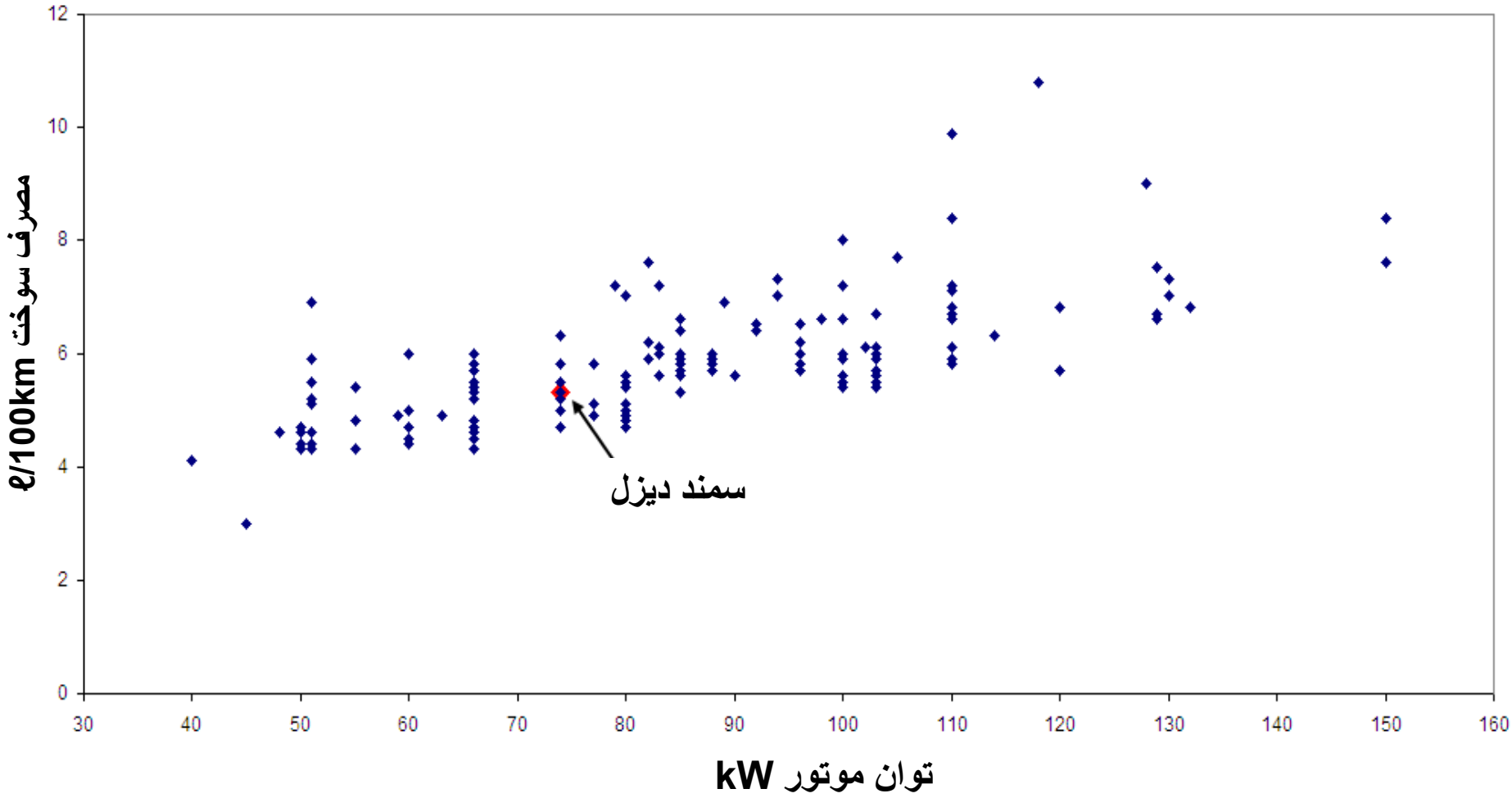
خودرو : VW Golf GTI	موتور	بیشینه توان	بیشینه گشتاور
	1.8T-SI	110 kW@ 5700 rpm	210 Nm@1750 rpm
	1.9-TDI	110 kW@ 4000 rpm	320 Nm@1900 rpm



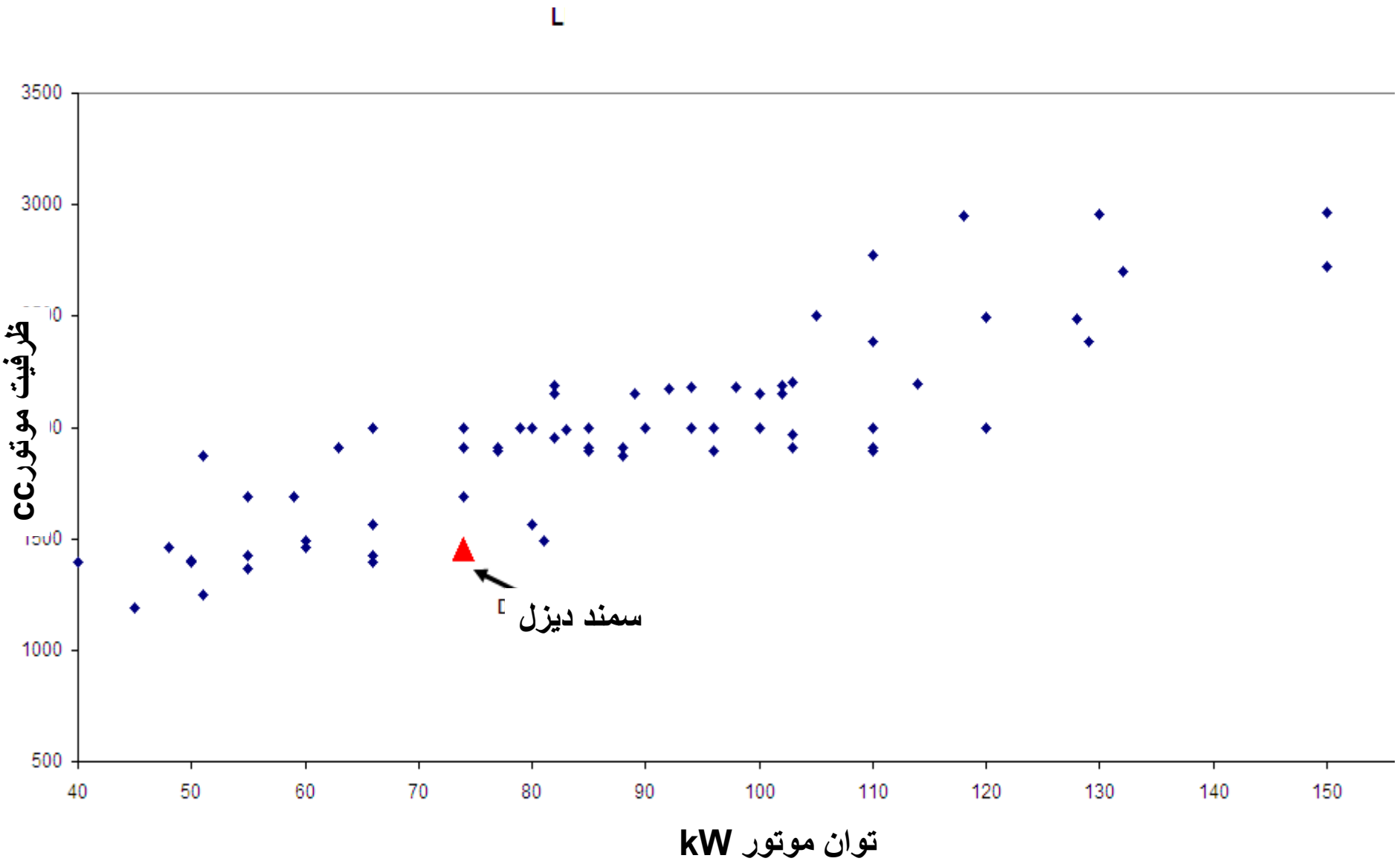
نوار پراکندگي خودروهاي توليدي سال 2005 با موتور ديزل براي 300 خودرو مختلف و جايگاه سمند ديزلي در بازار جهاني



محدوده پراکندگي خودروهاي توليدي سال 2005 با موتور ديزل براي 300 خودرو مختلف و وضعيت سمند ديزلي در بازار جهاني



محدوده پراکندگي خودروهاي توليدي سال 2005 با موتور ديزل براي 300 خودرو مختلف و وضعيت سمند ديزلي در بازار جهاني



3- انواع واکنشهای احتراقی

سرعت و گرمای واکنشهای احتراقی

سرعت واکنش : $A + B + C \rightarrow \ldots\ldots$

$$d[A]/dt = d[B]/dt = d[C]/dt = -k[A].[B].[C]$$

که در آن [ ] غلظت ، k ثابت ، A ضریب بسامد و E^* انرژی تحریک است

برای زنجیرهٔ اشاعه : $5kcal<E^*<15kcal \ , \ 275K<T<810K$

$$k = A.e^{-E^*/RT}$$

نرخ رهایی گرما در واکنشهای احتراقی :

$$\left(\frac{\delta Q}{dt}\right)_{comb} = ZvVQ_f \frac{(a)^n}{p^n} e^{-E^*/RT}$$

که در آن : Z تعداد برخورد ریشه ها(رادیکالها)

(a) فشار جزئی مواد اولیه n درجهٔ واکنش

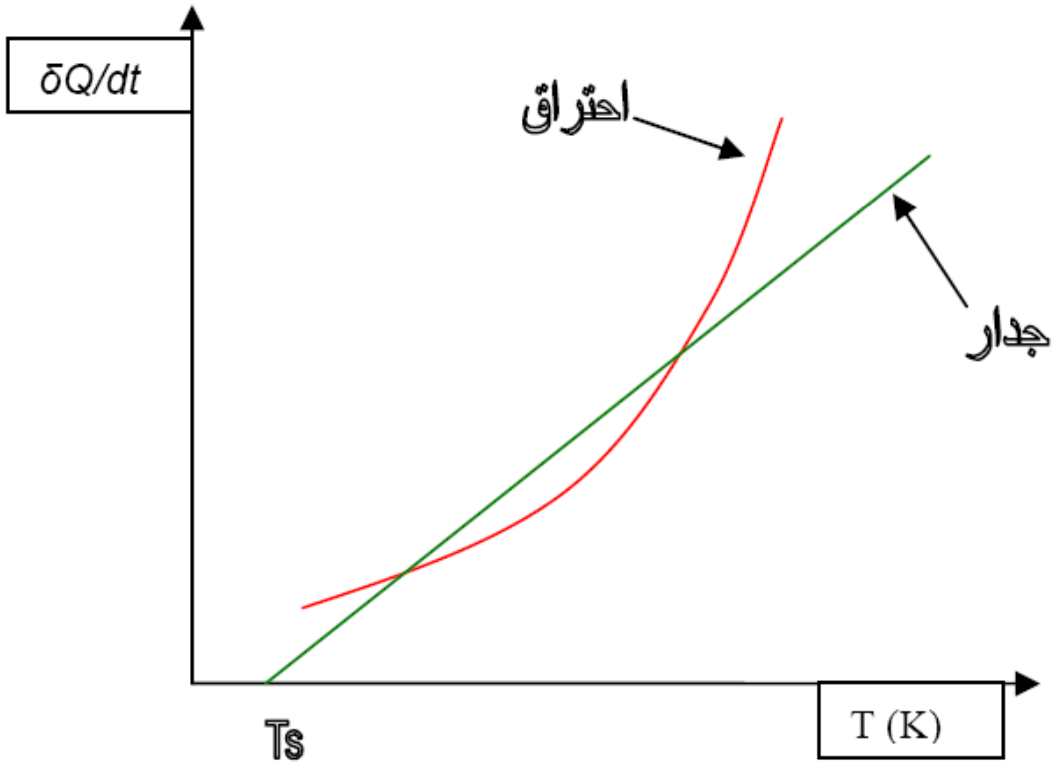
Q گرمای حاصل از واکنش برای هر مول

V حجم v تعداد مول در هر cm^3

نرخ گرمای مبادله شده از جدار:

$$(\frac{\delta Q}{dt})_{\text{جدار}} = hS(T - T_s)$$

که در آن : S مساحت جدار T_s دمای جدار h ضریب انتقال گرما



برای محاسبهٔ دمای حاصل از احتراق باید این نکات را در نظر گرفت :

۱- نرخ گرمای رها شده در واکنش

۲- نرخ گرمای مبادله شده از جدا رها

۳- گرمای ویژهٔ مواد حاصل از احتراق

۴- اثر واکنشهای تعادلی احتمالی با توجه به دمای احتراق

مثال: دمای شعله متان بدون در نظر گرفتن واکنشهای تجزیه ~5000K !
و دمای واقعی در اجاق گاز ~1800K.

واکنشهای تعادلی : $A+B \leftrightarrow C+D$

ثابت تعادل وابسته است به دما $K_c = \frac{k_f}{k_r} = \frac{[C]\cdot[D]}{[A]\cdot[B]}$

مثال : $H_2+½O_2 \leftrightarrow H_2O$ در 2500K , $K_p = \frac{p_{H_2O}}{p_{H_2}\cdot p_{O_2}^{1/2}} = 167.5$

معادلهٔ وانت هوف Van't Hoff $\frac{\partial(\ln K_p)}{\partial t} = \frac{\Delta H_r}{RT^2}$ که در آن ΔH_r آنتلپی واکنش مستقیم است.

