

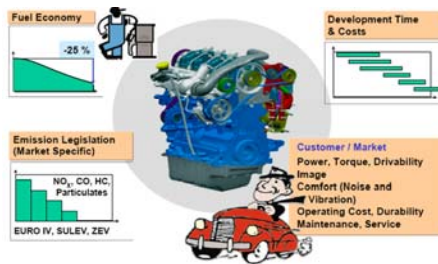
بسم الله الرحمن الرحيم

....ایاک نعبد و ایاک نستعین....

طراحی موتورهای درونسوز پیستونی Design of Internal Combustion Piston Engines

مهدی اخلاقی
استاد دانشکده مهندسی مکانیک
دانشگاه صنعتی امیرکبیر

طراحی موتورهای درونسوز پیستونی Future Requirements for Power trains



مهدی اخلاقی دانشکده مهندسی امیرکبیر

طراحی موتورهای درونسوز پیستونی

Design of Internal Combustion Piston Engines

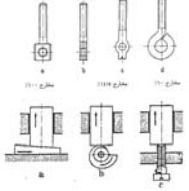
- آشنائی با طراحی مهندسی
- تاریخچه روند موتورهای درونسوز از دیدگاه طراحی مهندسی
- ترمودینامیک موتورهای درونسوز
- سامانه دینامیک موتورهای درونسوز شامل طراحی (و طراحی فرم) میل لنگ، دسته پیستون، پیستون با در نظر گرفتن تنشهای بار و مجاز و در نهایت چگونگی محاسبه و انتخاب یاتاقانهای لغزشی و غلتشی
- سامانه تعویض گاز شامل سوپاپها، سوخت رسانی، چند راهه مکش و آگزوز و در نهایت طراحی محفظه احتراق
- دورنمای موتورهای درونسوز

موسسه تخصصی طراحی مهندسی

آشنائی با طراحی مهندسی

Phases of the Engineering Design

- **روند تکمیل طرح:** شناخت جدید (مواد، روش کار، و منابع انرژی) ضروریات نو (اقتصادی، اجتماعی، سیاسی)
- **تصویر روشن و دقیق از درخواست:**
شناخت کافی از نیاز و تعیین هدف (کیفیت بالا، قیمت پایین، ایمنی زیاد، و یا ...؟؟؟؟)
- **حل مسئله و طرح راه حلهای جدید:**
یافتن راه حل جدید (جمع آوری اطلاعات، آنالیز ارزشی - افزایش نسبت قیمت فروش به مخارج-، تغییر راه حل- variations technique - و ...)
- **انتخاب راه حل**
شاخصهای مقایسه (بازده، صدا، اطمینان، عمرکار، فضای لازم، وزن، حساسیت به محیط و ...)



موسسه تخصصی طراحی مهندسی

آشنائی با طراحی مهندسی

Phases of the Engineering Design

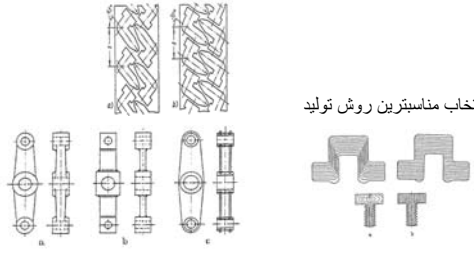
- **طراحی مقدماتی**
- تعیین ابعاد اصلی به کمک محاسبات تخمینی و ترتیب کلی طرح (طرحهای سری و یا موازی، تغییردر راستای کاهش فضا و وزن، سامانه جمع وجور، همبندی و ...)
- تقسیم بندی و توزیع طرح برحسب پیچیده گی به گروههای اصلی و هریک به گروههای فرعی (گروه اصلی سامانه حرکتی، سامانه تعویض گاز و...، گروه فرعی میل لنگ، میل بادامک و ...)
- رعایت قواعد طراحی صرفه جویی در مخارج طرح (استفاده از طرحهای موجود، بکارگیری اجزای استاندارد، رعایت قرینگی چپ و راست و...)، مخارج مواد(فرم مناسب، صرفه جویی در مواد عالی و ضایعات و...)، و در مخارج تولید(انتخاب مناسبترین روش تولید، افزایش تعداد، صرفه جویی در ماشین کاری سطوح و ..)

موسسه تخصصی طراحی مهندسی

آشنائی با طراحی مهندسی

Phases of the Engineering Design

صرفه جویی در ضایعات



انتخاب مناسبترین روش تولید

مهدی الهادی دانشگاه صنعتی امیرکبیر

آشنائی با طراحی مهندسی

Phases of the Engineering Design

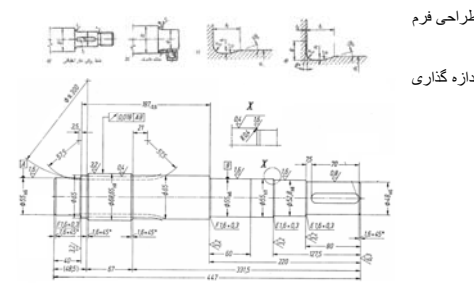
- **ارزیابی و کنترل**
- جستجوی نقاط بحرانی در ارتباط با تولید، همبندی، خوردگی، تعویض ساده، بکارگیری و
- بالانس استاتیکی و دینامیکی برای قطعاتی که در دوره های بالا کار میکنند.
- **طراحی نهایی**
- محاسبه تنشهای بار و تنشهای مجاز (کنترل استحکام) برای مقاطع حساس با رعایت بارهای اضافه، بارهای کور و ...
- طراحی فرم بلحاظ کاهش اثرات نقاط بحرانی
- رسم نهایی و اندازه گذاری

مهدی الهادی دانشگاه صنعتی امیرکبیر

آشنائی با طراحی مهندسی

Phases of the Engineering Design

طراحی فرم



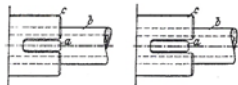
اندازه گذاری

مهدی الهادی دانشگاه صنعتی امیرکبیر

آشنائی با طراحی مهندسی

Phases of the Engineering Design

- مدل و آزمایش
- مدل کار (توجیه حرکات)
- مدل فرم (تقسیم بندی یا تاثیر کلی از حجم، تعیین مرکز ثقل، و ...)
- مدل آزمایش (تجمع تنش، اتفاقات احتمالی در حین کار و ...)
- رفع اشکالات
- شناسایی علت اصلی و تلاش در رفع آن




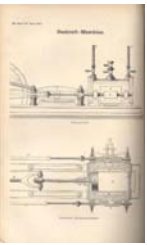
مهدی الهادی دانشگاه صنعتی امیرکبیر

تاریخچه روند موتورهای درونسوز از دیدگاه طراحی مهندسی


The History of the Internal Combustion Engines with regard to the Engineering Design

Lenior (1822-1900)





Hugens (1629-1695)



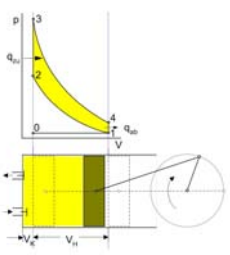

مهدی الهادی دانشگاه صنعتی امیرکبیر

تاریخچه روند موتورهای درونسوز از دیدگاه طراحی مهندسی

The History of the Internal Combustion Engines with regard to the Engineering Design

Nicolaus August Otto(1832-1891)

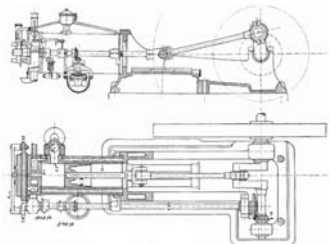
-جایگزینی سوخت (گاز آب) بمنظور
عدم وابستگی به مکان
-چهار زمانه

مهدی الهادی دانشگاه صنعتی امیرکبیر

تاریخچه روند موتورهای درونسوز از دیدگاه طراحی مهندسی
 The History of the Internal Combustion Engines with regard to the Engineering Design

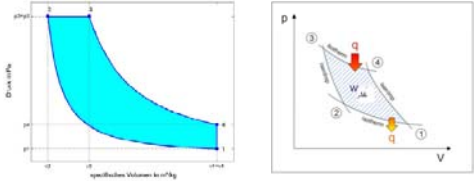
موتور گازی اتو در سال 1876



مهدی الهالکی دانشگاه صنعتی امیرکبیر

تاریخچه روند موتورهای درونسوز از دیدگاه طراحی مهندسی
 The History of the Internal Combustion Engines with regard to the Engineering Design

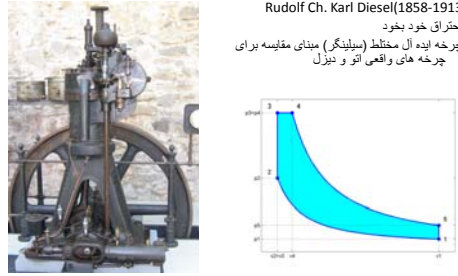
Rudolf Ch. Karl Diesel(1858-1913)
 -چرخه تراکم دینامیکی ایده آل فشار ثابت (دیزل) -جکابگیری چرخه کارنو با بهترین بازده حرارتی



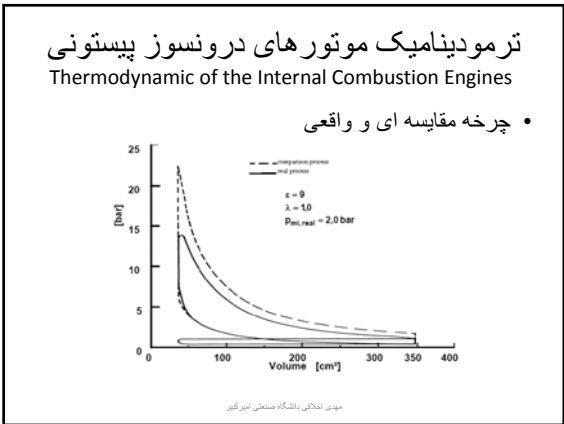
مهدی الهالکی دانشگاه صنعتی امیرکبیر

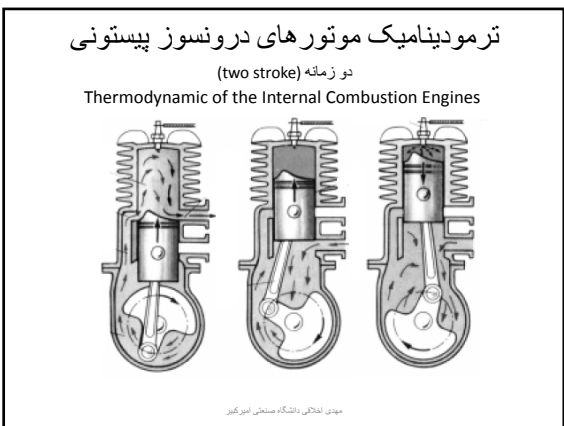
تاریخچه روند موتورهای درونسوز از دیدگاه طراحی مهندسی
 The History of the Internal Combustion Engines with regard to the Engineering Design

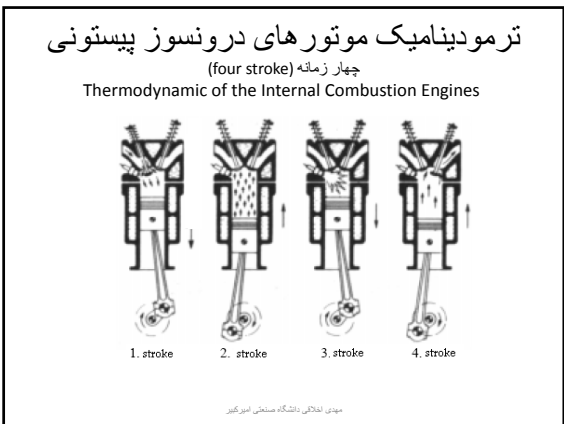
Rudolf Ch. Karl Diesel(1858-1913)
 -اختراع خود بخود -چرخه ایده آل مختلط (سبیلنگر) مبنای مقایسه برای چرخه های واقعی اتو و دیزل



مهدی الهالکی دانشگاه صنعتی امیرکبیر



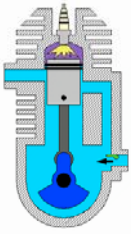




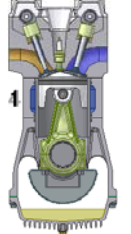
ترمودینامیک موتورهای درونسوز پیستونی

Thermodynamic of the Internal Combustion Engines

• موتور دو زمانه



• موتور چهار زمانه

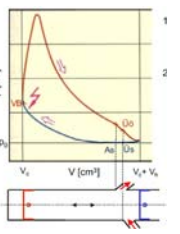


مهدی الهادی دانشگاه صنعتی امیرکبیر

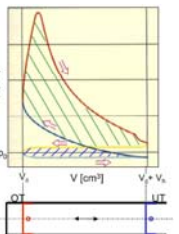
ترمودینامیک موتورهای درونسوز پیستونی

Thermodynamic of the Internal Combustion Engines

• چرخه واقعی دو زمانه

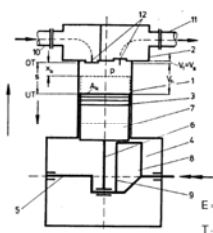


• چرخه واقعی چهار زمانه



مهدی الهادی دانشگاه صنعتی امیرکبیر

ترمودینامیک موتورهای درونسوز پیستونی



$\rho = \frac{m}{V}$

$v = \frac{V}{m}$ حجم مخصوص

$p \cdot v = R \cdot T \Leftrightarrow \frac{p}{\rho} = R \cdot T$

$p \cdot V = m \cdot R \cdot T$

$p \cdot V^n = \text{const}$ گاز ایده آل

$p \cdot V^\gamma = \text{const}$ گاز حقیقی

$\gamma = \frac{C_p}{C_v}$ ضریب سیمپتیک

$E = U + E_{pot} + E_{kin}$ قانون اول

قانون دوم: $T \cdot ds = du + p \cdot dv = dh - v \cdot dp = c_p \cdot dT - v \cdot dp$

$A_1 = \frac{\pi}{4} D_1^2$ سطح پیستون $V_1 = A_1 \cdot s_1$ حجم کورس

$s_1 = 2 \cdot r_1$ کورس پیستون $V_1 = V_1 \cdot z_1$ تل حجم کورس

مهدی الهادی دانشگاه صنعتی امیرکبیر

ترمودینامیک موتورهای درونسوز پیستونی

حجم تراکم
 $V_3 = V_4$
 حجم سیلندر $V_3 = V_4 = V_3 + V_4$
 $n_s = \frac{\text{strokes}}{\text{revolution}}$ n
 حجم تکوری سیل $V_m = V_d \cdot n_s$
 جرم تکوری سیل $\dot{m}_m = \rho_3 V_m \cdot n_s$
 سرعت متوسط پیستون $c_p = 2 \cdot s_k \cdot n$
 کار $W = \int_1^2 p dV$

جرم حقیقی سیل $\dot{m}_i = \lambda_i \cdot \rho_3 \cdot V_m \cdot n_s = \lambda_i \cdot \dot{m}_m$
 درجه بصرفی هوا $\lambda_i = \frac{\dot{m}_i}{\dot{m}_m}$
 عدد رینولدز (سیل تراونی) $Re = \frac{c \cdot L}{\nu}$; characteristic length L
 عدد رینولدز (سیل تراونی) $Re = \frac{c \cdot d}{\nu} = \frac{c \cdot d \cdot \rho}{\eta}$ hydr. diameter= characteristic length L
 $d_s = \frac{4 \cdot A}{U}$ قطر هیدرولیکی

منبع: اندالی دانشگاه صنعتی امیرکبیر

ترمودینامیک موتورهای درونسوز پیستونی

otto process (isochore)

$\epsilon_c = \frac{V_1}{V_2} = \frac{V_3}{V_4}$
 $p_2 = p_1 \cdot \epsilon_c^{\gamma}$ ($q_{1,2}=0$)
 $T_2 = T_1 \cdot \epsilon_c^{\gamma-1}$
 $\Delta V = 0 \Rightarrow W = 0$
 $W_{2,3} + Q_{2,3} = \dot{m}_i \cdot c_v \cdot (T_3 - T_2)$
 $\Rightarrow Q_{2,3} = c_v \cdot (T_3 - T_2)$
 $\Rightarrow T_3 = T_2 + \frac{Q_{2,3}}{c_v}$
 $p_3 = p_2 \cdot \frac{T_3}{T_2}$
 (real: $Q_{2,3} = \dot{m}_i \cdot H_{f,i}$)