واکنشهای زنجیره ای : مثال ترکیب هیدروژن و اکسیژن ،

واکنش شروع : $H_2+O_2 \rightarrow 2OH$

زنجیرهٔ انشعاب

واکنش انشعاب: $H+O_2 \rightarrow OH+O$

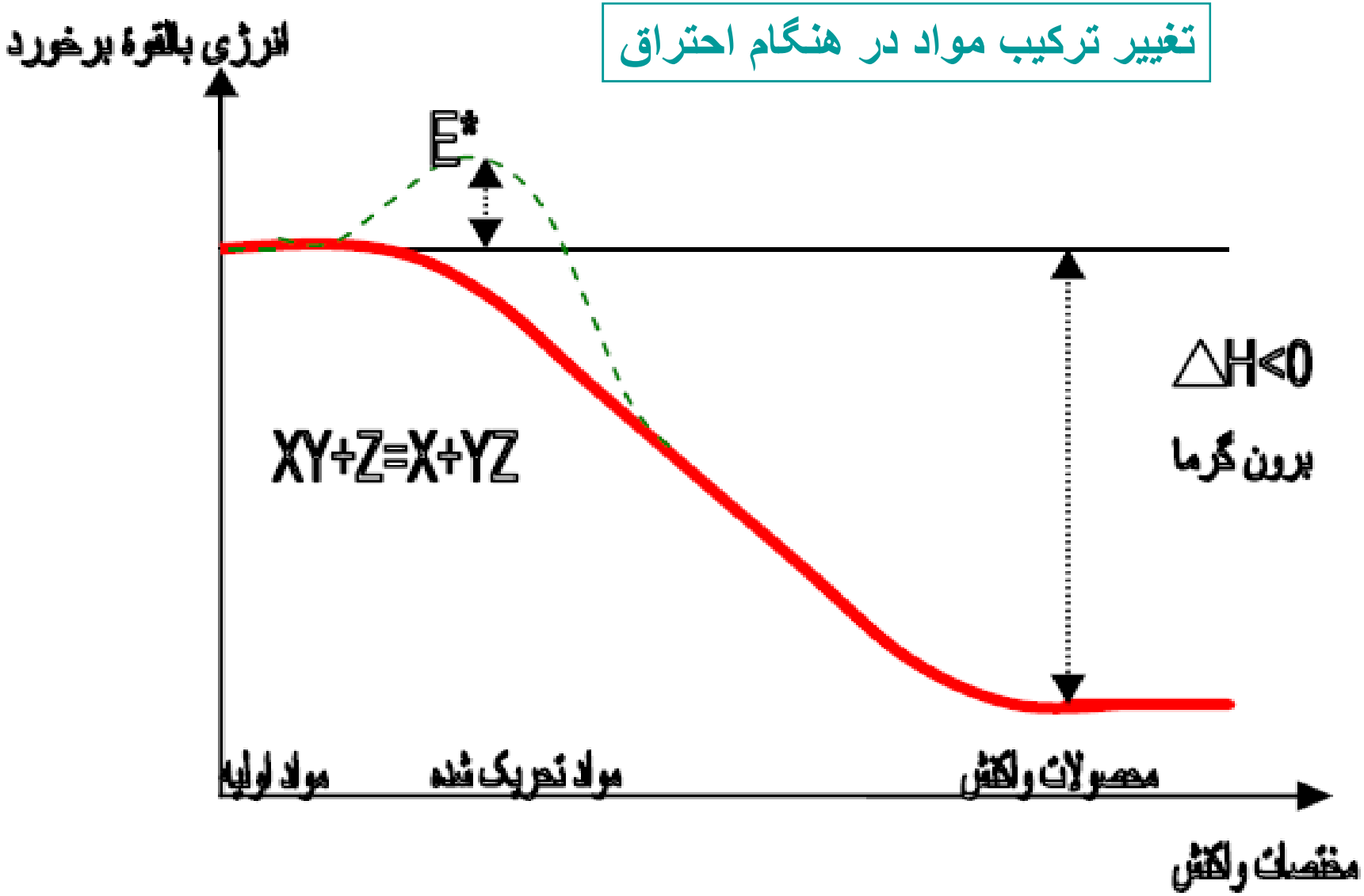
واکنش انشعاب: $O+H_2 \rightarrow OH+H$

واکنش اشاعه: $OH+H_2 \rightarrow H_2O+H$

واکنش خاتمه: $H+H+M \rightarrow H_2+M$

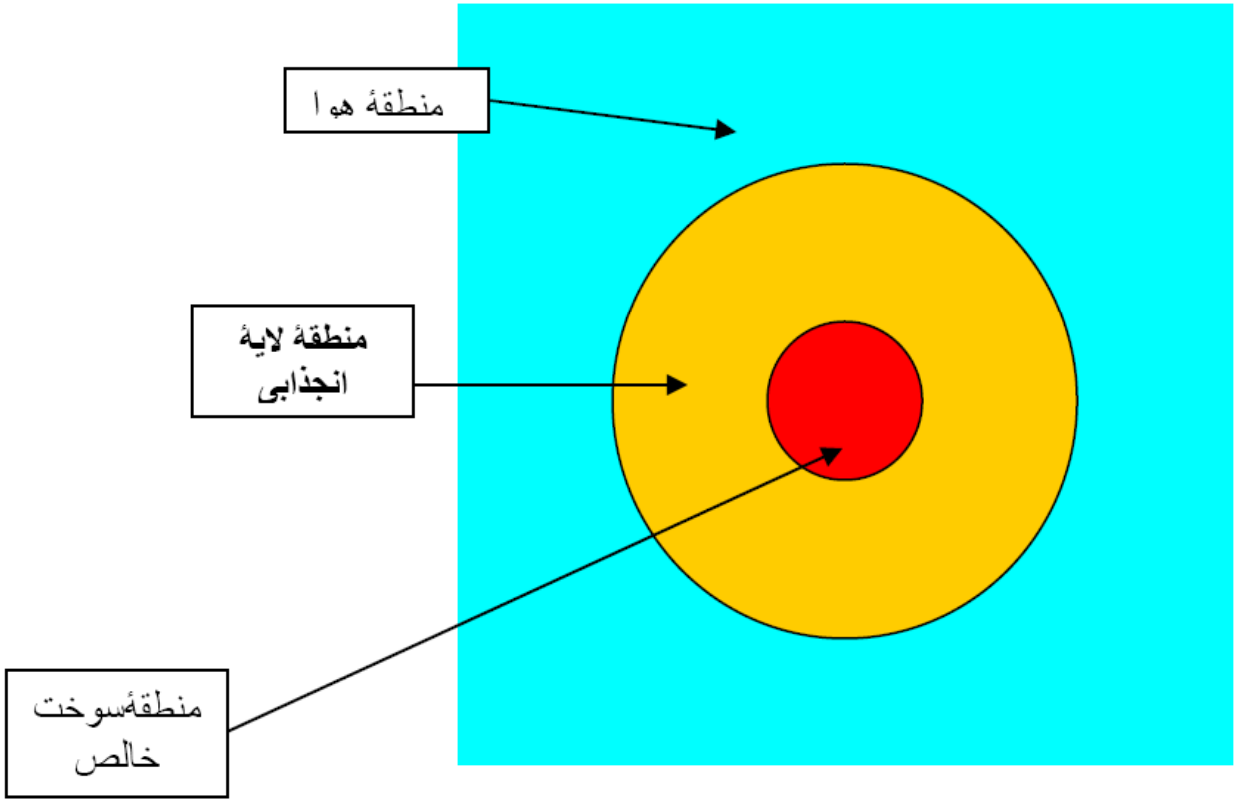
در واکنش "انفجاری" تأثیر انشعاب برخاتمه غلبه دارد گرمای حاصل از مجموعهٔ واکنشها بیش از گرمای دفع شده از جدارهاست .

تغییر ترکیب مواد در هنگام احتراق

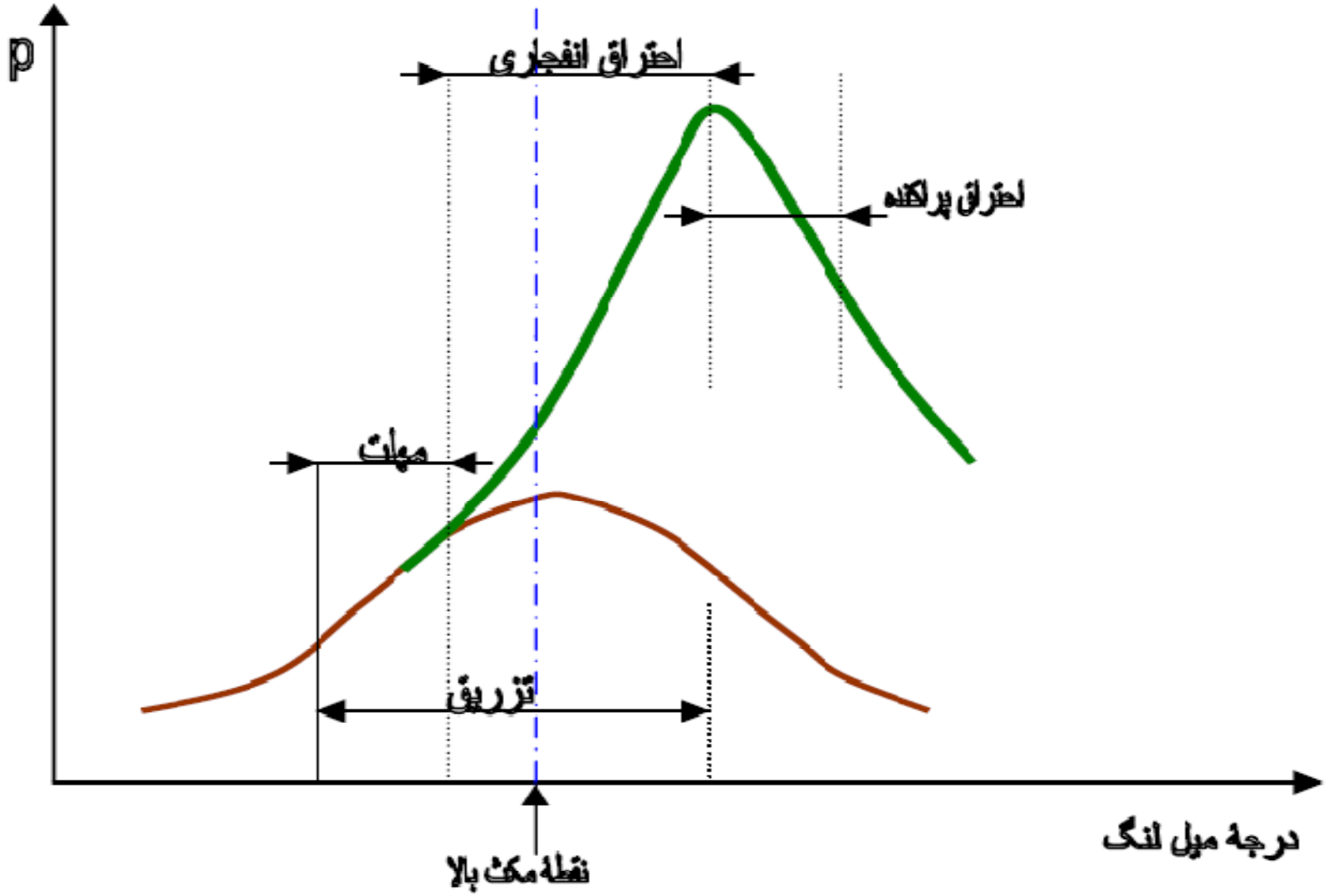


4- احتراق در موتور دیزل

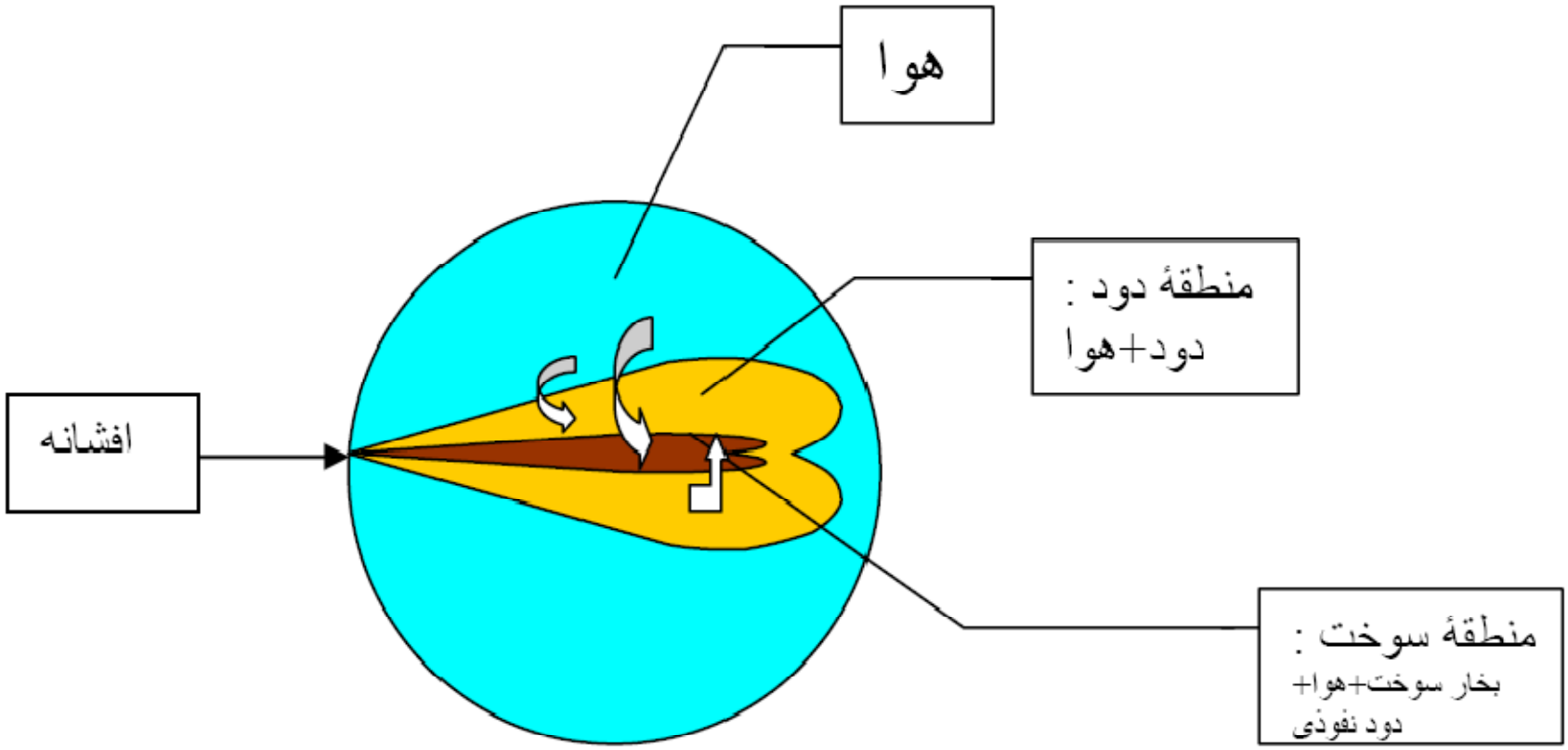
لایهٔ انجذابی وشروع احتراق
در میان مخلوط هوا و بخار سوخت



روند احتراق دیزل



نمایش سه منطقه در شعلهٔ دیزل



سه مرحلهٔ احتراق : ۱- مهلت اشتعال ۲- احتراق انفجاری ۳- احتراق پراکنده

در مهلت اشتعال چه می گذرد؟

۱- از لحاظ فیزیکی◄گرد افشانی سوخت

◄تبخیر قطره های ریز سوخت

◄اختلاط بخار سوخت با هوا

۲- از لحاظ شیمیایی◄پیش واکنشهای سوخت و هوا و دود باقیمانده که منجر به اشتعال خود بخودی می شود

عدد ستان

تعریف : قابلیت اشتعال خود بخودی سوخت در هوا

اندازه گیری عدد ستان : مقایسهٔ آن با مخلوطی از دو سوخت مرجع در موتور CFR (Cooperative Fuel Research Committee)

در شرائط: 65.6°C =هوا ،100°C= آب ،

103b= فشار تزریق ،13°= پیشی در تزریق

N=900 rpm

سوختهای مرجع : ◀ 100=cetane(n-hexadecane,$C_{16}H_{34}$)

◀ 15=isocetane(hepta methylnonane)

◀ 0=α methyl naphthalene,$C_{11}H_{10}$

عدد ستان = درصد ستان + ۰,۱۵ × درصد ایزوستان

در اشتعال خودبخودی غیر از فشار و دما، مهلت عامل اصلی است. هرچه فشار و دما بیشتر باشد مهلت کمتر است

مهلت اشتعال

- مهلت اشتعال از معادلهٔ تجربی بدست می آید :

$$\delta = A \cdot p^{-n} \cdot e^{\frac{B}{T}}$$

- که در آن n,B,A ثابت و وابسته به جنس سوخت است.

- برای سوختهای مختلف ، تغییر مهلت اشتعال به اندازهٔ $1^{\circ}Cr$ معادل است با تغییر 4.4 نمره عدد ستان یعنی هر عدد ستان معادل است با تقریباً 2% تغییر نسبی مهلت اشتعال
- عدد ستان پارافینها با طول زنجیرهٔ آنها افزایش می یابد ولی با پیچیدگی انشعابها(همپارش)کاهش می یابد
- عدد ستان اولفینها کمتر از پارافینهای متناظرشان است
- حلقوی شدن(نفتن،سیکلن) به کاهش عدد ستان می انجامد
- اثر عدد ستان: کاهش صدا، کاهش آلاینده ها و دوده، پایداری عملکرد در کندی، کاهش دودهای سفید و آبی هنگام راه اندازی در سرما
- عدد ستان مناسب : در حدود 50 که معادل است با : $4\sim10^{\circ}Cr$ مهلت اشتعال

اثر عوامل مختلف بر مهلت اشتعال

عوامل↓مشخصه←	مهلت	سرعت اختلاط سوخت و هوا	dQ_p/dt	dQ_m/dt
نرخ تزریق سوخت↑	-	↑	↑	↑
فشار پرخورانی↑	↓	-	↓	-
نسبت تراکم حجمی↓	↑	-	↑	-
تعداد سوراخ افشانه↑	-	↑	↑	↑
پیشی در تزریق↑	↑	-	↑	-
سرعت گردبادی↑	-	↑	↑	↑
دمای هوای ورودی↓	↑	-	↑	-
فشار تزریق↑	-	↑	↑	↑
سرعت دورانی↑	↓-	↑	↑	↑

Qp : گرمای رها شده درمرحلهٔ پیش احتراق (مهلت)

Qm : گرمای رها شده در مرحلهٔ احتراق

عوامل فیزیکی مؤثر برمهلت

1- قانون تزریق،

2- توان یا بار،

3- اندازۀ قطرات،سرعت ونرخ تزریق،

4- دما و فشار هوای ورودی،

5- سرعت موتور،

6- دیوارۀ اتاق احتراق،

7- اضافه هوا و حرکت گردبادی

سرعت پیشرفت فوارۀ سوخت در هنگام مهلت اشتعال در حدود 200m/s ، ابعاد قطرات 10-100µ

- جرم بستن افشانه ناشی از جنس گازوئیل (وجود گوگرد) است ؛ آثار آن :

1. تغییر قانون تزریق و در نتیجه
2. افزایش مهلت اشتعال و
3. شیب منحنی فشار و
4. افزایش صدا و
5. افزایش دود و
6. کاهش بازده

- راه حل ها :

1. استفاده از افشانه واجد سوراخ مرکزی
2. استفاده ازمواد افزودنی به سوخت(پلی اترآمین هایا سوکسینی میدها) ولی به قیمت گران

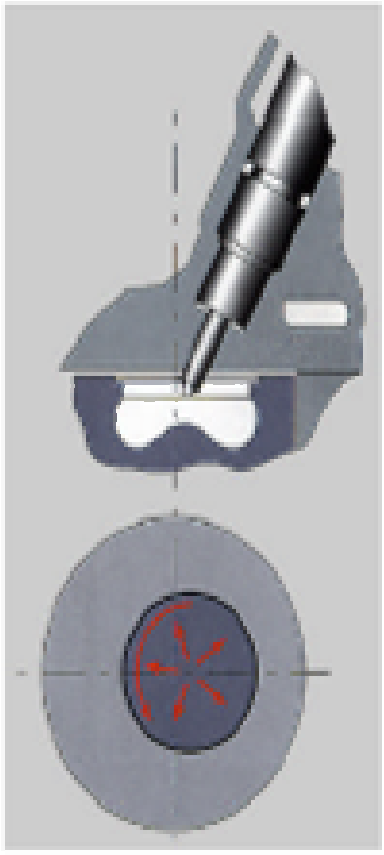
- توجه به امکان آلودگی به باکتری درتابستان که چارهٔ آن حذف آب یا رطوبت است

طراحی احتراق دیزل

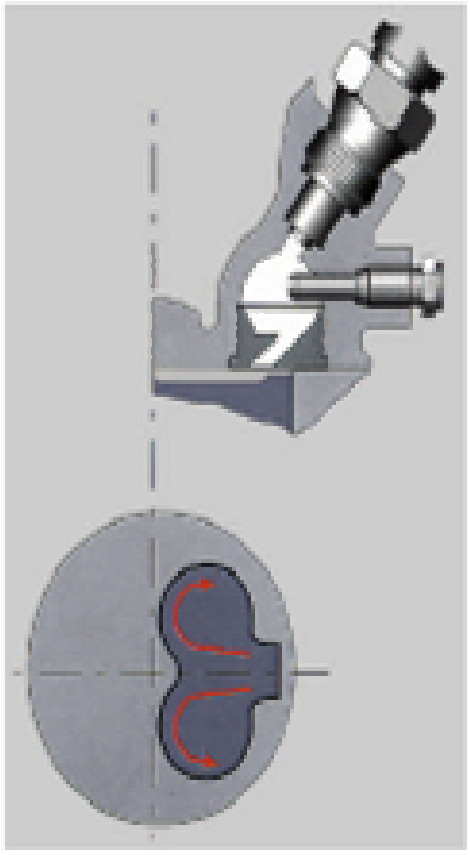
مشخصه← نوع طراحی ↓	T نسبت تراکم	اتلاف گرما	بازده Csp g/Hp.h	دمای خاتمهٔ تراکم	راه اندازی	محدودیت	معایب	ملاحظات
تزریق مستقیم ساده	۱۷-۱۴	کم	خوب ۲۲۰-۲۳۰	خوب ، برای T نه خیلی بزرگ	سهل،تأثیر کم سرعت	N<1250 D>200 Pme<6	لوازم تزریق بی نقص	
تزریق مستقیم گردبادی	۱۷-۱۴	کم	خیلی خوب ۲۰۵	خوب،امکان استفاده از عدد ستان>۳۵	سهل	N<2000 D<250 Pme(tc)<16	دمای خیلی داغ در سر سمبه	
تزریق غیرمستقیم Comet-Ricardo	۲۳-۱۸	زیاد	متوسط ۲۴۰-۲۶۰	سرعت گردباد هوا 10N	برایT<۱۷ دشوار،نیاز به گرمکن	Pme<8	دشواری استفاده از گشتاور بزرگ در سرعت کند	تنظیم خودبخودی اهمیت کمتر وسائل تزریق
تزریق غیر مستقیم پیش اتاق	۲۳-۱۸	زیاد	متوسط ۲۳۰-۲۷۰				لزوم استفاده از روغن همگن ساز	امکان تعبیهٔ دو دریچهٔ بزرگ

طراحي احتراق ديزل

تزريق مستقيم

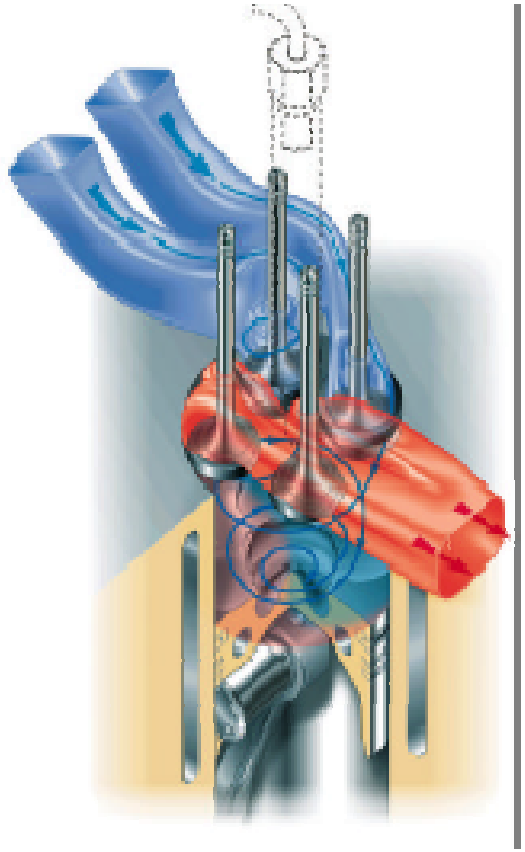


تزريق غير مستقيم



قابلیت هاي توسعه موتور دیزل

– مشخصات امروزین تزریق مستقیم



حرکتهای گردبادی:

•با محور عمودی swirl
ناشی از چندراهۀ هوا

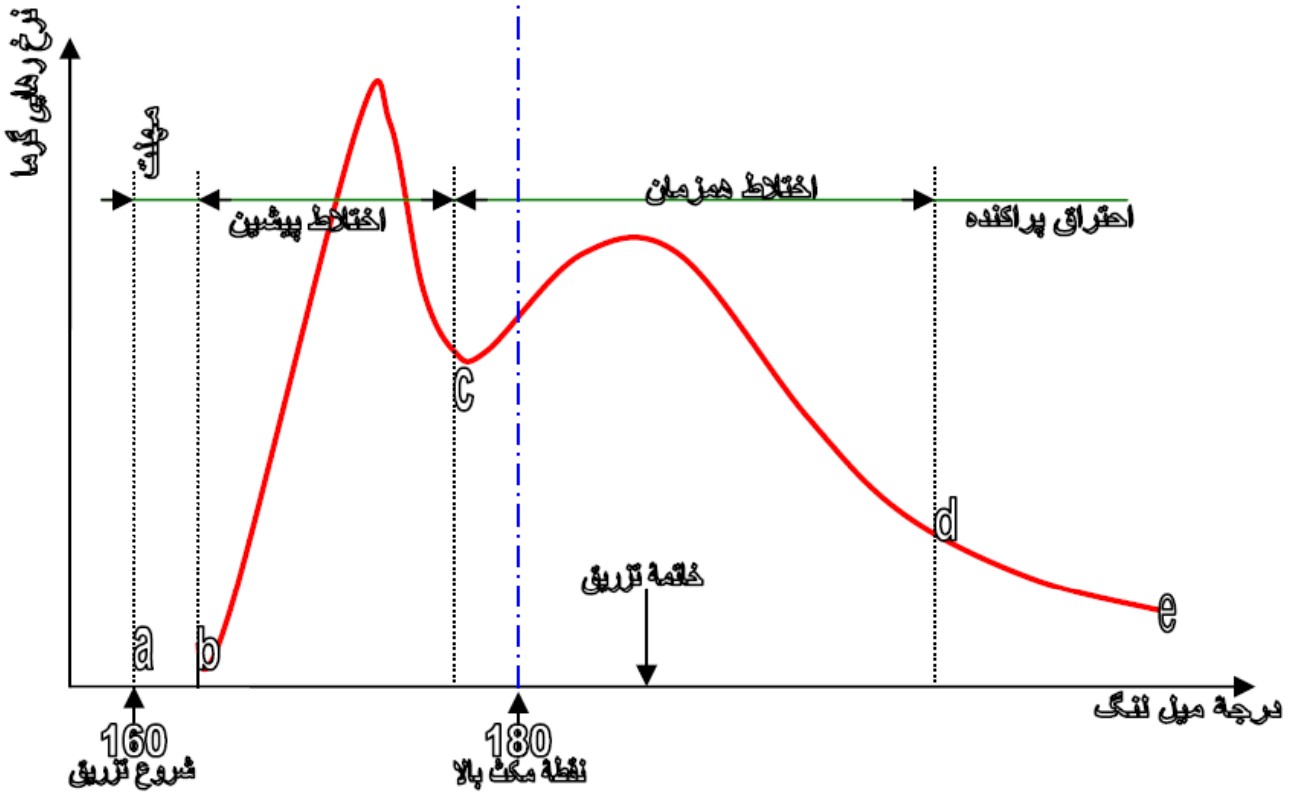
•با محور افقی tumble
ناشی از شکل اتاق احتراق

پس از طراحی باید دو محدوده را به بررسی انتقادی گذاشت :

$$\frac{\Delta p}{\Delta \alpha} < 5b/^{\circ}{}_{cr} \qquad \frac{p_{\max}}{p_{ت}} < 2$$

که در آن : $p_{ت}$ فشار تراکم بدون احتراق ، p_{max} فشار بیشینهٔ احتراق و $^{\circ}cr$ درجهٔ میل لنگ است

نرخ رهایی گرما در موتور دیزل



۱- مهلت اشتعال ab
۲- احتراق انفجاری
مرحلهٔ اختلاط پیشین bc
مرحلهٔ اختلاط همزمان cd
۳- احتراق پراکنده de

بررسی اثر عوامل طراحی بر احتراق دیزل

عوامل	P_3	T_3	P_I	T_I	δ	P_4	T_4	P_5	T_5	η_g
20↑T 12	↑60 29	↑650°C 475°C	↑~40	↑~150		↑~40	↑~150			↑
0.4↑z 0.2			↑~20	↑~350	↓0.4	↑~20	↑~100	↓~0.2	↓~50	↑
30↑A 20			↓~12	↓~200	↓0.2	↓~12	↓~600	↓~1	↓300	↓

δ=V4/ V3 ↓ نسبت تراکم حجمی τ↑==>
A↑==> δ↓ رقت
z↑==> δ↓ درصد احتراق حجم ثابت

بعضی از نتائج مهم احتراق دیزل

1- با توجه به شروع تزریق تقریباً قبل از احتراق ، کوبش وابسته به مخلوطهای همگن بوجود نمی آید و لذا می توان ازنسبت تراکم حجمی بزرگتر استفاده کرد و بازده را بهبود بخشید.

2- با توجه به این که از زمان بندی تزریق برای پایش احتراق استفاده می شود، مهلت اشتعال باید کوتاه باشد تا فشار بیشینهٔ احتراق مهار شود ؛ بنابراین عدد ستان سوخت باید مناسب باشد .

3- با توجه به این که گشتاورمتناسب با مقدار سوخت تغییر می کند و شار هوا ثابت و کار تلمبه ای کم است، بازده در توانهای جزئی بهتر از موتورهای اشتعال جرقه ای است.

4- فشار متوسط مؤثر در موتور دیزل 20% کمتر از موتور اشتعال جرقه ای است ، به دلیل رقت مخلوط دیزل.

5- با توجه به این که مخلوط سوخت و هوای دیزل همواره فقیر است $Cp/Cv=\gamma$ در موتور دیزل در مرحلهٔ انبساط بزرگتر از موتور اشتعال جرقه ای و بنابراین ، برای همان نسبت انبساط ، بازده بهتر است.

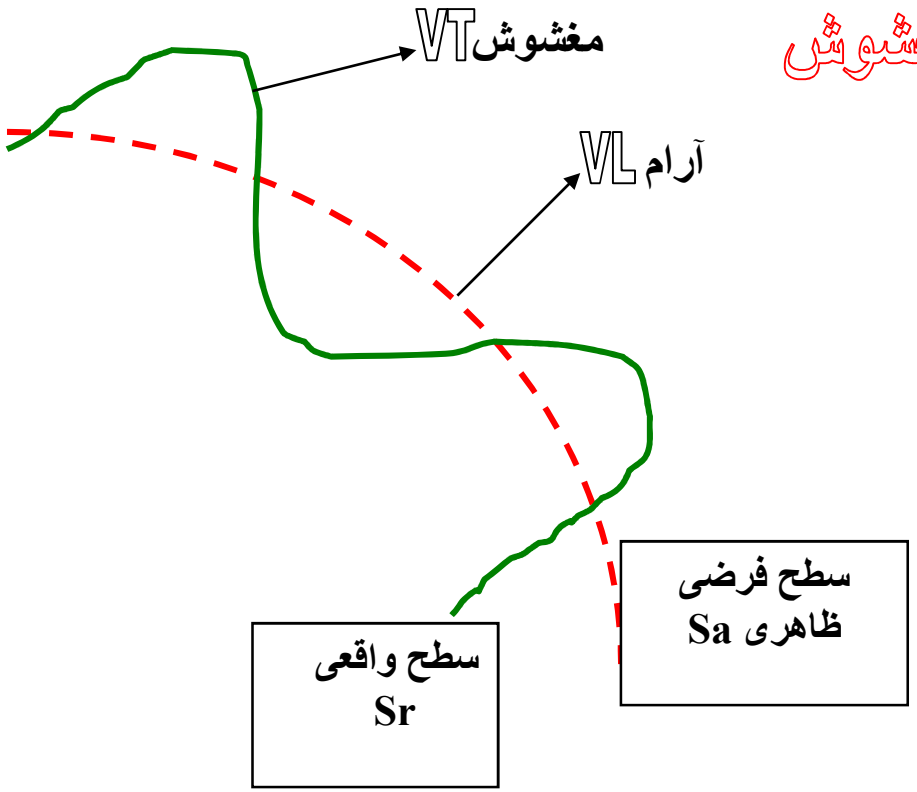
5- احتراق در موتور اشتعال جرقه ای

سرعت احتراق

- در احتراق زنده ، در منطقهٔ واکنش بعضی مواد کم دوام- اتمها و ریشه ها – در حالتی خارج از تعادل ظاهر می شوند . این مواد بنا برفرآیند نورشیمیایی از خود نور ساتع می کنند و سبب ظهور شعله اند . *سرعت واکنش* (نسبت جرم سوخت محترق شده به جرم کل سوخت)خیلی تند است و فرآیند تا انتهای خود ادامه می یابد بدون آن که بتوان مواد فعال مؤثر را جدا کرد یا واکنش را در مرحلهٔ معینی متوقف ساخت .
- پیشانی شعله ضخامت کمی دارد در حدود چند دهم میلیمتر .
- اگر *سرعت انتشار شعله* (سرعت مشاهده شده) زیرصوتی باشد ، احتراق حالت عادی دارد وگرنه با سرعت انتشار مافوق صوت به احتراق غیر عادی و کوبش می رسیم .

شعلهٔ آرام و مغشوش

پیشانی شعلهٔ آرام و مغشوش



انرژی تحریک برای اشتعال وابسته است به :

1. جنس سوخت ،
2. غنا ،
3. فشار ،
4. اغتشاش هوا ،
5. فاصلهٔ قطبهای شمع .

- مقدار کمینهٔ آن درسوختهای متعارف برای غنای 1.5-0.9 ، حاصل می شود و در حدود $0.3mJ$ است .
- عملاً در موتور بین 30 تا $100mJ$ صرف تحریک می شود (انرژی جرقه).