$p_4 = p_3 \cdot \frac{1}{\epsilon_c^{\gamma}}$
 $T_4 = T_3 \cdot \frac{1}{\epsilon_c^{\gamma-1}}$
 $\Delta V = 0 \Rightarrow W = 0$
 $\Rightarrow Q_{4,1} = c_v \cdot (T_1 - T_4) < 0!!!!!!$

circular process \Rightarrow final point=initial point \Rightarrow
 $\Sigma Q + \Sigma W = \Delta U = 0 \Rightarrow W = -Q_{4,1}$
 $\eta_{th, Otto} = \frac{Q_{2,3} + Q_{4,1}}{Q_{2,3}} = \frac{Q_{2,3} + Q_{4,1}}{Q_{2,3}}$
 پس داده شده + داده شده / داده شده = $1 - \frac{1}{\epsilon_c^{\gamma-1}}$

منبع: اندالی دانشگاه صنعتی امیرکبیر

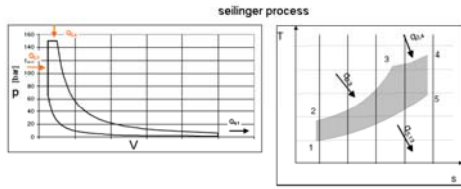
ترمودینامیک موتورهای درونسوز پیستونی

Diesel process (isobare)

نسبت افزایش حجم $\rho = \frac{V_3}{V_2}$
 $\eta_{th, Diesel} = \frac{Q_{2,3} + Q_{4,1}}{Q_{2,3}} = \frac{Q_{2,3} + Q_{4,1}}{Q_{2,3}}$ پس داده شده + داده شده / داده شده = $1 - \frac{1}{\epsilon_c^{\gamma-1}} \cdot \frac{\rho^{\gamma} - 1}{\rho - 1}$

منبع: اندالی دانشگاه صنعتی امیرکبیر

ترمودینامیک موتورهای درونسوز پیستونی



$\rho = \frac{V_1}{V_2}$ نسبت افزایش حجم

$\psi = \frac{P_2}{P_1}$ نسبت افزایش فشار

$$\eta_{Th, Seiliger} = \frac{Q_{23} + Q_{34} + Q_{45} - Q_{51}}{Q_{23} + Q_{34}} = \frac{Q_{نایه شده} + Q_{نایه شده} - Q_{نایه شده}}{Q_{نایه شده}}$$

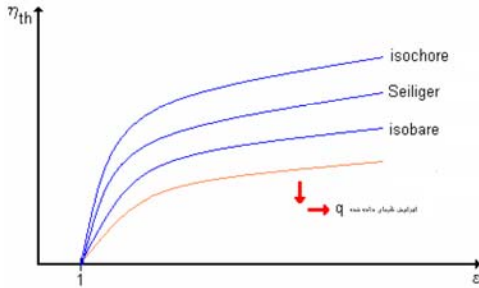
$$= 1 - \frac{1}{\rho^{\frac{\gamma}{\gamma-1}}} \frac{\psi^{\gamma} - 1}{\psi + 1 + \kappa \cdot \psi \cdot (\rho - 1)}$$

مبدی دانشگاه صنعتی امیرکبیر

ترمودینامیک موتورهای درونسوز پیستونی

بازده حرارتی (Thermal Efficiency)

Thermodynamic of the Internal Combustion Engines



مبدی دانشگاه صنعتی امیرکبیر

ترمودینامیک موتورهای درونسوز پیستونی

Thermodynamic of the Internal Combustion Engines

محاسبه H_o و H_u

$$H_o = H_u + \frac{n_{H_2O} \cdot r_{H_2O}}{m_F}$$

انتالی بخار آب نسبت به جرم سوخت

I: مقادیر قبل از احتراق (Edukte)

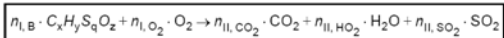
II: بعد از احتراق (Produkte)

r_{H_2O} : انتالی بخار آب molar بر حسب kJ/kmol

مبدی دانشگاه صنعتی امیرکبیر

ترمودینامیک موتورهای درونسوز پیستونی

احتراق کامل سوخت با ترکیبات $C_xH_yS_qO_z$ با O_2



$$\left(+ \frac{79}{21} \cdot n_{l,O_2} \cdot N_2 \right) \qquad \left(+ \frac{79}{21} \cdot n_{l,O_2} \cdot N_2 \right)$$

بیان ماده پایه:

تعداد آنها در دو طرف فعل و انفعال یکی است k : elements C, H, S, O $n_{l,k} = n_{ll,k}$

$$\sum_i v_{i,k} \cdot n_{l,i} = \sum_i v_{i,k} \cdot n_{ll,i}$$

$v_{i,k}$: ضرایب استکیومتریک ماده داده شده $v_{i,k}$: ضرایب استکیومتریک ماده پس داده شده

موسسه تحقیقاتی دانشکده مهندسی ابریکور

ترمودینامیک موتورهای درونسوز پیستونی

k=C: $x \cdot n_{l,B} = 1 \cdot n_{ll,CO_2} \Rightarrow n_{ll,CO_2} = x \cdot n_{l,B}$ (1)

k=H: $y \cdot n_{l,B} = 2 \cdot n_{ll,H_2O} \Rightarrow n_{ll,H_2O} = y/2 \cdot n_{l,B}$ (2)

k=S: $q \cdot n_{l,B} = 1 \cdot n_{ll,SO_2} \Rightarrow n_{ll,SO_2} = q \cdot n_{l,B}$ (3)

k=O:

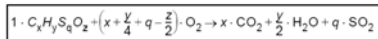
$$z \cdot n_{l,B} + 2 \cdot n_{l,O_2} = 2 \cdot n_{ll,CO_2} + n_{ll,H_2O} + 2 \cdot n_{ll,SO_2}$$

$$\Rightarrow n_{l,O_2} = n_{ll,CO_2} + \frac{1}{2} \cdot n_{ll,H_2O} + n_{ll,SO_2} - \frac{1}{2} \cdot z \cdot n_{l,B} = \left(x + \frac{y}{4} + q - \frac{z}{2} \right) \cdot n_{l,B}$$
 (4)

موسسه تحقیقاتی دانشکده مهندسی ابریکور

ترمودینامیک موتورهای درونسوز پیستونی

=> reaction equation:



ارزش حرارتی پایین:

$$H_u = \frac{\sum_i \dot{n}_{l,i} \cdot H_{m,i}^o - \sum_j \dot{n}_{ll,j} \cdot H_{m,j}^o}{\dot{m}_F}$$

با آنتالپی استاندارد مولار $H_{m,i}^o$

$$\Rightarrow H_u = \frac{\dot{n}_{l,B} \cdot H_{m,B}^o + \dot{n}_{l,O_2} \cdot H_{m,O_2}^o - \dot{n}_{ll,CO_2} \cdot H_{m,CO_2}^o - \dot{n}_{ll,H_2O} \cdot H_{m,H_2O}^o - \dot{n}_{ll,SO_2} \cdot H_{m,SO_2}^o}{\dot{m}_F}$$

موسسه تحقیقاتی دانشکده مهندسی ابریکور

ترمودینامیک موتورهای درونسوز پیستونی

$M_F = \frac{\dot{m}_F}{\dot{n}_{1,F}} = \frac{m_F}{n_{1,F}}$ یا

$$\Rightarrow H_u = \frac{H_{m,F}^o + (x + \frac{y}{4} + q - \frac{z}{2}) \cdot H_{m,O_2}^o - x \cdot H_{m,CO_2}^o - \frac{y}{2} \cdot H_{m,H_2O}^o - q \cdot H_{m,SO_2}^o}{M_F}$$