سرعت اساسی آرام

- سرعت اساسی آرام را در شعلهٔ بنزن می توان از معادلهٔ $V_L=D/S$ بدست آورد که در آن D شار گازها و S سطح پیشانی شعله است و با عکس برداری حاصل می شود .
- در 25°C و فشار 1bar برای سوختهای متعارف مقدار بیشینهٔ سرعت اساسی آرام برابر است با :

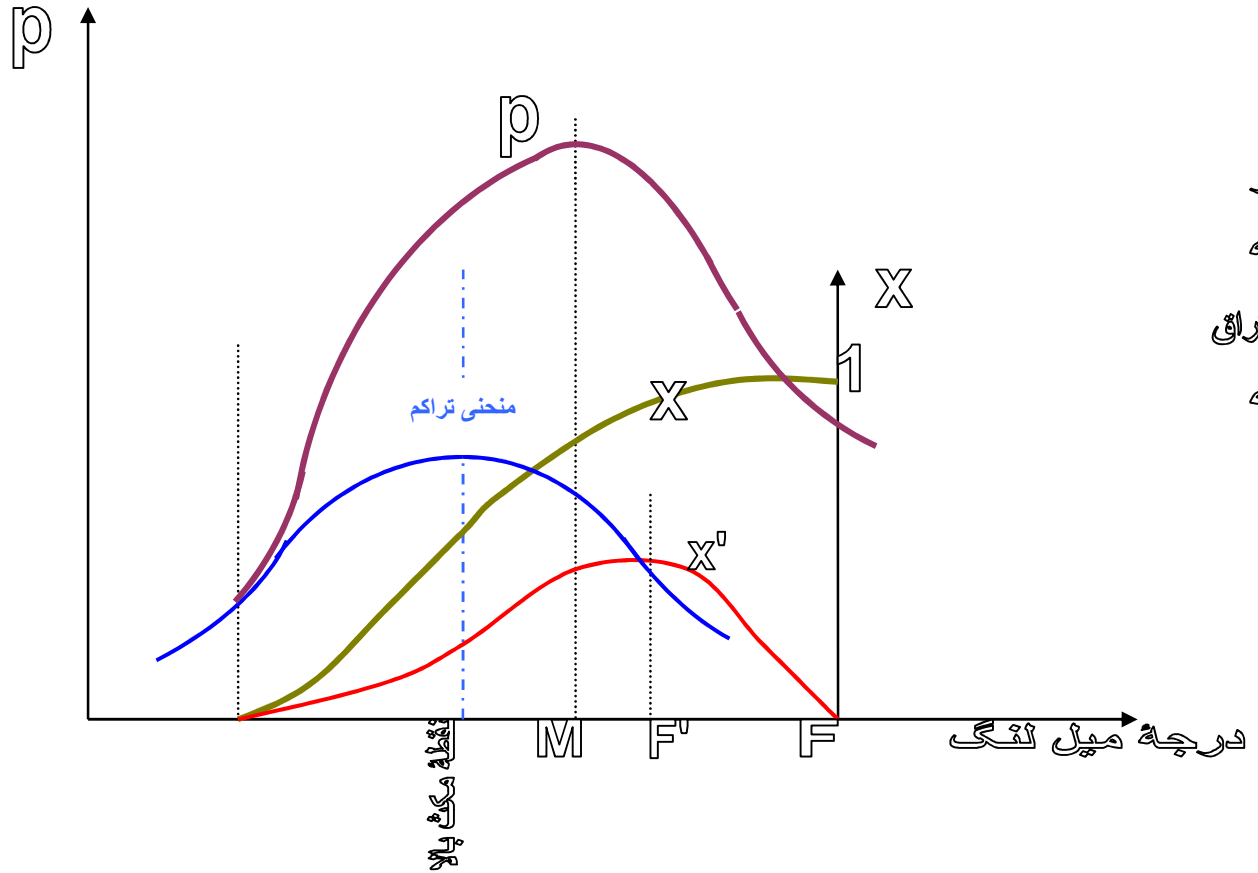
سوخت	H_2	ایزواکتان	متان	متانول
غنا	1.80	0.98	1.07	1.08
V_L:*cm/s*	325	41	44.8	50.4

- سرعت اساسی آرام به طور خطی متناسب با دما است به شیب متوسط 4*cm/s* برای هر 10 درجه.
- سرعت اساسی آرام با افزایش رقت کاهش می یابد .

سرعت اساسی مغشوش

- در حالت مغشوش ، سرعت انتشار افزایش می یابد و متناسب است با سرعت اساسی آرام و S_r/S_a :
- $V_T=V_L \cdot S_r/S_a$
- V_T می تواند 10 تا50 برابر سرعت اساسی آرام باشد . در بعضی موتورها سزعت انتشاری برابر با $50 m/s$ اندازه گیری شده است .
- توجه : در احتراق غیر عادی سرعت بین 500 تا $1000 m/s$ است .

تحلیل روند احتراق



M بیشینهٔ فشار

F' سرعت بیشینه

F انتهای واقعی احتراق

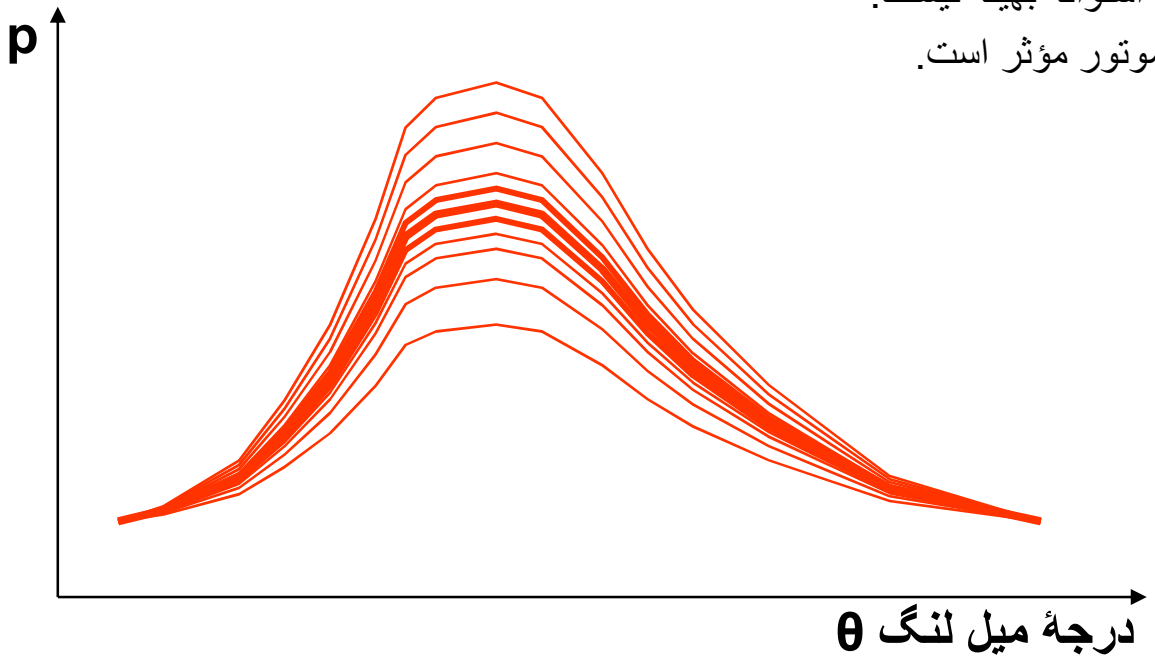
X جزء سوخته

تا نقطهٔ مکث بالا
از ن.م.بالا تا M
از M تا F'
از F' تا F

پراکندگی چرخه ای

- تعریف : پراکندگی چرخه های پی در پی نسبت به یکدیگر؛ پدیده ای با ویژگی جامعهٔ آماری(ممکن است منحنیهای مختلف یکدیگر را قطع کنند).
- هرچه پراکندگی نسبت به مقدار متوسط بیشتر باشد کاهش بازده افزونتر است لذا ناگزیریم مقداربهینه ای برای پیشی در جرقه و برای غنای مخلوط بگذاریم که لزوماً برای فرآیند احتراق داخل استوانه بهینه نیستند.

پراکندگی چرخه ای بر چابکی موتور مؤثر است.



عوامل احتمالی پراکندگی چرخه ای

1-تغییرات ترکیب مخلوط در اتاق احتراق بویژه در اطراف شمع

2- تغییرات مقدار سوخت ، هوا و گازهای باقیمانده در هر چرخه

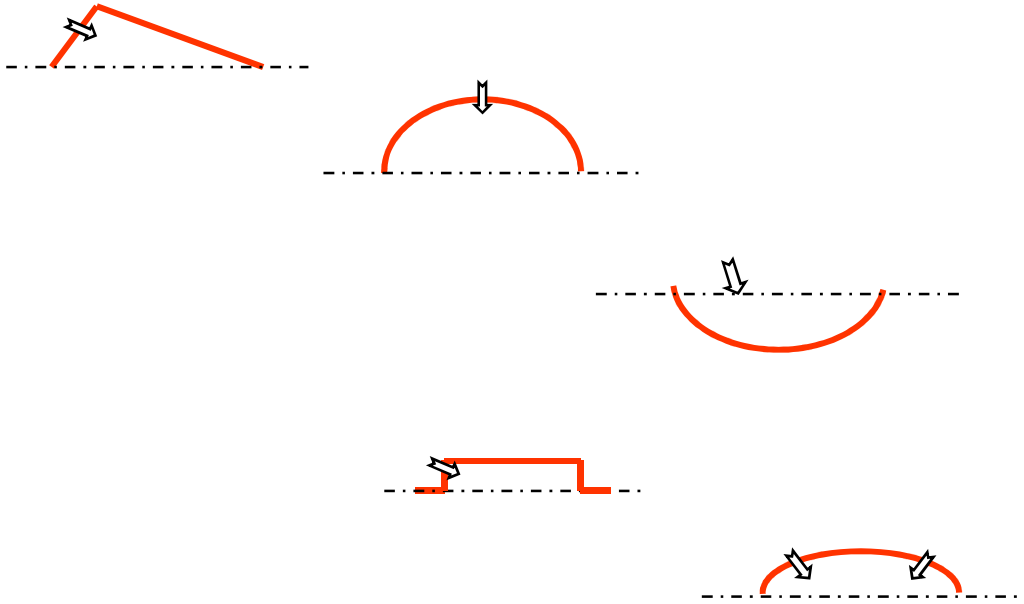
3- تغییرات ترکیب لقیهای مکانیکی مختلف

4- تغییرات کمی و کیفی آشفتگی و گردبادها در هنگام احتراق

اثر عوامل مختلف بر احتراق عادی

عوامل	سرعت احتراق	پراکندگی چرخه ای	ملاحظات
سرعت دورانی↑	↑	↑	
حرکت گردبادی↑	↑	↓	شدت تلاطم منظم
بازده تنفسی↑	↑		فشار و دمای تنفس
پیشی در جرقه	کم	کم	در حوالی پیشی بهینه
غنا↑	↑تا ۱,۱۳ ↓	↓تا۱,۰۵ ↑	تحلیل اثر دود باقیمانده
جنس سوخت VL↑	↑	↓	
نسبت تراکم حجمی↑	↑	↓↓	

انواع طرحهای اتاق احتراق

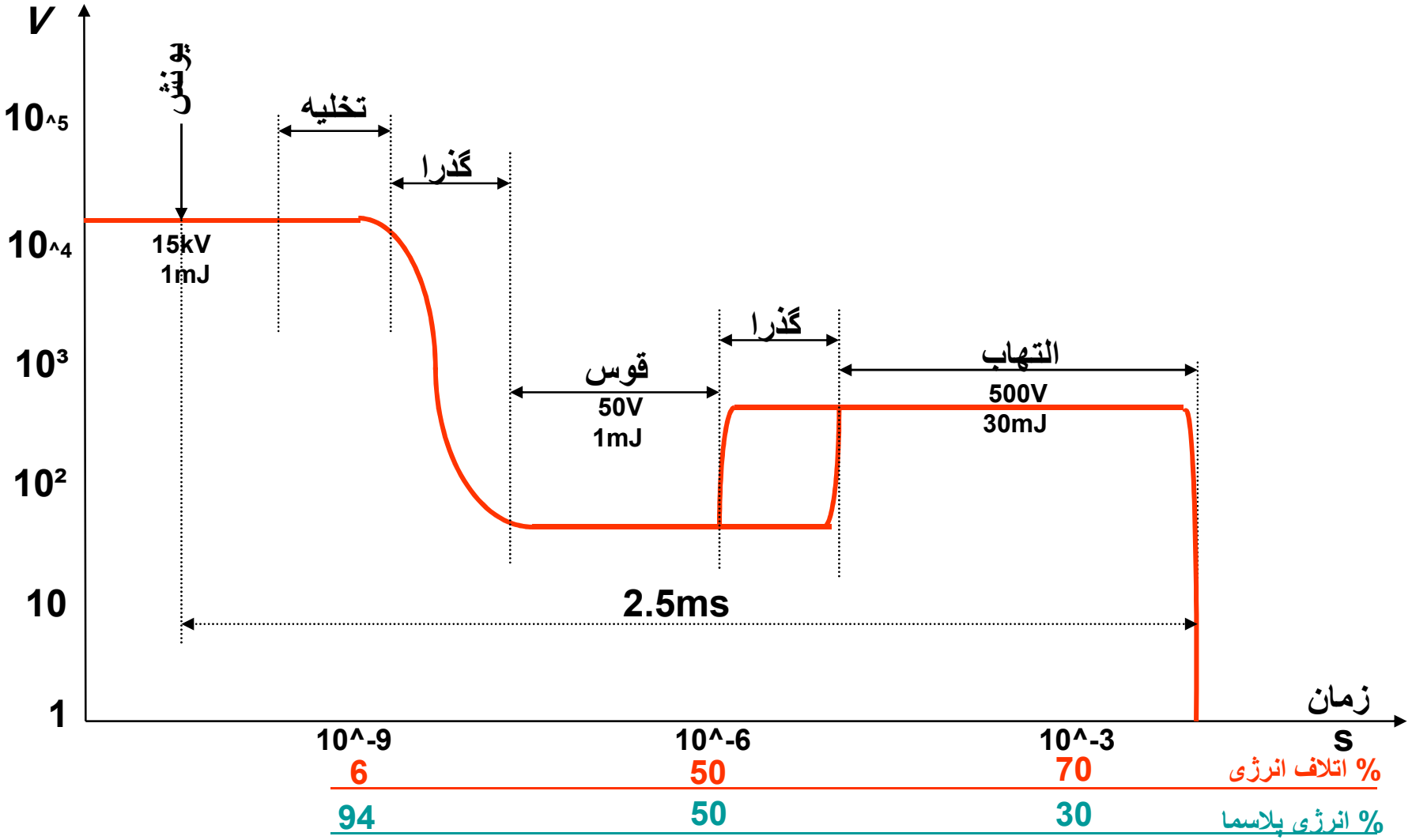


- مثلثی گوشه دار
- نیم کروی در بستار
- کاسه ای در سمبه
- استوانه ای در بستار
- چتری در بستار
- می فایربال اتاق احتراق در بستار با حرکت گردبادی شدید وTبزرگ و مخلوطهای فقیر
- فورداسپلیت اتاق احتراق در بستار و سمبه با حرکت گردبادی شدید وTبزرگ و مخلوطهای فقیر

افروزش

- شروع احتراق : راه اندازی شعلهٔ انتشار؛ سرعت احتراق متناسب است با مساحت جبههٔ شعله و بنابراین با قدرت جرقه
- با افزایش اختلاف فشار برق بین دو قطب شمع تا زمان تخلیهٔ بار برقی در مخلوط ، جریان یونش بین دو قطب آغاز می شود. با برقراری این جریان مقاومت برقی بین دو قطب شمع شدیداً کاهش و شدت جریان افزایش می یابد؛ این مرحله را تخلیه می نامیم .
- سپس مرحلهٔ برقراری قوس می رسد: پلاسمای استوانه ای شکل گسترش پیدا می کند (به دلیل انتقال گرما و انتشار شعله در مخلوط قابل اشتعال که برون گرماست).
- در انتها ممکن است مرحلهٔ التهاب رخ دهد که در آن مرحله انرژی ذخیره شده در مدار ، تخلیه می شود.

افروزش


V
یونش
تخلیه
گذرا
15kV
1mJ
گذرا
قوس
50V
1mJ
التهاب
500V
30mJ
2.5ms
10^5
10^4
10^3
10^2
10
1
زمان
10^-9
10^-6
10^-3
s
% اتلاف انرژی
6
50
70
% انرژی پلاسما
94
50
30

افروزش

- خلاصهٔ نکات اساسی در بارهٔ افروزش

1- از کل انرژی جرقه آن بخشی که در سطح جانبی پلاسما ظاهر می شود در افروزش مؤثر است . چگالی انرژی و تغییر دما در این لایه به روش تخلیه وابسته است ک هرچه مهلت و زمان کوتاه تر باشد چگالی انرژی و تغییردما بزرگتر است.

2- برای افروزش مخلوط باید شعاع هستهٔ جرقهٔ پلاسما از حد معینی بیشتر باشد این حد متناسب است با رقت مخلوط و نیز هرچه فشار بیشتر باشد کمتر است همچنانکه با افزایش سرعت انبساط پلاسما ، کاهش می یابد .

3- بعد از افروزش نرخ احتراق متناسب است با مساحت جناح شعله ، پس بهتر است از نوع تخلیه و هندسهٔ پلاسمایی استفاده شود که وسیع ترین منطقهٔ افروزش و تندترین سرعت انبساط پلاسما را به وجودمی آورد .

4- هرچه سرعت اولیهٔ شعله بیشتر شود مدت زمانی که انرژی افروزش به صورت مؤثربرای افروزش استفاده می شود کاهش می یابد : انرژی افروزش پس از اشتعال اثر مختصری برانتشار شعله دارد.

افروزش

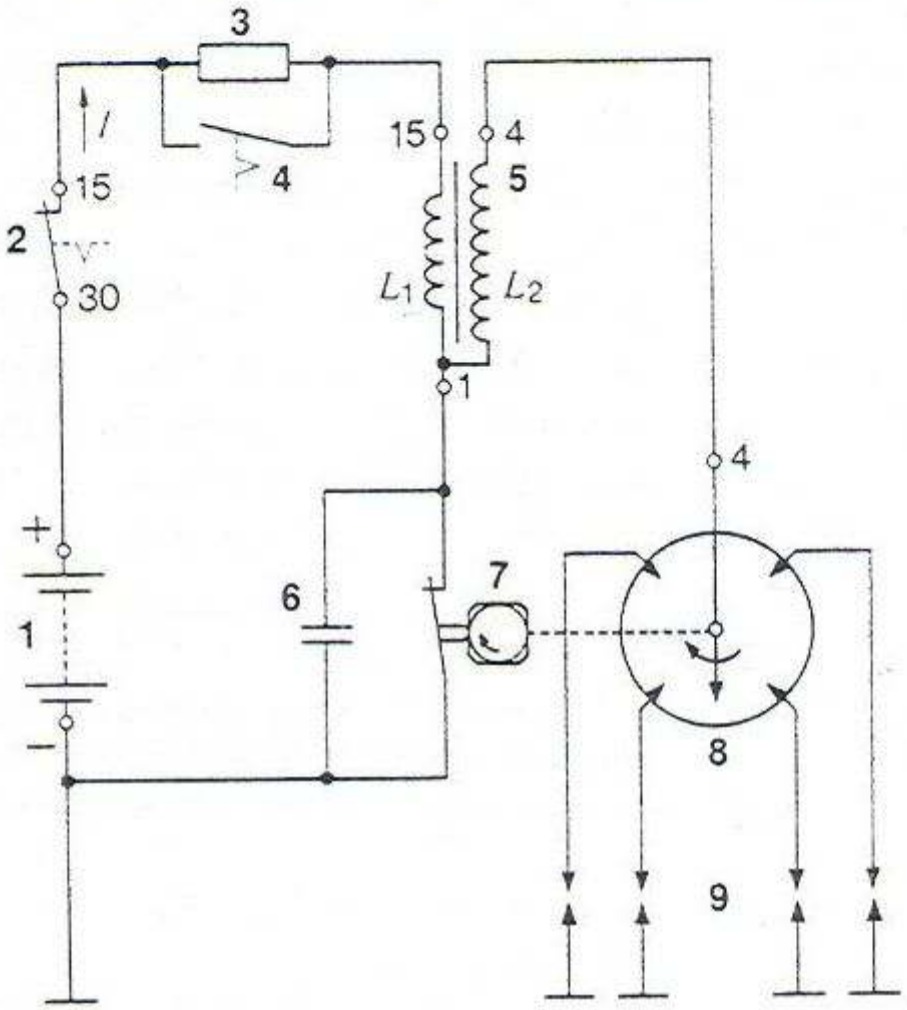
- روشهای افروزش :

1. سیم پیچ القائی
2. ترانزیستوری
3. مدیریت هوشمند

- فاصلهٔ قطبهای شمع 0.5 تا یک میلیمتر: فاصلهٔ کم ← خطر عدم افروزش به دلیل کافی نبودن حجم گاز تحریک شده ؛ فاصلهٔ زیاد ← نیازمند فشار قویتر برق .
- فشار برق بین قطبهای شمع 12 تا 20 کیلوولت
- پیشی در جرقه یک مؤلفهٔ ثابت دارد در حدود $4\sim10^\circ cr$ که بدان مقادیر اصلاحی افزوده می شود (رواداری هرکدام$\pm2^\circ$) :

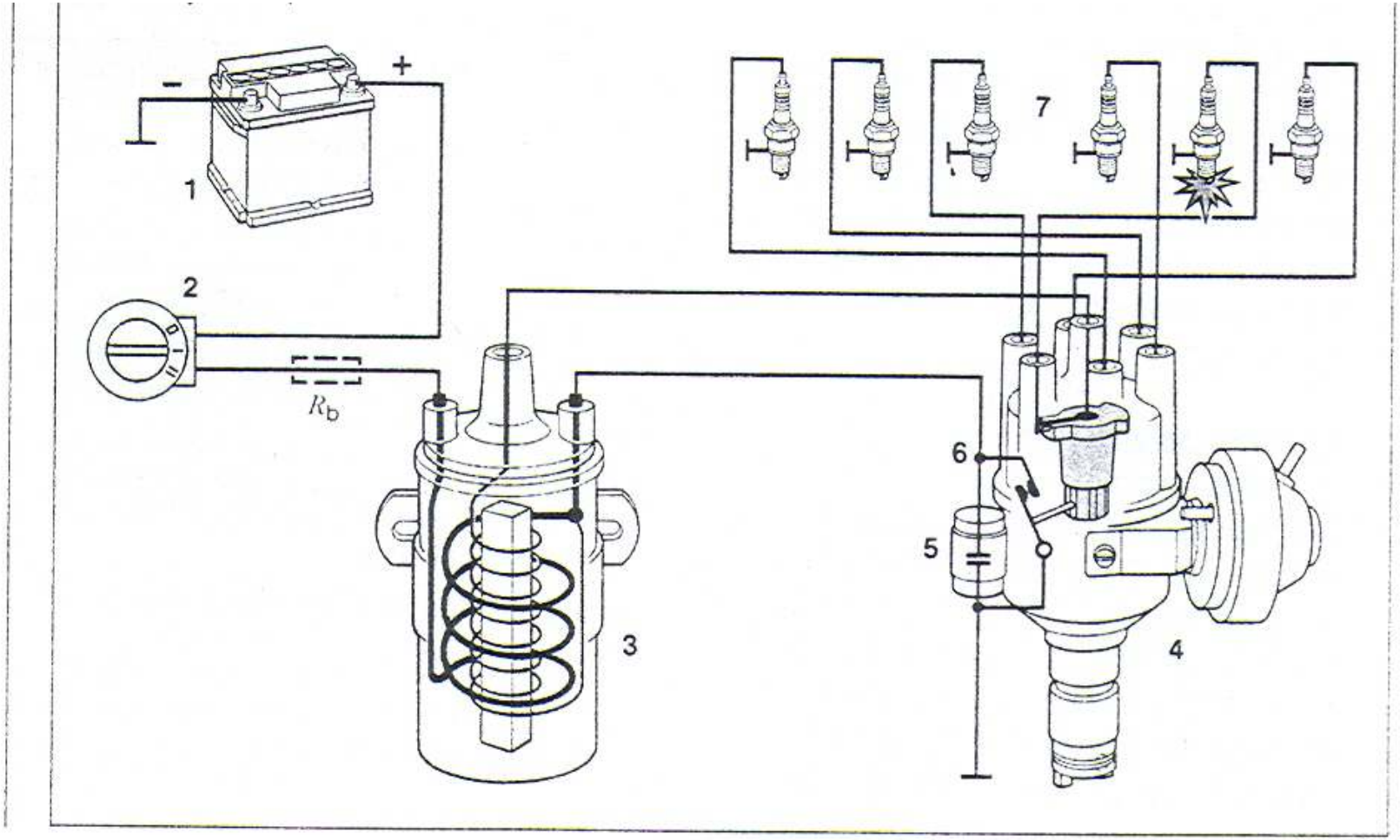
1. اصلاحیهٔ سرعت دورانی
2. اصلاحیهٔ بار (به دلیل کاهش فشار و دمای درون استوانه و بنابراین کاهش سرعت شعله)
3. نضج گرفتن شعله به مدت زمان ثابت $0.5ms$ نیاز دارد

مدار افروزش با سیم پیچ القائی (1913)

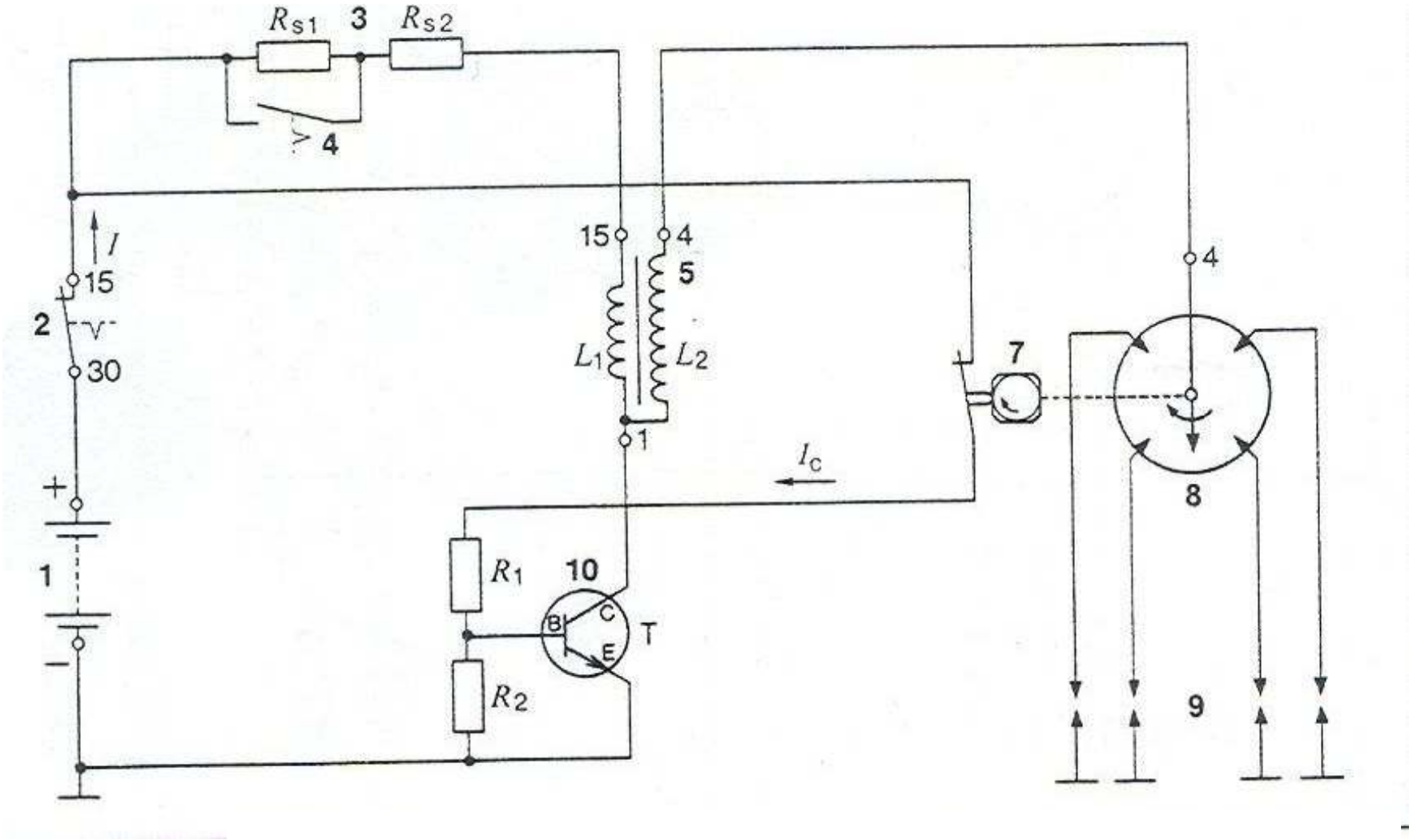


سامانهٔ جرقه در موتورهای قدیمی

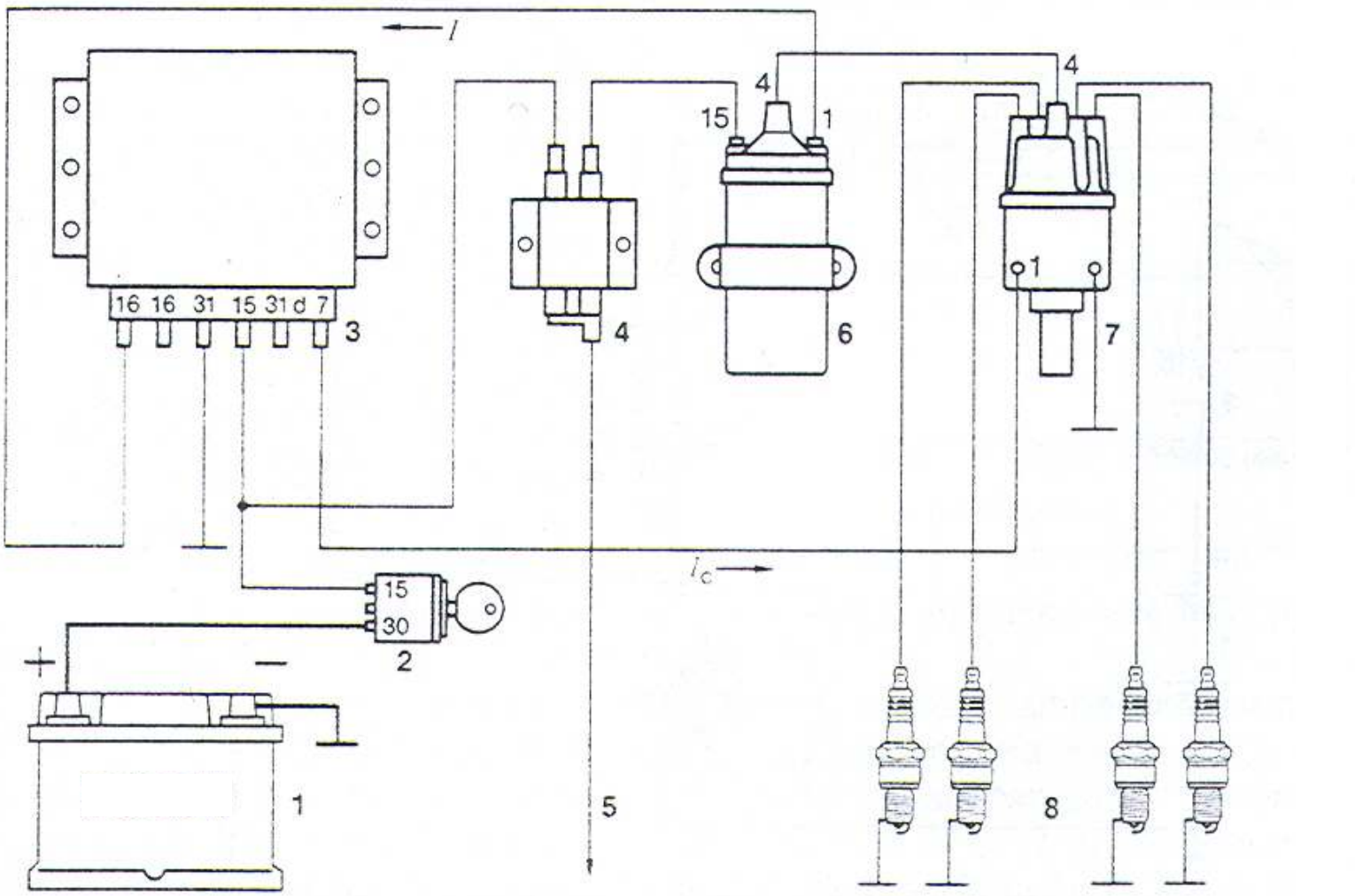
(سیم پیچ القائی DELCO)



سامانهٔ جزقه زنی ترانزیستوری (1965)

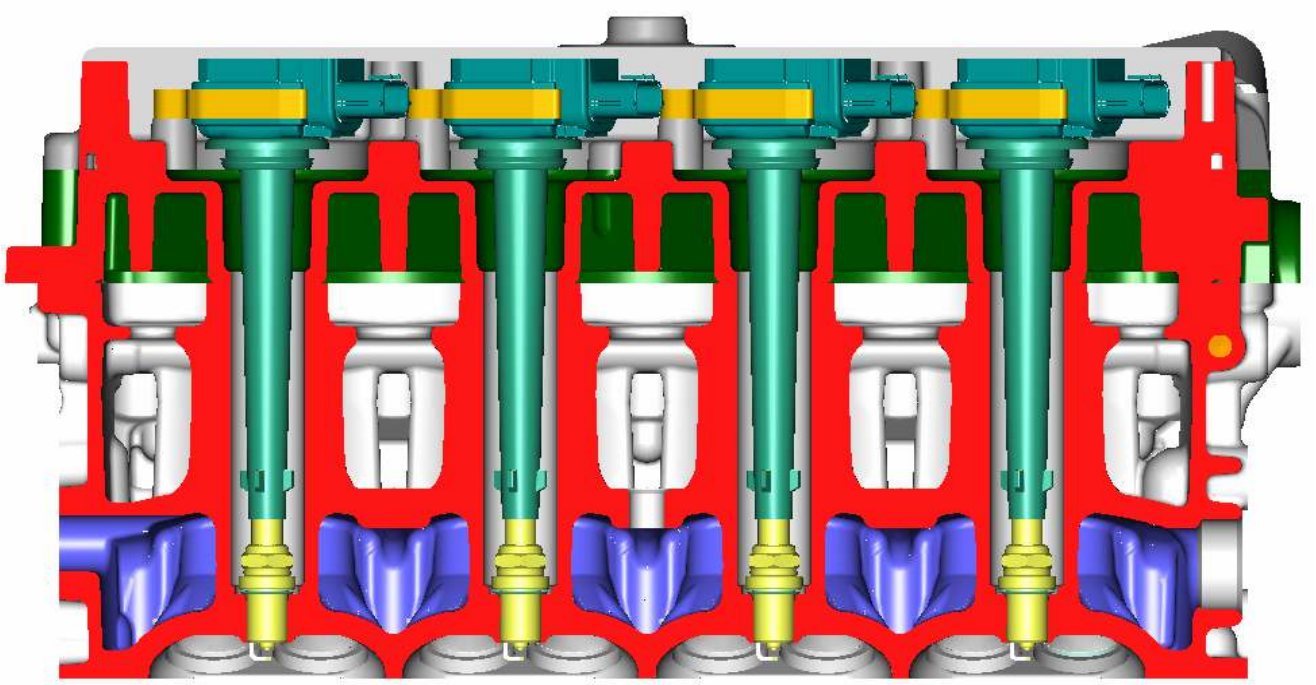


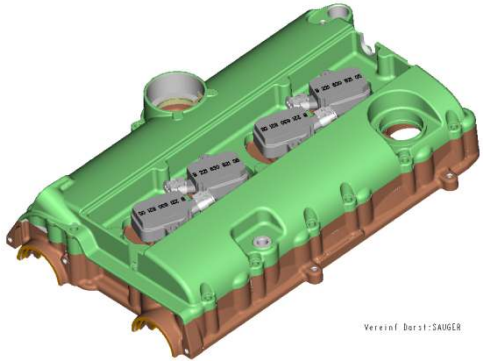
نمودار اجزاء و اتصالات در مدار افروزش TI_B