ارزش حرارتی بالا

$$H_o = H_u + \frac{n_{11} H_{2O}^o \cdot r_{H_2O}}{n_{1,F} \cdot M_F}$$

مبدی تحلیل دانشکده صنعتی امیرکبیر

ترمودینامیک موتورهای درونسوز پیستونی

موی استنکیوتریک لازم:

$$A_{St} = \frac{m_{A,St}}{m_F}$$

سهم جرم استنکیوتریک در هوا:

$$\frac{m_{O_2,St}}{m_{A,St}} = 0,232$$
$$\Rightarrow A_{St} = \frac{1}{\frac{m_{O_2,St}}{m_F}} = \frac{1}{\frac{m_{O_2,St}}{m_F} \cdot \frac{M_{O_2} \cdot n_{1,O_2}}{M_F \cdot n_{1,F}}}$$
$$n_{1,O_2} = (x + \frac{y}{4} + q - \frac{z}{2}) \cdot n_{1,F} \quad \text{یا}$$

$$\Rightarrow A_{St} = \frac{1}{\frac{M_{O_2}}{M_F} \cdot (x + \frac{y}{4} + q - \frac{z}{2})}$$

مبدی تحلیل دانشکده صنعتی امیرکبیر

ترمودینامیک موتورهای درونسوز پیستونی

ارزش حرارتی H_u سوخته m نسبت به حجم مخلوط V برابر است:

$$H_u = \frac{m \cdot H_u}{V_u}$$

در موتورهای پیژن و موتورهای اتو تخلیق مستقیم $V_o = V_u$ و همین ترتیب:

$$V_u = \frac{m_u}{\rho_u} = \frac{m_u}{\rho_A} \cdot A_u \cdot \lambda \quad H_u = \frac{H_u \cdot \rho_u}{\rho_A \cdot \lambda} \quad \text{kJ(m}^3\text{)}$$

برای موتورهای پیژن $\lambda = \rho_{1,F} / \rho_{1,o} = 1$ و همچنین گاز سوخت:

$$V_u = \frac{m_u}{\rho_u} = \frac{1}{\rho_u} \cdot (m_A + m_F) = \frac{m_A}{\rho_{1,o}} \cdot \left(\frac{m_F}{m_A} + 1\right) = \frac{m_A}{\rho_{1,o}} \cdot (A_u \cdot \lambda + 1)$$
$$H_u = \frac{H_u \cdot \rho_u}{\rho_A \cdot \lambda + 1}$$

تعمیل یازین به گاز با فضا تان همراه است، ارزش حرارتی گاز طبیعی فرقی است از بولین و حجم گاز طبیعی در هر سد حجم فورس است. گرمای آزاد شده در ضربه گاز در سیلندر با حجم V :

$$Q = H_u \cdot V_u \cdot \lambda_u = \frac{m_u \cdot H_u}{V_o} \cdot V_u \cdot \lambda_u = \frac{H_u \cdot V_u \cdot \lambda_u}{G}$$

حجم مستقیم مخلوط G برای پیژن و اتو:

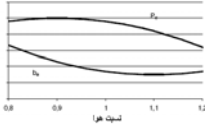
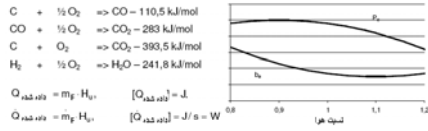
$$G = \frac{m_u \cdot \lambda}{\rho_u}$$

و برای موتور گاز:

$$G = \frac{m_u \cdot \lambda + 1}{\rho_u}$$

مبدی تحلیل دانشکده صنعتی امیرکبیر

ترمودینامیک موتورهای درونسوز پیستونی



$$Q_{add,exp} = \dot{m}_F \cdot H_U$$

$$Q_{add,rev} = \dot{m}_F \cdot H_U$$

$$[\dot{Q}_{add,exp}] = \dot{Q}$$

$$[\dot{Q}_{add,rev}] = \dot{Q}/s = W$$

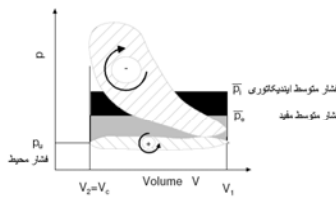
$$\lambda = \frac{\dot{m}_A}{\dot{m}_F} = \frac{m_A}{m_F} \text{ مثل } \lambda = \frac{0,02 \text{ kg Air}}{1,379 \cdot 10^{-3} \text{ kg Fuel} - 14,5 \cdot \text{kg Fuel}} = 1$$

$$b_F = \frac{\dot{m}_F}{\dot{P}_i} \quad \eta = \frac{P_e}{P_i} = \frac{1}{b_F} \quad [H_U] = \text{MJ/kg}$$

	[kg/l]	H_U [MJ/kg]	A_{ST} [kg/mol]
Benzin	0,715-0,765	42,7	14,8
Sapin	0,75-0,79	43,5	14,7
Demol	0,815-0,865	42,5	14,6

منبعی: الفالک دانشگاه صنعتی امیرکبیر

ترمودینامیک موتورهای درونسوز پیستونی



$$W_i = \int p dV = V_2 \bar{p}_i - p_{atm} = \bar{p}_i (V_2 - V_1) \quad P_e = M_e \omega = p_{atm} n_e V_H$$

$$\bar{p}_i = \frac{2 P_e}{n V_c} \quad (\text{چهار ضربه})$$

$$\bar{p}_e = n_e \bar{p}_i V_c \quad \text{کوان اندینکتوری}$$

$$\bar{p}_e = n_e \bar{p}_e V_c \quad \text{کوان مفید}$$

$$\bar{p}_e = \bar{p}_i - p_a \quad \text{کوان اصلاحاتی} \quad \bar{p}_e = \frac{P_e}{n V_c} \quad (\text{دو ضربه})$$

منبعی: الفالک دانشگاه صنعتی امیرکبیر

ترمودینامیک موتورهای درونسوز پیستونی

$$\eta_i = \frac{P_e}{\dot{m}_F \cdot H_U} \quad \eta_e = \frac{P_e}{\dot{m}_F \cdot H_U} \quad \eta_m = \frac{P_e}{P_i}$$

$$b = \frac{\dot{m}_F}{\dot{P}_i} \quad \text{صرف مخصوص} \quad b_F = \frac{\dot{m}_F}{P_e} \quad b_2 = \frac{\dot{m}_F}{P_i}$$

صرف موتور درجهت جسم اندینکتوری در آمریکا 1/100km
در آمریکا mpg (Meilen pro Gallone) محاسبه میشود

$$\lambda = \frac{\dot{m}_A}{\dot{m}_F \cdot m_{A/min}} = \left(\frac{\text{مقدار هوا}}{\text{مقدار استکتوکوستریک هوا} \cdot \text{مقدار سوخت}} \right) = \left[\frac{h \cdot R T_e}{h_i \cdot R T_F} \right]$$

نسبت هوا

$$m_{A/min} \rightarrow \text{نسبت استکتوکوستریک} \quad \lambda = 1 \rightarrow \text{چوب یا خشی} \quad \lambda < 1 \rightarrow \text{ضخیم} \quad \lambda > 1 \rightarrow \text{ضخیم}$$

منبعی: الفالک دانشگاه صنعتی امیرکبیر

ترمودینامیک موتورهای درونسوز پیستونی

$\eta_G = \frac{|W_{\text{indicate}}|}{|W_{\text{theoretical}}|}$ درجه کیفی $\eta = \frac{P}{\dot{m}_f \cdot H_u}$
 $\eta_{th} = \frac{|W_{\text{theoretical}}|}{Q_{\text{fuel}}}$ بازده حرارتی
 $\eta_i = \frac{|W_{\text{indicate}}|}{Q_{\text{fuel}}}$ بازده ایندیکاتور یا بازده داخلی $\eta_c = \eta_i \cdot \eta_m = \frac{P_c}{\dot{m}_f \cdot H_u} = \frac{1}{\frac{\dot{m}_f}{P_c} \cdot H_u} = \frac{1}{b_c \cdot H_u}$
 $\eta_r = \frac{|P_i|}{Q_{\text{fuel}}}$ بازده مفید
 $|P_i| = |P_i| - |P_f|$ $P_c = M_d \cdot \omega$ $\omega = 2 \cdot \pi \cdot n_{Motor}$ $W = V_h \cdot p_m$