1- انباره،2- کلید افروزش و راه اندازی، 3- جعبهٔ ترانزیستور افروزش، 4- مقاومت مبنا ، 5- بافهٔ اتصال به موتور راه انداز، 6- سیم پیچ افروزش، 7- توزیع کننده، 8- شمع ، I جریان اولیه ، Ic جریان مدیریتی

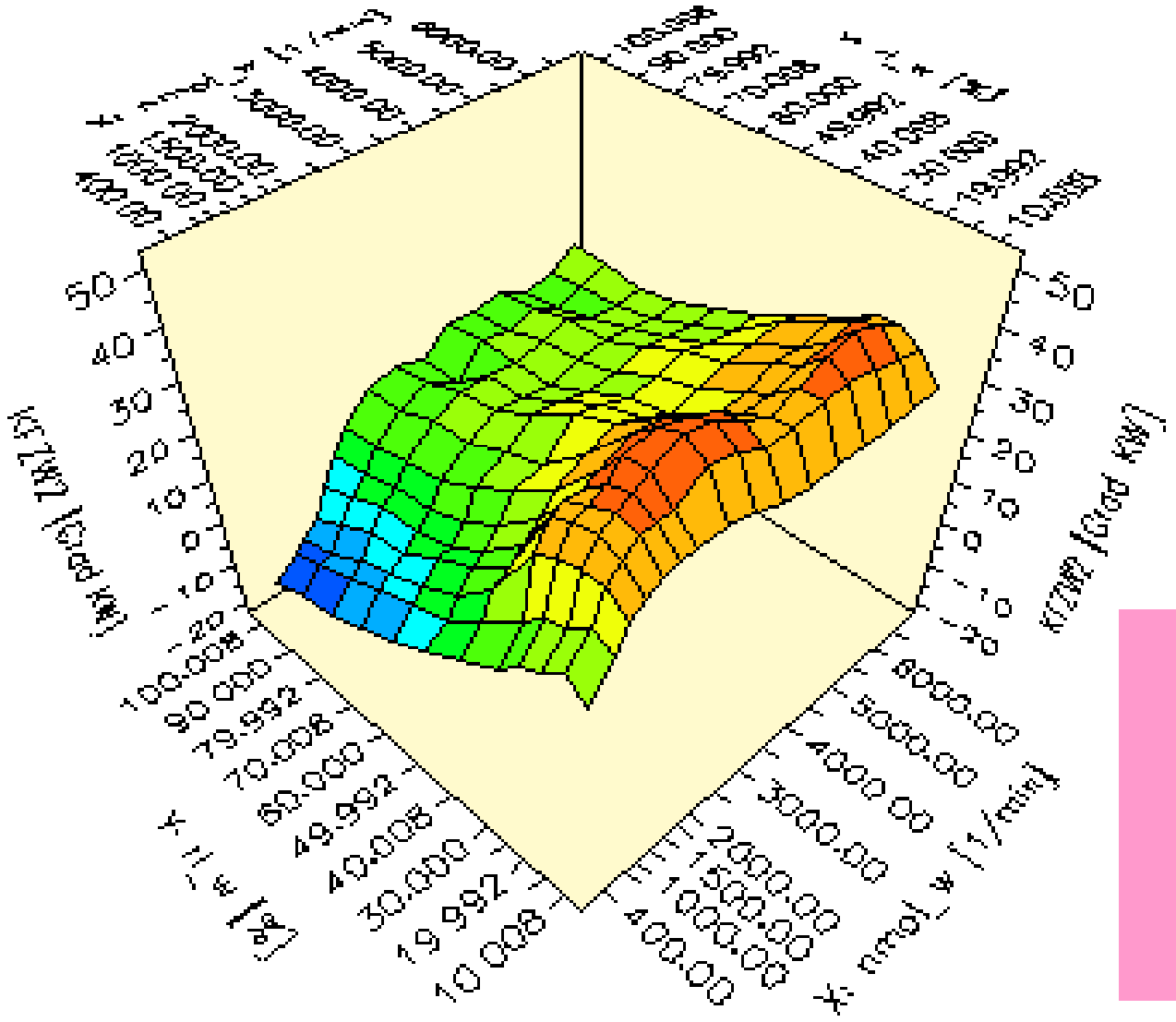
سامانهٔ هوشمند جرقه زنی





جداول پيشرسي جرقه موتورEF7

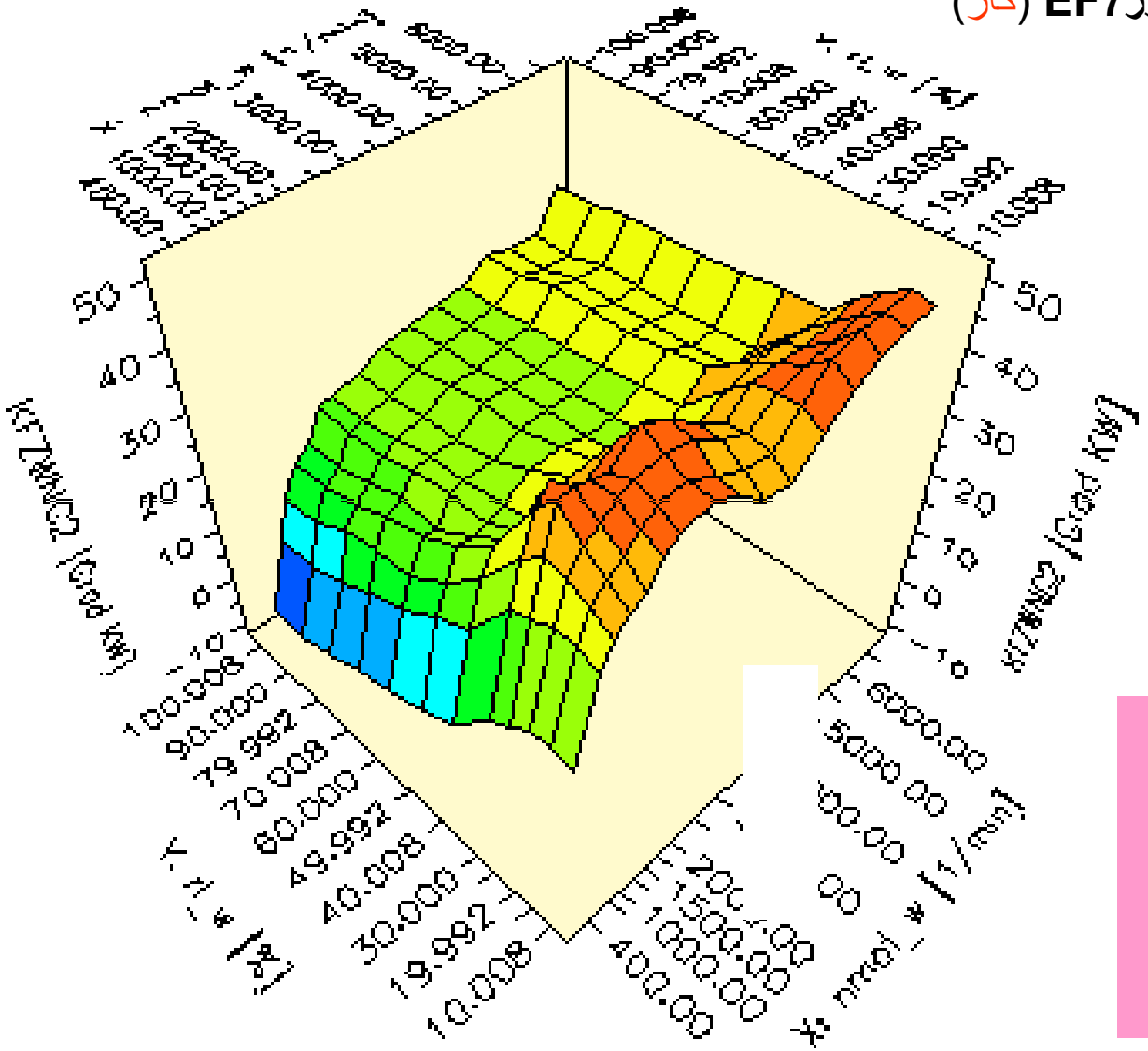
منحنی نگاشت پیشرسی جرقه برای موتورEF7 (بنزين)



محور **rl_w**: معرف بار نسبي موتور
(درصد هواي تازه ورودي به موتور)
محور **nmot_w**: سرعت دوراني موتور
محور عمودي: پيشرسي جرقه
برحسب زاويهٔ ميل لنگ

جداول پيشرسي جرقه موتورEF7

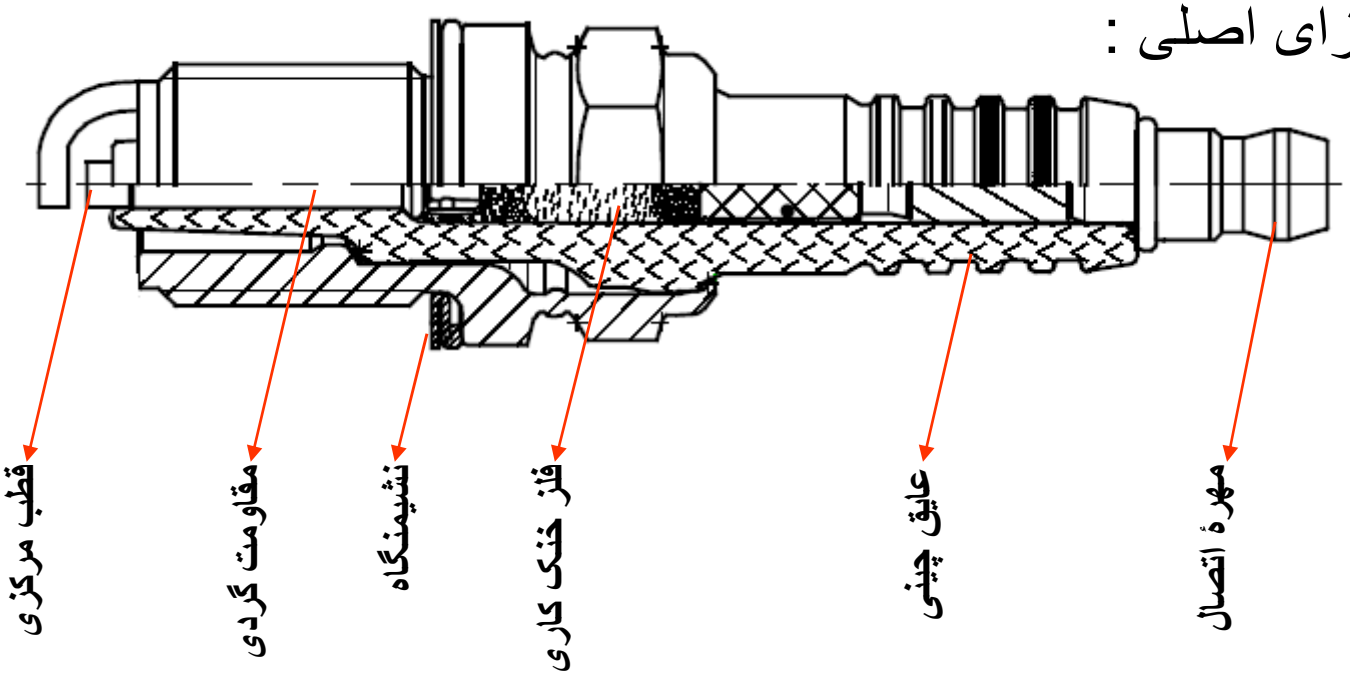
منحنی نگاشت پیشرسی جرقه برای موتورEF7 (گاز)



محور **rl_w**: معرف بار نسبي موتور
(درصد هواي تازه ورودي به موتور)
محور **nmot_w**: سرعت دوراني موتور
محور عمودي: پيشرسي جرقه
برحسب زاويهٔ ميل لنگ

ساختار شمع

- مشخصات فنی :
  - جنس قطب: نیکل – ایتریوم
  - محدودهٔ دمایی: 8 (4 الی 9)
  - فاصلهٔ هوایی قطبها: 0.75
  - طول عمر: 30000 کیلومتر
- اجزای اصلی :



افروزش

- هنگام باز شدن مدار، $\frac{dI}{dt}$ بزرگتر از هنگام بسته شدن است
- محدودیت سامانهٔ چکش برق تا 400 جرقه در ثانیه.
- دمای قطب مرکزی شمع بین 400 و 850°C باشد :

  اگر دما خنک تر از 350°C باشد←رسوب دوده.

  اگر دما گرمتر از 800°C باشد←خطر پیش افروزش.
- بهتر است قطب مرکزی منفی و گرم باشد تا جریان الکترونها تسهیل شود.

افروزش

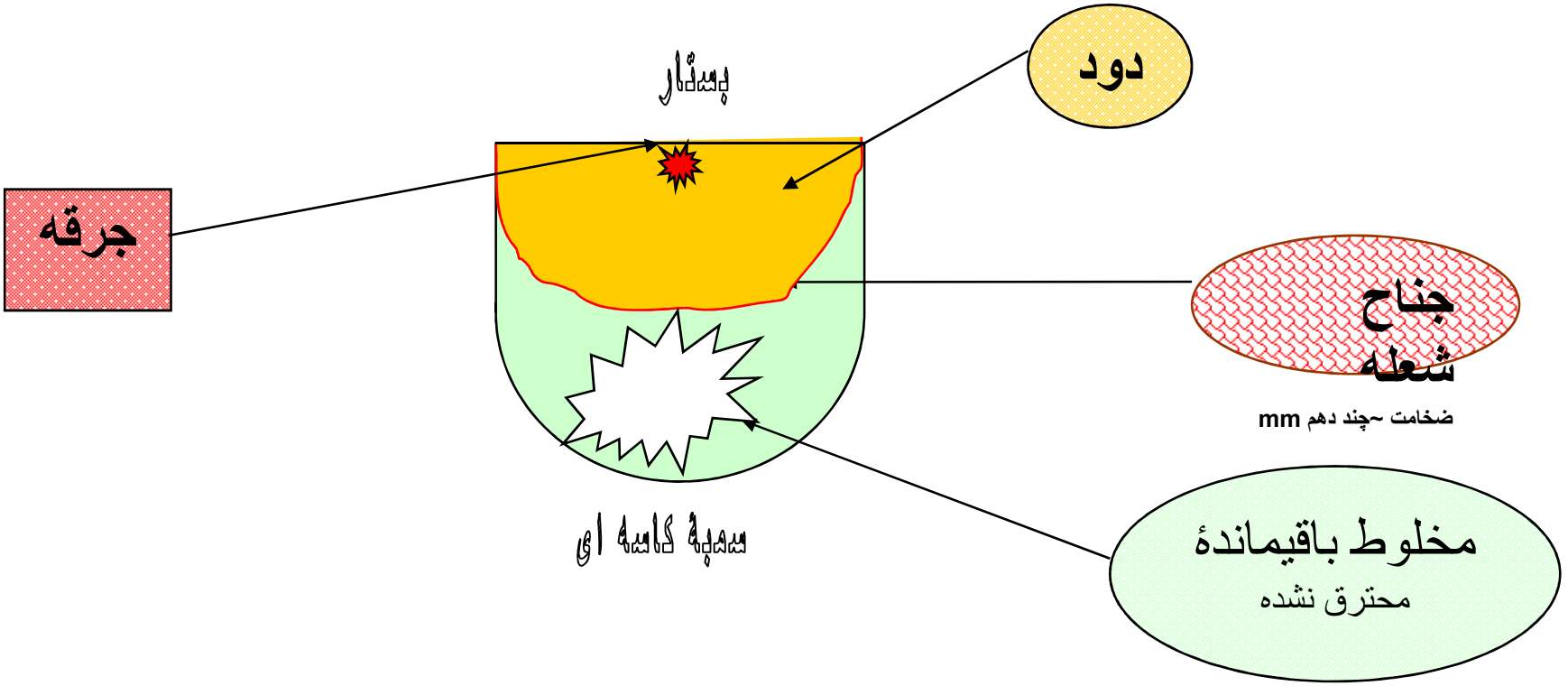
- توجه : دمای مناسب قطبها و لبهٔ عایق مرکزی ممکن است به حدود 800تا 950°C برسد.
- امروزه تنظیم موتورها برای رسیدن به گشتاور بیشینه است: از لحاظ زمان بندی جرقه←کمترین پیشی مورد نیاز
- آزمایش نشان می دهد $\frac{p_{me}}{p_{me_{\max}}} = 1 - (\frac{\Delta\theta}{53})$ که در آن $\Delta\theta$ تغییر درجهٔ پیشی نسبت به درجهٔ گشتاور بیشینه است.
- وقتی مخلوط رقیق می شود(چه با هوا ، چه با دود) مدت احتراق و مهلت اشتعال افزایش می یابد به همین دلیل با افزایش سرعت دورانی (مهلت اشتعال) و پیشی در جرقه افزایش می یابد.