مهندسی مکانیک، دانشگاه صنعتی امیرکبیر

ترمودینامیک موتورهای درونسوز پیستونی

Vibe burn rule $x = 1 - \exp\left[-6.91 \left(\frac{t}{t_c}\right)^{m+1}\right]$

x گسستگی از منظور هوا و سوخت است که از شروع احتراق در زمان t سوخته است. t_c مدت زمان برای احتراق کامل است.
 برای موتور دیزل و اتو $0.25 \leq m \leq 1.6$

heat rule
 $\frac{dx}{dt} = 6.91 \cdot (m+1) \left(\frac{t}{t_c}\right)^m \cdot \exp\left[-6.91 \left(\frac{t}{t_c}\right)^{m+1}\right]$

مهندسی مکانیک، دانشگاه صنعتی امیرکبیر

ترمودینامیک موتورهای درونسوز پیستونی

انتقال گرما از گاز به دیوار سیلندر: $\Delta Q_w = \alpha \cdot A_w \cdot (T_{gas} - T_w) \cdot dt$

$\alpha = 130 \cdot d^{0.2} \cdot p^{0.8} \cdot T^{-0.5} \cdot \left[c_p \cdot c_w + c_v \cdot \frac{V_1 \cdot T_1}{p_1 \cdot V_2} (p - p_1) \right]^{0.2}$

د	m	تقریب سیلندر
p	bar	فشار در سیلندر با احتراق
p ₀	bar	فشار در سیلندر بدون احتراق
T	K	دمای گاز
c _w	m/s	سرعت متوسط پیستون
c ₁	1	بهبودگر تعریض کمر: $c_1 = 6.18 + 0.417 \cdot c_w / c_p$ در تراکم و انفجار: $c_1 = 2.28 + 0.308 \cdot c_w / c_p$
c ₂	m/s	سرعت محیط هوا از طریق آزمایش استقامت قرمبی چرخ: $c_2 = 3.24 \cdot 10^{-3}$ چرخه ای بر اساس سیلندر با قطر 0.7
c ₃	1	موتور اتو و دیزل نزدیک مستقیم: $c_3 = 6.22 \cdot 10^{-3}$ موتور دیزل تقسیم شده یا انفجار فرعی

مهندسی مکانیک، دانشگاه صنعتی امیرکبیر

ترمودینامیک موتورهای درونسوز پیستونی
 احتراق در موتور اتو (Combustion in the Petrol Engine)
Thermodynamic of the Internal Combustion Engines

- **احتراق عادی**
(normal combustion)
- زمان جرقه متناسب با شرایط کار در انتهای مرحله تراکم و قبل از نقطه مرگ بالا
- **احتراق کوبنده**
(knocking)
- در انتهای مرحله تراکم، پس از تشکیل شعله، احتراق خودبخود در قسمت دیگر اطاق احتراق

مهدی الحائلی دانشگاه صنعتی امیرکبیر

ترمودینامیک موتورهای درونسوز پیستونی
 احتراق در موتور اتو (Combustion in the Petrol Engine)
Thermodynamic of the Internal Combustion Engines

normal combustion **عادی**

knocking **کوبنده**

advanced self ignition **زودرس**

مهدی الحائلی دانشگاه صنعتی امیرکبیر

ترمودینامیک موتورهای درونسوز پیستونی
 احتراق در موتور دیزل (Combustion in Diesel Engine)
Thermodynamic of the Internal Combustion Engines

- **احتراق عادی**
پاشش سوخت به هوای گرم و متراکم قبل از نقطه مرگ بالا
- **احتراق کوبنده**
تشکیل هسته های آماده احتراق، بدلیل دیر کرد در تشکیل شعله، و در نتیجه همزمانی احتراق کل مخلوط و افزایش شدید فشار

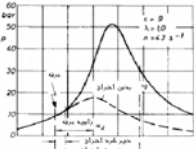
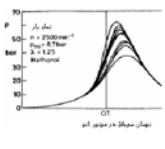
مهدی الحائلی دانشگاه صنعتی امیرکبیر

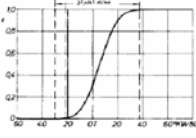
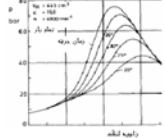
ترمودینامیک موتورهای درونسوز پیستونی
(Reduction in Knocking Tendency) کاهش تمایل به کوبندگی
Thermodynamic of the Internal Combustion Engines

<ul style="list-style-type: none"> • در موتور دیزل -در دورهای پائین و بار سنگین -در تراکم بزرگ -مخلوط همگون - طراحی بهینه اطاق احتراق -زمان مناسب تزریق سوخت -کاهش خنک کاری 	<ul style="list-style-type: none"> • در موتور اتو -در دورهای بالا و بار سبک -در تراکم کم -تنظیم مناسب سامانه سوخت رسانی -طراحی بهینه اطاق احتراق -عدم انتخاب زمان خیلی زود جرقه -افزایش خنک کاری
--	---

مهدی اجدالی دانشگاه صنعتی امیرکبیر

ترمودینامیک موتورهای درونسوز پیستونی
Thermodynamic of the Internal Combustion Engines

مهدی اجدالی دانشگاه صنعتی امیرکبیر


ترمودینامیک موتورهای درونسوز پیستونی
(Petrol Engine) موتور اتو
Thermodynamic of the Internal Combustion Engines



- خرابی ناشی از احتراق زودرس بدلائل ممکن:
- شمع با ارزش حرارتی پائین
- مخلوط خیلی ضعیف
- بیسته شدن ناقص سوپاپها
- سوخت با اوکتان پائین
- سوخت دیزل مخلوط با بنزین

مهدی اجدالی دانشگاه صنعتی امیرکبیر

ترمودینامیک موتورهای درونسوز پیستونی
 موتور دیزل (Diesel Engine)
 Thermodynamic of the Internal Combustion Engines




- این نوع خرابی بیشتر در موتورهای دیزل تقسیم شده پیش می آید و علت احتمالی:
 - دیر کرد طولانی احتراق
 - عدد ستان پائین
 - جسته نشدن خوب نازل پاشش سوخت
 - عدم تناسب مقدار پاشش و زمان آن
 - با داده های تولید کننده
 - شکسته شدن فتر نازل پاشش

مهدی الهادی دانشگاه صنعتی امیرکبیر

سامانه دینامیک موتورهای درونسوز پیستونی
 System Dynamic of the Internal Combustion Engines

• **سامانه حرکتی میل لنگ**

میل لنگ (crankshaft)، دسته پیستون (connecting rod)، پیستون (piston) و یاتاقانهای لغزشی و غلتشی (journal and roll bearings)



مهدی الهادی دانشگاه صنعتی امیرکبیر

سامانه دینامیک موتورهای درونسوز پیستونی
 (میل لنگ Crankshaft)
 System Dynamic of the Internal Combustion Engines



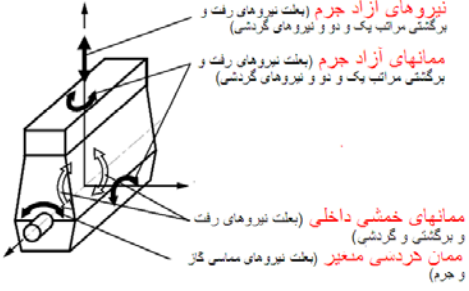
مهدی الهادی دانشگاه صنعتی امیرکبیر

سامانه دینامیک موتورهای درونسوز پیستونی
(طراحی میل لنگ، بار و کنترل استحکام)
System Dynamic of the Internal Combustion Engines

- بار
- جرمی گریز از مرکز، ممان M_p و نیروی F_p
- جرمی رفت و برگشتی، نیروی مراتب یک F_{O1} و دو F_{O2} و ممان مراتب یک و دو M_{O1} و M_{O2}
- گاز F_g
- کنترل استحکام (مقایسه تنش بار و تنش مجاز)
- استاتیکی
- دینامیکی
- انتخاب فرم (طراحی فرم)

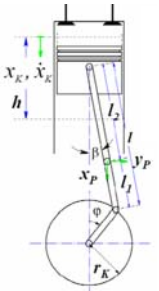
موسسه تحقیقاتی دانشگاه صنعتی امیرکبیر

سامانه دینامیک موتورهای درونسوز پیستونی
(طراحی میل لنگ، بارهای وارده)



موسسه تحقیقاتی دانشگاه صنعتی امیرکبیر

سامانه دینامیک موتورهای درونسوز پیستونی
(طراحی میل لنگ، جابجایی و سرعت)



$$x_k = r_k \cdot \left(1 - \cos \varphi + \frac{1}{\lambda_p} \cdot \cos \beta \right)$$

$$x_k = r_k \cdot \left(1 - \cos \varphi + \frac{1}{\lambda_p} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \lambda_p^2 \cdot \sin^2 \varphi} \right) \right)$$

$$x_k = r_k \cdot \left(1 - \cos \varphi + \frac{\lambda^2}{2} \sin^2 \varphi + \frac{\lambda^4}{8} \sin^4 \varphi + \frac{\lambda^6}{16} \sin^6 \varphi + \dots \right)$$

$$\left(v_k = \dot{x}_k = \frac{dx_k}{dt} \right) \quad \lambda_p = r_k / l$$

موسسه تحقیقاتی دانشگاه صنعتی امیرکبیر

سامانه دینامیک موتورهای درونسوز پیستونی
 (طراحی میل لنگ، بارهای جرمی مراتب یک و دو)

- نیروهای رفت و برگشتی بعنوان نیروهای شتاب و در راستای سیلندر از روابط زیر بدست میآیند. مولفه اول مرتبه یک و مولفه دومی مرتبه دو است. ممان های مراتب مربوطه نیز با رعایت فاصله نیرو به صفحه نقل و همچنین رعایت جهت در سمت چپ صفحه نقل (بسمت بیرون) و در سمت راست (بسمت داخل) تعیین میشود.

$$\ddot{x}_k \approx r_k \omega^2 [\cos \varphi + \lambda_p \cos 2\varphi]$$

$$F_o = m_o r_k \omega^2 (\cos \varphi + \lambda \cos 2\varphi)$$

$$M_o = F_o \cdot a$$

مهدی الحائلی دانشگاه صنعتی امیرکبیر

سامانه دینامیک موتورهای درونسوز پیستونی
 (طراحی میل لنگ، راه، سرعت، و شتاب پیستون)

- نمایش رفتار راه، سرعت، و شتاب پیستون در یک دور کاری موتور چهار زمانه

مهدی الحائلی دانشگاه صنعتی امیرکبیر

سامانه دینامیک موتورهای درونسوز پیستونی
 (طراحی میل لنگ، نیروی جرمی رفت و برگشتی مراتب 1 و 2)

مهدی الحائلی دانشگاه صنعتی امیرکبیر

سامانه دینامیک موتورهای درونسوز پیستونی (طراحی میل لنگ، راه و شتاب در جابجایی محور)

- برای کاهش صدا و تاثیر بر زمانبندی مراحل تنفس و دفع موتورهای دو زمانه، محور قائم سامانه حرکتی را با اندازه معینی به موازات جابجا میکنند در اینصورت انگشتی به فاصله q از محور اصلی جابجا شده است.

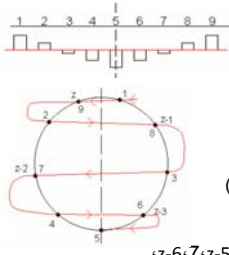
$$\kappa_{\dot{x}} = \kappa_{\dot{x}} (\cos 2\varphi + \frac{\sqrt{1 - (\lambda_p \sin \varphi - \kappa)^2}}{\lambda_p}) \quad \kappa = \frac{q}{l}$$

$$\dot{x}_{\dot{x}} = \dot{x}_{\dot{x}} \omega^2 (\cos \varphi + \kappa \sin \varphi + \lambda_p \cos 2\varphi)$$

- در صورت جابجایی محور در کنار اجزای کوسینوسی، اجزای سینوسی نیز پیش میآیند که این موجب نامتقارن شدن سرعت و شتاب پیستون در رفت و برگشت میشود.

مهدی خدایی دانشکده مهندسی ابریکور

سامانه دینامیک موتورهای درونسوز پیستونی (طراحی میل لنگ، ترتیب زانو)



در موتورهای با تعداد زیاد سیلندر، تعدد ترتیب زانوها به حدی وسیع است، که یافتن مناسبترین آنها ساده نخواهد بود. فائده کرامر Kramer مشکل گشا است، که بترتیب زیر عمل میشود:

- رسم طولی میل لنگ
- زانوها در قرینه گی صفحه ثقل
- زانوهائیکه در بالا قرار گرفته اند با 1 و z مشخص میشوند (برای تعداد سیلندر فرد یک زانو در نقطه مرگ پائین)
- ترتیب قرارگیری از بالا در سمت راست به پائین در سمت چپ شبیه S

.....z-6•7•z-5•6•z-4•5•z-3•4•z-2•3•z-1•2•z•1

مهدی خدایی دانشکده مهندسی ابریکور

سامانه دینامیک موتورهای درونسوز پیستونی (طراحی میل لنگ، ستاره زانو سه و چهار سیلندر)



The crankshaft of a three cylinder row engine. Frontal opinion of the crankshaft.

The crankshaft of a four cylinder row engine. Frontal opinion of the crankshaft.

مهدی خدایی دانشکده مهندسی ابریکور

سامانه دینامیک موتور های درونسوز پیستونی
(طراحی میل لنگ، ستاره زانو پنج و دوازده سیلندر)

The crankshaft of a five-cylinder row engine Frontal opinion of the crankshaft
The crankshaft of a V12 Motor Frontal opinion of the crankshaft

مهدی خدایی دانشگاه صنعتی امیرکبیر

سامانه دینامیک موتور های درونسوز پیستونی
(طراحی میل لنگ، ستاره زانو شش سیلندر)

The crankshaft of a six cylinder row engine Frontal opinion of the crankshaft
The crankshaft of a V6 Motor with 90° stroke angle development Frontal opinion of the crankshaft

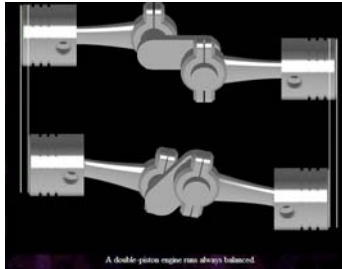
مهدی خدایی دانشگاه صنعتی امیرکبیر

سامانه دینامیک موتور های درونسوز پیستونی
(طراحی میل لنگ، ستاره زانو هشت سیلندر)

The crankshaft CROSS type of a V8 Motor Frontal opinion of the crankshaft
The crankshaft Flat type of a V8 Motor Frontal opinion of the crankshaft

مهدی خدایی دانشگاه صنعتی امیرکبیر

سامانه دینامیک موتورهای درونسوز پیستونی
(طراحی میل لنگ، موتور پیستون دو بل)



مبدی التحلیلی دانشگاه صنعتی امیرکبیر

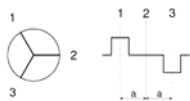
سامانه دینامیک موتورهای درونسوز پیستونی
(طراحی میل لنگ، تحلیل برداری تعیین بارهای آزاد جرم)



- تعیین ستاره زانو (بعنوان مثال میل لنگ موتور سه سیلندری)
- بردار نیروهای دورانی (گریز از مرکز) مطابق ستاره زانو $F_i = m_i r_i \omega^2$ ،
برای مثال: $\Sigma F_{pi} = 0$
- بردار نیروهای مرتبه یک مطابق ستاره زانو $F_{o1i} = m_o r_k \omega^2$ ، حداکثر ω ،
برای مثال: $\Sigma F_{o1i} = 0$
- بردار نیروهای مرتبه دو مطابق ستاره زانو $F_{o2i} = m_o r_k \lambda_p \omega^2$ ، حداکثر ω ،
برای مثال: $\Sigma F_{o2i} = 0$

مبدی التحلیلی دانشگاه صنعتی امیرکبیر

سامانه دینامیک موتورهای درونسوز پیستونی
(طراحی میل لنگ، تحلیل برداری تعیین بارهای آزاد جرم)



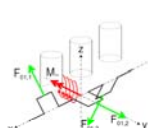
- برآیند بردار ممان دورانی (گریز از مرکز)
 $\Sigma M_{r_i} = 3^{1/2} \cdot m_r \cdot r_k \cdot \omega^2 \cdot a$
- برآیند بردار ممان مرتبه 1
 $\Sigma M_{o1,i} = 3^{1/2} \cdot m_o \cdot r_k \cdot \omega^2 \cdot a$
- برآیند بردار ممان مرتبه 2
 $\Sigma M_{o2,i} = 3^{1/2} \cdot m_o \cdot r_k \cdot \lambda_p \cdot \omega^2 \cdot a$