مزایای استفاده از سامانهٔ جرقه زنی هوشمند

- امکان نظارت دقیق بر فرآیند تکمیل سیم پیچ.این فرآیند در نمونه های قدیمی به کمک زاویهٔ ثابتی از بادامک صورت می گرفته است که در دورهای تند زمان کمتر و در دورهای کند زمان بیشتری صرف تکمیل سیم پیچ می شد. این امر به انتخاب سیم پیچ بزرگتر و در برخی مواقع سوختن آن می انجامید.
- حذف قطعاتی مانند چکش برق (پلاتین) که به دلیل تغذیهٔ مدام جریان آسیب می دید؛ همین طور حذف توزیع کنندهٔ جریان در صورت استفاده از سیم پیچ های جداگانه میسر است.
- امکان نظارت لحظه ای و سریع پیش رسی جرقه که در نتیجهٔ آن امکان دستیابی به قابلیت رانندگی مناسب در شرایط مختلف دینامیکی ایجاد می گردد.
- حذف پیش رسی خلایی و وزنه ای و جایگزینی آن با سامانه هایی که وابستگی مستقیم به شرایط کاری موتور دارند.
- امکان عیب یابی مدار شامل سیم پیچ ها، شمع ها و دسته سیم به همراه ارسال اطلاعات به صورت هوشمند به استفاده کننده.

6-احتراق غیر عادی
موتورهای اشتعال جرقه ای

نمایش احتراق غیر عادی



شکل گرفتن کوبش در مخلوط باقیماندهٔ محترق نشده

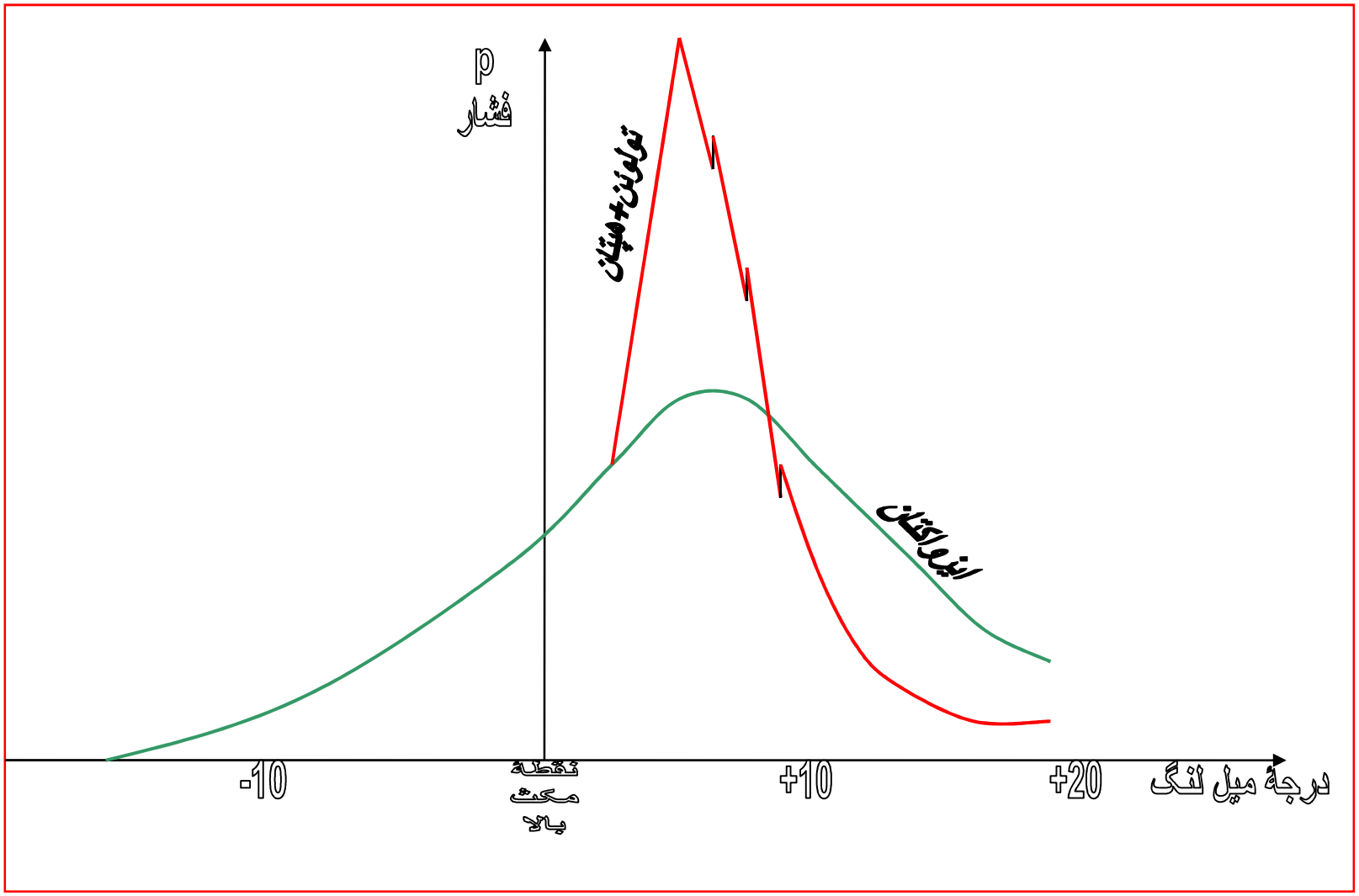
تعریف کوبش

اشتعال خودبخودی و یکپارچهٔ مخلوط باقیماندهٔ محترق نشده

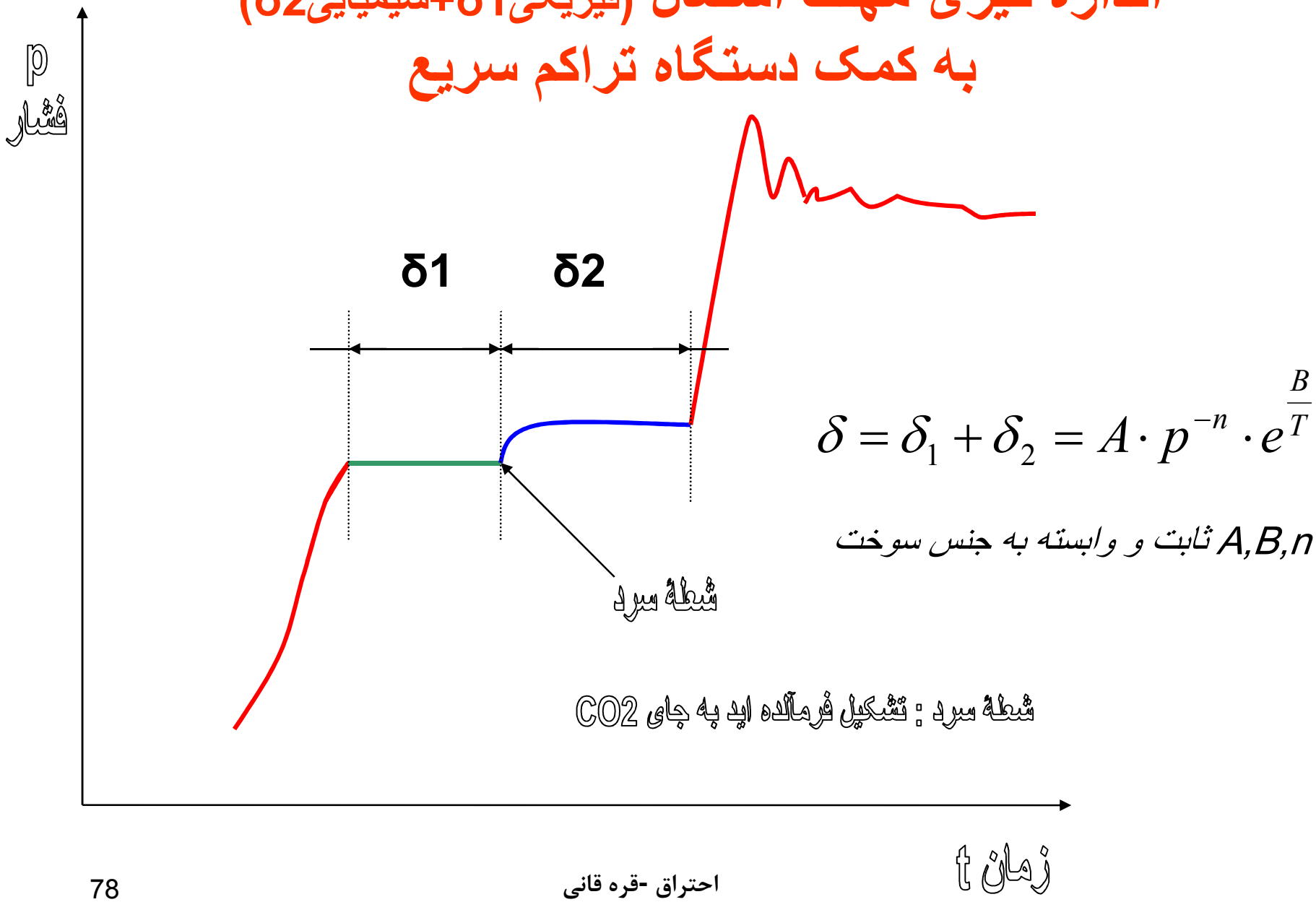
اثبات پیش واکنشها در مخلوط باقیمانده :

- به کمک روش موتورگردانی Dumanois
- با فیلمبرداری سریع Mahle
- به کمک دریچهٔ پرنده Ricardo
- به کمک دستگاه تراکم سریع

روند کوبش با توجه به منحنی فشار در موتور



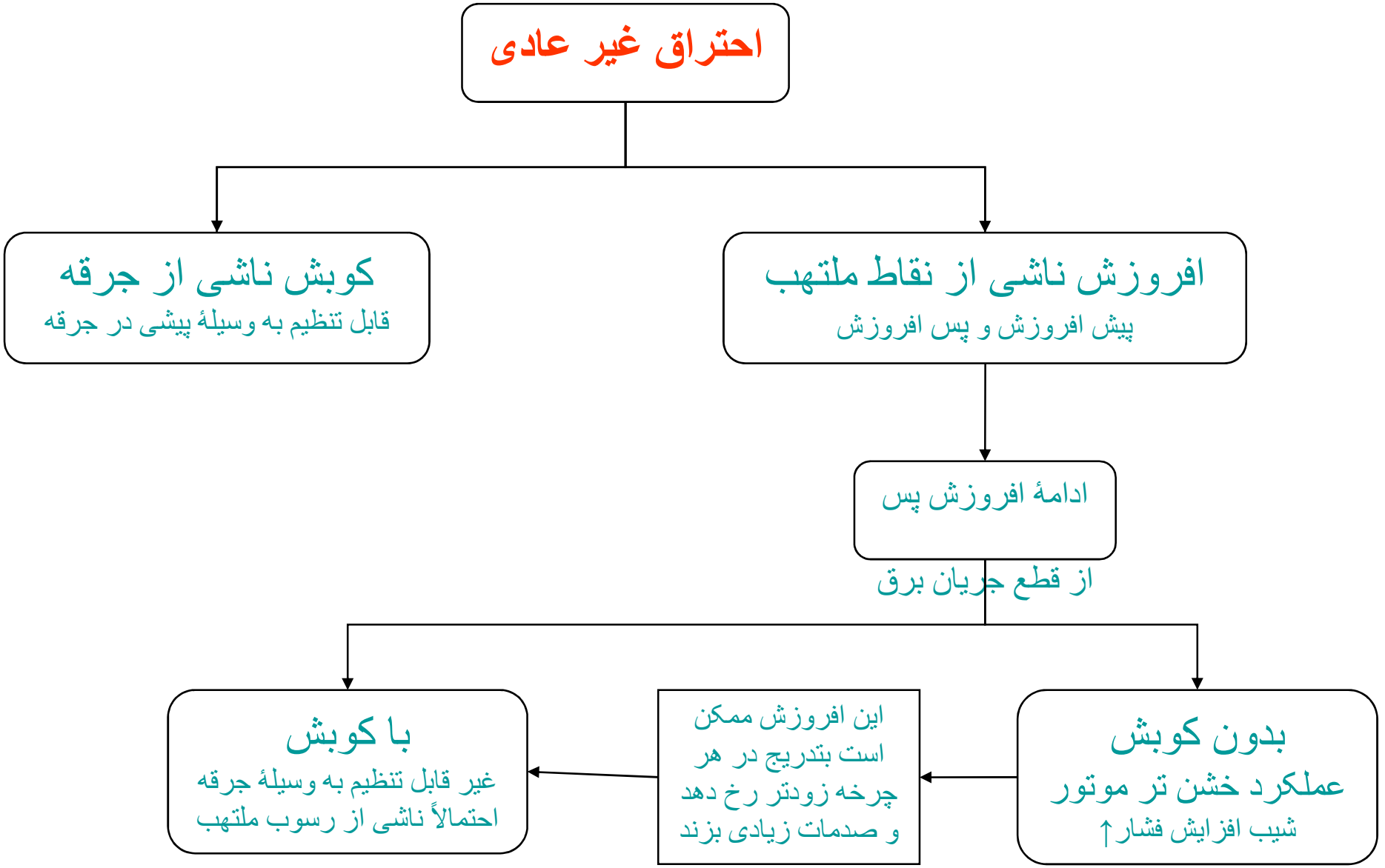
اندازه گیری مهلت اشتعال (فیزیکیδ1+شیمیاییδ2)
به کمک دستگاه تراکم سریع



$$\delta = \delta_1 + \delta_2 = A \cdot p^{-n} \cdot e^{\frac{B}{T}}$$

A,B,n ثابت و وابسته به جنس سوخت

شعلهٔ سرد : تشکیل فرمآلده اید به جای CO2


احتراق غیر عادی
کوبش ناشی از جرقه
قابل تنظیم به وسیلهٔ پیشی در جرقه
افروزش ناشی از نقاط ملتهب
پیش افروزش و پس افروزش
ادامهٔ افروزش پس
از قطع جریان برق
بدون کوبش
عملکرد خشن تر موتور
شیب افزایش فشار↑
این افروزش ممکن
است بتدریج در هر
چرخه زودتر رخ دهد
و صدمات زیادی بزند
با کوبش
غیر قابل تنظیم به وسیلهٔ جرقه
احتمالاً ناشی از رسوب ملتهب

بررسی تحلیلی مهلت اشتعال

- در احتراق غیر عادی آنچه برای مهندس موتور مهم است دما و فشار نیست زیرا این دو خیلی زود ازمحدودهٔ اکسایش به محدودهٔ قابلیت اشتعال خودبخودی می رسند ، بلکه زمان یا مهلت اشتعال خودبخودی است که عامل بحرانی است. این مهلت اشتعال خودبخودی وابسته است به غنا و برای غنای 0.9~1 به مقدار کمینه می رسد (*4ms* برای مخلوط ایزواکتان و هوا) .
- مهلت اشتعال برای ایزواکتان :

$$\delta = 1.869 \cdot 10^{-2} \cdot p^{-1.7} \cdot e^{\frac{3800}{T}}$$

$$\delta : s,\ p : kg/cm^2,\ T : K.$$

محدودهٔ تقریبی قابلیت اشتعال
مخلوط بعضی از سوختها در هوا

در فشار جو و 25°C نوع سوخت←	اکتان	ایزواکتان	هیدروژن	متان	متانول
حد کمینه :غنا&درصدحجمی		۱&۰,۶	۴&۰,۱	۵&۰,۵	۶,۷&۰,۵۱
حد بیشینه:غنا&درصدحجمی		۶&۳,۸	۷۴,۵&۶,۹	۱۵&۱,۷	۳۶&۴
دمای کمینهٔ اشتعال خودبخودی°C	۲۲۰	۶۷۰	۵۷۰	۵۸۰	۵۱۰