مبدی التحلیلی دانشگاه صنعتی امیرکبیر

سامانه دینامیک موتورهای درونسوز پیستونی

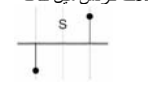
(طراحی میل لنگ، تعادل ممان های آزاد جرم)

- بردار ممان در صفحه قائم بر محور میل لنگ (صفحه yz) بر حسب مرتبه با سرعت زاویه ای ω و ω^2 می چرخد.
- متعادل کردن یکمک وزنه بر زانوی میل لنگ:



$$M = 3^{1/2} \cdot m_o \cdot r_k \cdot \omega^2 \cdot a$$

- متعادل کردن یکمک وزنه بر روی شافت تعادل با جهت خلاف گردش میل لنگ:



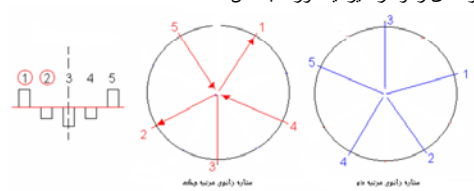
$$M = 3^{1/2} \cdot m_o \cdot r_k \cdot \omega^2 \cdot a$$

مندی الحادلی دانشگاه صنعتی امیرکبیر

سامانه دینامیک موتورهای درونسوز پیستونی

(طراحی میل لنگ، برآیند نیرو و ممان موتور پنج سیلندری)

- اگر ترتیب زانوها قرینه باشد، $F_{res} = 0$
- زانوهائیکه در طرف چپ صفحه ثقل (زانوی 1 و 2)، جهت نیروی جرم در راستای زانو، در غیر اینصورت بالعکس

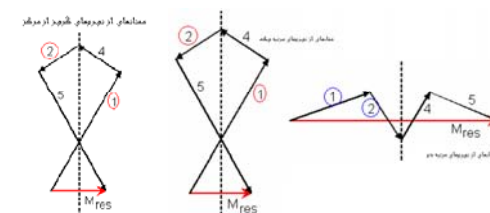


مندی الحادلی دانشگاه صنعتی امیرکبیر

سامانه دینامیک موتورهای درونسوز پیستونی

(طراحی میل لنگ، برآیند ممانهای جرمی موتور پنج سیلندر)

-



مندی الحادلی دانشگاه صنعتی امیرکبیر

سامانه دینامیک موتورهای درونسوز پیستونی
 (طراحی میل لنگ، نیروهای جرمی آزاد مرتبه دو در موتور چهار سیلندر)

مهدی الحادلی دانشگاه صنعتی امیرکبیر

سامانه دینامیک موتورهای درونسوز پیستونی
 (طراحی میل لنگ، تعیین مقدار جرم دسته پیستون)

• جرمهای گردشی m_{rcr} و رفت و برگشتی m_{ocr} دسته پیستون (connecting rod):

$$m_{ocr} = m_{cr} l_s / l$$

$$m_{rcr} = m_{cr} (l - l_s) / l$$

$$m_{ocr} + m_{rcr} = m_{cr}$$

تقریباً:

$$m_{ocr} = 1/3 m_{cr}$$

$$m_{rcr} = 2/3 m_{cr}$$

مهدی الحادلی دانشگاه صنعتی امیرکبیر

سامانه دینامیک موتورهای درونسوز پیستونی
 (طراحی میل لنگ، تعیین مقدار جرم گردشی و رفت و برگشتی)

- کل جرمهای رفت و برگشتی m_o :
مجموع جرمهای پیستون، انگشتی، رینگها، و قسمت رفت و برگشتی دسته پیستون
- کل جرمهای گردشی m_r :
مجموع جرمهای قسمت گردشی دسته پیستون، دیوار زانو، و بین دسته پیستون. اثر نیرو که خارج مرکز بگردش میکنند نیز رعایت میشود.
- سامانه جایگزین

$$m_o = m_{ocr} + \sum m_k$$

$$m_r = m_{rcr} + m_z + m_w r_w / r_k$$

مهدی الحادلی دانشگاه صنعتی امیرکبیر

سامانه دینامیک موتور های درونسوز پیستونی
 (طراحی میل لنگ، بارهای وارده بدون گاز)

منبع: انجمن دانشگاه صنعتی امیرکبیر

سامانه دینامیک موتور های درونسوز پیستونی
 (طراحی میل لنگ، بارهای بر پاتاقان پایه)

- نیروی وارد بر پاتاقان پایه میل لنگ P از نیروی رادیال گاز $F_{(t)}$ منهای F_r و نیروی گریز از مرکز جرمهای تعادل)
- بار معادل بر پاتاقان تقریباً:

$$R_m = \sqrt{\frac{1}{4\pi} \int_0^{4\pi} P^2 d\varphi}$$

منبع: انجمن دانشگاه صنعتی امیرکبیر

سامانه دینامیک موتور های درونسوز پیستونی
 (طراحی میل لنگ، تعادل بارهای آزاد جرم)

- نیروی جرمهای گردشی و رفت و برگشتی مرتبه یک. ممان مرتبه یک، اگر وزنه های دوپل با جابجائی 180° و بازوی اهرم طویل
- نیروی جرمهای رفت و برگشتی مرتبه دو توسط تعادل لانچستر

منبع: انجمن دانشگاه صنعتی امیرکبیر

سامانه دینامیک موتورهای درونسوز پیستونی
(طراحی میل لنگ، نیروی گاز)

$F_G = A_k \cdot p_{opt}$
 $F_S = \frac{F_G}{\cos \beta}$
 $F_N = F_G \tan \beta$
 $F_k = F_G \frac{\cos(\varphi + \beta)}{\cos \beta}$
 $F_T = F_G \frac{\sin(\varphi + \beta)}{\cos \beta}$

- نیروی گاز
- نیرو در راستای دسته پیستون
- نیروی قائم بر سیلندر
- نیروی شعاع (رادیال)
- نیروی مماس (tangential)

مهدی الهادی دانشگاه صنعتی امیرکبیر

سامانه دینامیک موتورهای درونسوز پیستونی
(طراحی میل لنگ، محاسبه فشار سیلندر)

$\dot{Q} + \sum \dot{H} = \dot{U} + \dot{W}$

- قانون اول
- گرما
- انتقالی
- انرژی داخلی
- کار تغییرات زمانی حجم
- جرم گاز ورودی و خروجی
- فشار سیلندر
- حجم سیلندر
- دمای گاز ورودی و خروجی
- ضریب فشردگی

مهدی الهادی دانشگاه صنعتی امیرکبیر

سامانه دینامیک موتورهای درونسوز پیستونی
(طراحی میل لنگ، محاسبه فشار سیلندر)

$V_{opt} = V_c + A_k \cdot x_k$
 $V_{opt} = V_c + A_k \cdot r_k \cdot \left(1 - \cos \varphi + \frac{1}{\lambda_p} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \lambda_p^2 \cdot \sin^2 \varphi} \right) \right)$
 $\dot{V}_{opt} = \frac{dV_{opt}}{dt} = A_k \cdot v_k$
 $= A_k \cdot r_k \cdot \omega \cdot \left(\sin \varphi + \lambda_p \frac{\sin \varphi \cos \varphi}{\cos \beta} \right)$

مهدی الهادی دانشگاه صنعتی امیرکبیر

سامانه دینامیک موتورهای درونسوز پیستونی
(طراحی میل لنگ، محاسبه فشار سیلندر)

$$\dot{U} = \frac{c_p}{R} \cdot \frac{d}{dt}(p \cdot V) \quad dW_T = p \cdot dV \quad c_p - c_v = R$$

$$\sum \dot{H} = \dot{H}_{EV} - \dot{H}_{AV} = c_p \cdot T_a \cdot \dot{m}_{EV} - c_p \cdot T_a \cdot \dot{m}_{AV}$$

$$c_p \cdot T_a \cdot \dot{m}_{EV} - c_p \cdot T_a \cdot \dot{m}_{AV} = \frac{c_p}{R} \cdot V \cdot \dot{p} + \frac{c_p}{R} p \cdot \dot{V} + p \cdot \dot{V}$$