بررسی عوامل مؤثر بر احتراق غیر عادی (تمایل به کوبش)

با مقایسهٔ سرعت احتراق عادی (پیشرفت شعلهٔ انتشار) و سرعت واکنشهای زنجیره ای منجر به اشتعال خودبخودی

عوامل↓	سرعت احتراق	مهلت	تمایل به کوبش	ملاحظات
↑T	↑	↓	↑	نسبت تراکم بهینه
N↑	↑	↑↓	↓	اثر آشفتگی و وزش
طراحی↑	↑	↑	↓	گردباد عمودی
طراحی↑	↑	↑	↓	گردباد افقی
رسوبات↑	↑	↓↓	↑	معادل T↑و T↑
جنس سوخت			*	کمینهٔ مهلت با :r~0.9-1
مواد افزودنی↑	-	↑	↓	تترا اتیل سرب؛MTBE

*اثر جنس سوخت

- در پارافینها ،

افزایش طول زنجیره تمایل به کوبش را افزایش می دهد

شاخه ای شدن همپارها تمایل به کوبش را کاهش می دهد

اتصال مضاعف بعد از پروپیلن تمایل به کوبش را کاهش می دهد

اتصال مضاعف قبل از پروپیلن تمایل به کوبش راافزایش می دهد

- نفتن ها نسبت به آروماتیک ها تمایل بیشتری به کوبش دارند
- افزایش طول شاخه تمایل به کوبش را افزایش می دهد

راههای محافظت در مقابل کوبش

1. اصلاح طراحی (نسبت تراکم حجمی، شکل اتاق احتراق...)
2. حاشیهٔ امن نسبت به پیشرسی جرقه (2 تا4 درجهٔ میل لنگ)
3. استفاده از افروزش وابسته به کوبش
4. تطبیق موقت پیشی در جرقه
5. تزریق آب
6. بازگردانی بخشی از دود
7. استفاده از مخلوط دو سوخت (بنزین+اتانول،برای شرائط سخت)

عدد اکتان

تعریف : مقاومت سوخت در مقابل اشتعال خودبخودی

اندازه گیری : مقایسه با مخلوطی از دو سوخت مرجع با همان مقاومت

سوختهای مرجع : ایزواکتان یا 224تری متیل پنتان (عدد100) و

هپتان نرمال (عدد صفر)

ابزار : موتورCFR در شرائط عملکردی (MON) یا تحقیق (RON) :

1- عملکردی : دمای تنفس 149°C ، N=900 rpm ، پیشی در جرقه متغیر 19<α<26°

2- تحقیق : دمای تنفس 59°C ، N=600 rpm ، پیشی در جرقه ثابت α=13°

حساسیت سوخت : RON-MON با توجه به : RON>MON ؛

پارافینها کمتر و اولفینها و آروماتیکها بیشتر حساسند

عدد اکتان توزیع : DON ؛ با توجه به تغییراتی که در طول حمل سوخت و نگهداری رخ می دهد

عدد اکتان جاده ای :ONr =a.RON+b.MON+c ؛ که در آن : a≈b≈0.5

معمولاً سوختهای حساس عدد اکتان جاده ای کوچکتری دارند

سوخت←	متانول	اتانول	TBA	MTBE	بنزین عادی	بنزین ممتاز
←(R+M)/2	۱۱۲	۱۱۰	۹۸	۱۰۵	۸۷	۹۵

روشهای افزایش عدد اکتان

الف – پالایشگاهی : 1- شکست ملکولی به کمک افزایش دما و فشار؛

2- شکست ملکولی با استفاده از واکنشگر؛

3- بسپارش میعانات گازی ؛

4- شکست ملکولی گازدر حضور بخار آب

ب – اختلاط با سوختهای غیر نفتی مقاوم در مقابل کوبش مانند الکلها و ستنها و آمینها

ج – استفاده از مواد افزودنی :

1- تتراتیل سرب + دی برمور و دی کلروراتیلن $0.2\sim0.8 cm^3/\ell$

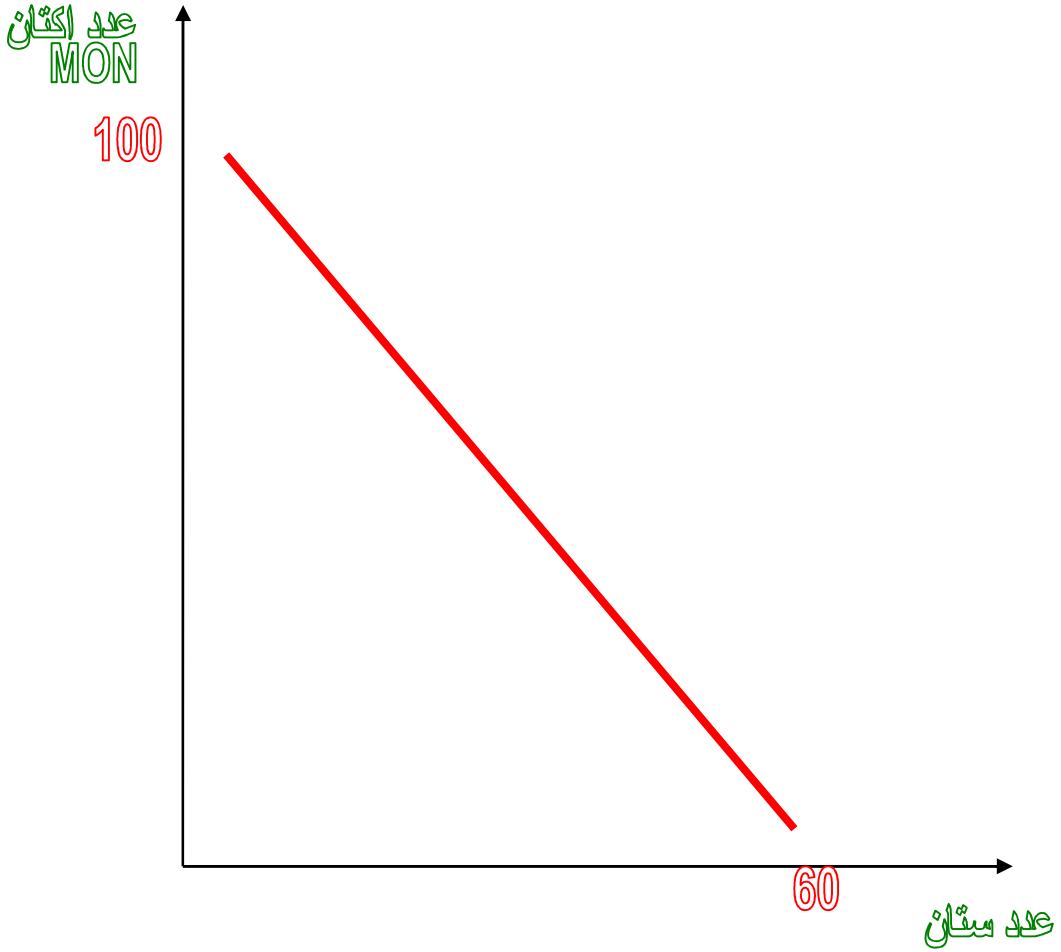
2- تترا متیل سرب (این مواد مشکلات جدی زیست محیطی دارند)

توجه : افزایش هر نمره عدد اکتان معادل افزایش 1.3% مهلت اشتعال است

تاریخچهٔ استفاده از الکیلهای سرب

- Thomas Midgley در زمان جنگ جهانی اول و دستیارش و دستیارش A.Boyd به وسیلهٔ شرکت GM مأموریت یافتند مواد افزودنی که تمایل به کوبش را کاهش می دهد جستجو کنند.آنها سریعاً به سراغ مواد آلی فلزی رفتند که چند سال پیش از آن Victor Grignard اثر آنها را کشف کرده بود .
- سی هزار ماده آزمایش شد و در سال 1921 از تترااتیل سرب $Pb(C_2H_5)_4$ استفاده شد. ولی رسوبات سربی روی دریچه و شمع مانع کاربرد آن خصوصاً در هواپیمایی گردید تا در1923 که دی بروموراتان $C_2H_4Br_2$ و دی کلروراتان $C_2H_4Cl_2$ را برای اصلاح بدان افزودند و مجموعه ای آماده شد برای مصرف. بعداً از $Pb(CH_3)_4$ نیز بهره برداری شد.حدود مصرف آن 0.4~0.8g.Pb/ℓ است.
- سرب موجب رسوباتی می شود که هم توان و هم بازده را کاهش می دهد.تفاوت رسوبات در موتوری که با سرب کار می کند و بدون آن 4 ای 5 برابر می شود ک تأثیر آن بر بازده بترتیب 0.9% و 0.25% و بر توان 3.7% و 1.6% است(به طور متوسط بعد از سی هزار کیلومتر).
- حذف سرب باعث سایش دریچه ها و نشیمنگاهشان می شود.
- استفاده از تترااتیل سرب به دلائل محیط زیست در اغلب نقاط جهان از سال 2000 ممنوع شد.

تناسب عدد اکتان و عدد ستان



عدد متان

- تعریف : شاخصی برای سنجش مقاومت سوختهای گازی که عدد اکتانشان بزرگتر از 100 است
- سوختهای مرجع : CH4(نمرهٔ 100) و H2(نمرهٔ صفر)
- مثال : گاز پروپان 34 ؛ گاز بوتان نرمال 10 ؛ گاز طبیعی روسیه 82.5 .

نیاز موتور به عدد اکتان

توجه : عدد اکتان کیفیت سوخت را بیان می کند ؛ برای موتور نیاز به عدد اکتان را مطرح می کنند .

1- هر یک عدد افزایش نسبت تراکم حجمی بین 4 تا 7 نمره نیاز را افزایش می دهد

2- با افزایش هر درجهٔ میل لنگ پیشی در جرقه α به طور متوسط یک نمره نیاز افزایش می یابد

3- وقتی مقدار مخلوط گازهای تنفسی از 100% به 95% و 90% می رسد نیاز 2 تا 3 نمره کاهش می یابد

4- پرخورانی باعث افزایش نیاز می شود

5- کاهش ارتفاع نسبت به سطح دریا باعث افزایش نیاز می شود

6- افزایش دمای تنفسی از 25°C به 50°C ، بسته به نوع سوخت ، نیاز را از 1 تا 4 نمره افزایش می دهد

7- اگرغنا از مخلوط درست به مخلوط غنی تغییر کند نیاز کاهش می یابد

8- حرکت گردبادی داخل اتاق احتراق نیاز را کاهش می دهد : نیاز طراحی ساده 103 و طراحی ویژه 97

نیاز موتور به عدد اکتان (ادامه)

9- نیاز موتورهای هوا- خنک (به شرط مشابهت سایرعوامل) به عدد اکتان بیشتر است

10- با سپری شدن عمر موتور و طی 10 الی 40 هزار کیلومتراول ابتدا نیاز 6 تا 7 نمره افزایش می یابد و سپس تثبیت می شود

11- با افزایش رطوبت هوا نیاز کاهش می یابد

12- با افزایش دمای خنک کاری موتور نیاز افزایش می یابد

13- با کاهش سرعت دورانی نیاز افزایش می یابد

14- با کاهش بار نیاز به عدد اکتان کاهش می یابد

15- بازگردانی دود دربارهای جزئی نیاز را کاهش می دهد

16- استفاده از ضد یخ (گلیکول) در مدار آب خنک کاری نیاز را افزایش می دهد

17- رواداشتها ی ساخت و تولید موتور و شرائط عملکرد بر نیاز اثر می گذارند

نیاز موتورهای دو هنگامه

- در موتورهای دو هنگامه نسبت تراکم حجمی کوچکتر و نرخ تنفس نیز کمتر است (حدود 40 تا 60%) بنابراین در تمام قدرت فشار بیشینهٔ احتراق به 18 تا bar30 محدود می شود و نیاز به عدد اکتان در حدود 50 تا 60 است .
- در این موتورها معمولاً کارآمدی کم است و اگر تمام عملیات تنفس و انتقال بهبود یابد شرائط موتور بهتر می شود ؛
- مقدار روغن مورد نیاز در حدود 2 تا 6% سوخت است.

مسائل موتورهای گاز سوز

1- گاز طبیعی CH4 : سرعت انتشار شعلهٔ متان (VL) کندتر از سائر هیدروکربورهاست (خصوصاً در مخلوطهای فقیر) :

غنا ← سوخت	متان	بوتان	ایزواکتان
۰,۸	۳۰ cm/s	۳۸	۳۷,۵
۰,۹	۳۸,۳	۴۲,۶	۴۰,۲

مسائل موتورهای گاز سوز(ادامه)

بنابراین باید پیشی در جرقه را از 5 تا 10 درجهٔ میل لنگ و گاهی 20 تا 30 درجه (در مخلوطهای فقیر) افزایش داد .

افت توان نسبت به موتور بنزین سوز در حدود 10% است به دلیل کاهش توان گرمایی نسبت به واحد حجم مخلوط ؛

البته می توان نسبت تراکم حجمی را افزایش داد (تا حدود13 الی 14) و به بازده چرخهٔ دیزل نزدیک شد ؛

ضمناً از روش پرخورانی هم استفاده شده اما خطر کوبش افزایش می یابد .

راه حل دیگر استفاده از روش لایه بندی مخلوط است : در پیش اتاق مخلوط غنی است و مجرای ویژه ای برای رساندن آن مخلوط وجود دارد ؛ ادامهٔ احتراق در اتاق اصلی با مخلوط فقیر انجام می گیرد .

Waukesha اعلام کرده است به بهبود بازده از 7 تا 10% در غنای یک نائل شده است ؛

Baudry تا 15% را ادعا کرده است .

استفاده ازگاز طبیعی در خودرو نیاز به تراکم گاز دارد تا 250 bar تا پیمایش در حد مناسبی باشد .

به وسیلهٔ تنجارهای خانگی می توان فشار را به 22 تا 70 و حتی 170 bar رساند .

مسائل موتورهای گاز سوز(ادامه)

2- هیدروژن H2 . توان گرمایی جرمی آن تقریباً سه برابر سوختهای سنتی است :120971 kJ/kg ، سرعت انتشار شعلهٔ آن بسیار بزرگتراست : V_L=170cm/s در غنای یک ، در نتیجه مدت احتراق کوتاه تر است و به 12 درجهٔ میل لنگ می رسد (به جای 44 درجه برای ایزواکتان) .محدودهٔ قابلیت اشتعال مخلوط هوا و هیدروژن گسترده است : از 4 تا 74% حجمی و این باعث می شود که بتوان با مخلوطهای بسیار فقیر (غنای کمتر از 0.5) کار کرد .

آلودگیهای احتراق هیدروژن ناچیز است .

توان گرمایی مخلوط گازی 16% کمتر از حالت استفاده از بنزین است و این مخلوط تمایل شدید به اشتعال خودبخودی دارد لذا نسبت تراکم حجمی به 7 الی 8 محدود می شود .

نگهداری هیدروژن گازی تحت فشار 200 تا 350 bar یا به صورت هیدروژن مایع در دمای 235°C- مسائل مهمی می آفریند .

از لحاظ فنی باید بتوان به توان نسبی 100W/kg نائل آمد .

موتور دوگانه سوز

- تعریف : شروع احتراق دیزلی سپس بتدریج انتشار شعله در مخلوط گاز و هوا
- اولین موتور : در انگلستان در 1940
- امکان احتراق غیر عادی وجود دارد، به دلیل:

1. افزایش دما
2. ازدیاد پیشی در تزریق
3. رقت نامناسب
4. بار اغراق آمیز
5. وجود ذرات سوخت تقطیرشده در گاز
6. فقدان مشخصات لازم در گاز

- بنابراین: کاهش r ، کاهش دمای تنفس، کاهش نسبت سطح به حجم اتاق احتراق لازم می آید.

موتور دوگانه سوز(ادامه)

- ویژگیها:1- دمای سمبه $50°C$. کمتر از حالت دیزل است
  2- دما،فشار،ضریب متوسط انتقال گرما کمتر
- عملکرد:1- راه اندازی:ده دور کامل با هوای فشرده برای حذف گاز
  2- تزریق سوخت مایع در راه اندازی و سپس با افزایش
  توان مقادیر بیشتری مخلوط سوخت گازی با هوا محترق می شود
  3-اگر گاز قطع شود به صورت خودکار به دیزل برمی گردد
  4- امکان تبدیل در حین کار وجود دارد
  5- تغذیهٔ گاز در مرحلهٔ تنفس انجام می گیرد : حدود $90°Cr$

احتراق اشتعال تراکمی مخلوط همگن

- Homogeneous Charge Compression Ignition
- Controlled Auto-Ignition