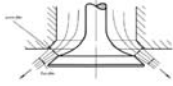
$$\dot{p}_{cyl} = -\kappa \cdot p_{cyl} \cdot \frac{\dot{V}_{cyl}}{V_{cyl}} + \kappa \cdot R_{air} \cdot \frac{T_a}{V_{cyl}} \cdot \dot{m}_{EV} - \kappa \cdot R_{air} \cdot \frac{T_a}{V_{cyl}} \cdot \dot{m}_{AV}$$

$$p_{cyl} = \int_{t_0}^{t_{end}} \dot{p}_{cyl} dt$$

موسسه تخصصی دانشگاه صنعتی امیرکبیر

سامانه دینامیک موتورهای درونسوز پیستونی
(طراحی میل لنگ، محاسبه فشار سیلندر)

$$\dot{m} = \dot{V} \cdot \rho_s = A_s \cdot c_s \cdot \rho_s$$

$$a_s = \frac{A_1}{A_2}$$


$$p_s > p_{cyl} \quad c_s = \sqrt{\frac{2 \cdot \kappa}{\kappa - 1} \cdot \frac{p_s}{\rho_s} \left[1 - \left(\frac{p_{cyl}}{p_s} \right)^{\frac{\kappa - 1}{\kappa}} \right]} \quad \rho_s = \rho_{cyl} \cdot \left(\frac{p_{cyl}}{p_s} \right)^{\frac{1}{\kappa}}$$

$$p_s \leq p_{cyl} \quad c_s = \sqrt{\frac{2 \cdot \kappa}{\kappa - 1} \cdot \frac{p_{cyl}}{\rho_{cyl}} \left[1 - \left(\frac{p_s}{p_{cyl}} \right)^{\frac{\kappa - 1}{\kappa}} \right]} \quad \rho_s = \rho_{cyl} \cdot \left(\frac{p_s}{p_{cyl}} \right)^{\frac{1}{\kappa}}$$

موسسه تخصصی دانشگاه صنعتی امیرکبیر

سامانه دینامیک موتورهای درونسوز پیستونی
(طراحی میل لنگ، ممان نیروی گاز)

- فشار داخل محفظه لنگ، crankcase pressure، تقریباً بر ابر فشار محیط 1bar است

$$M_{Gazmoment} = F_T \cdot r_k$$

$$M_{Gazmoment} = (p_{cyl} - p_{crankcase}) \cdot A_k \cdot r_k \cdot \left(\sin \varphi + \frac{\sin \beta \cos \varphi}{\cos \beta} \right)$$

$$= (p_{cyl} - p_{crankcase}) \cdot A_k \cdot r_k \cdot \left(\sin \varphi + \lambda_p \cdot \frac{\sin \varphi \cos \varphi}{\sqrt{1 - \lambda_p^2 \cdot \sin^2 \varphi}} \right)$$

موسسه تخصصی دانشگاه صنعتی امیرکبیر

سامانه دینامیک موتور های درونسوز پیستونی (طراحی میل لنگ، نیرو های گازی، جرمی، و برآیند)

• از آنجائیکه سطح پیستون متناسب بامجنور قطر سیلندر افزایش می یابد، بنابراین هر چند قطر سیلندر بزرگتر باشد، نیروی گازی نیز بیشتر است. نیروی گازی موتور های کورس کوتاه، در حالت یکسان بودن حجم کورس، بیشتر از موتور های کورس بلند است.

منبع: دکترانی دانشگاه صنعتی امیرکبیر

سامانه دینامیک موتور های درونسوز پیستونی (طراحی میل لنگ، نوسان نیروی جرم و گازی)

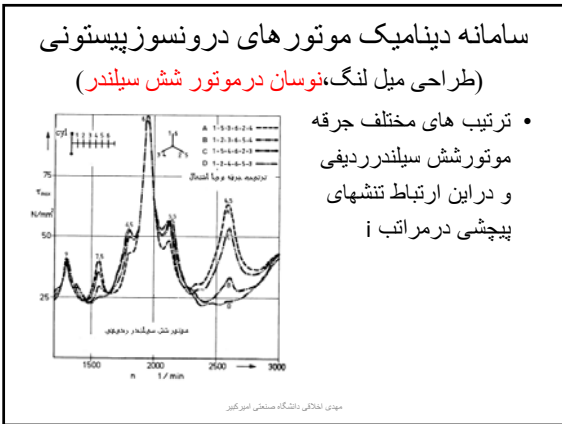
دامنه نوسان نیروی جرم و گازی بر حسب مراتب هارمونیک

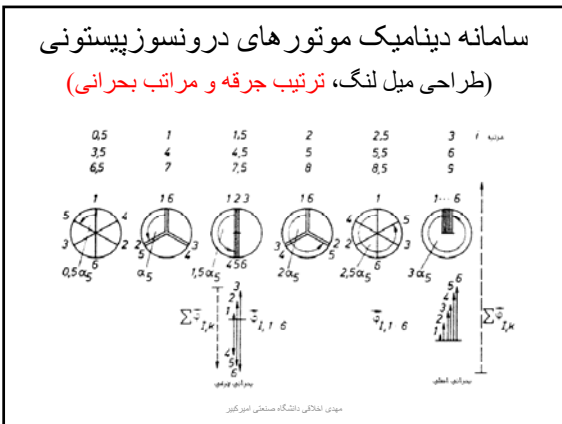
تجزیه هارمونیک نیروی گازی

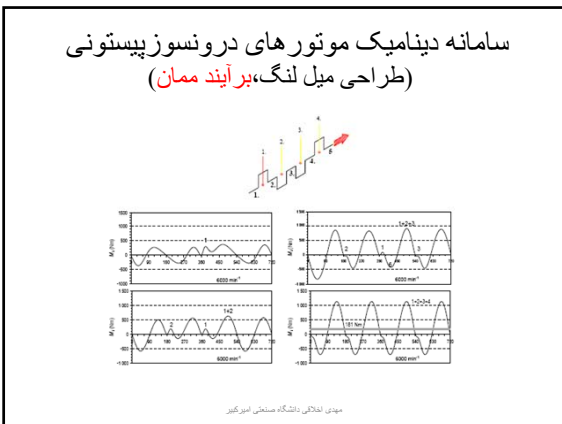
منبع: دکترانی دانشگاه صنعتی امیرکبیر

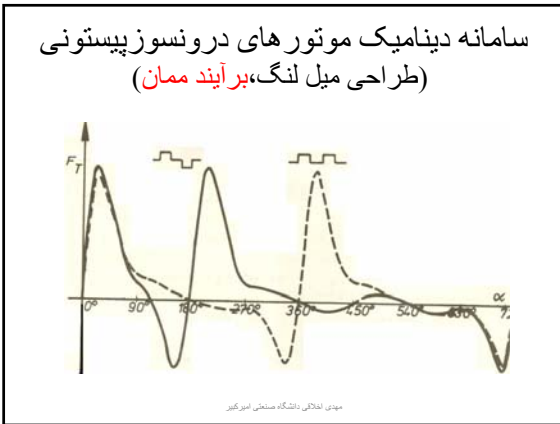
سامانه دینامیک موتور های درونسوز پیستونی (طراحی میل لنگ، نوسان نیروی موتور شش سیلندر)

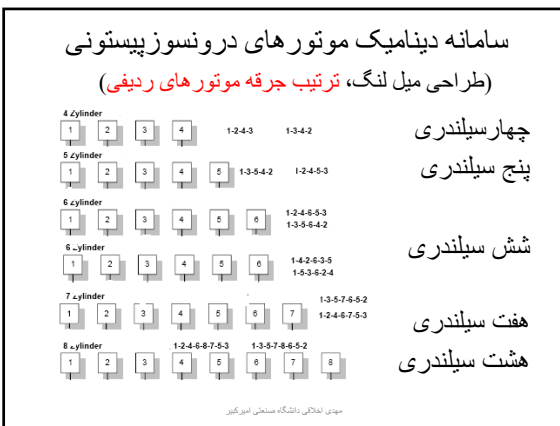
منبع: دکترانی دانشگاه صنعتی امیرکبیر

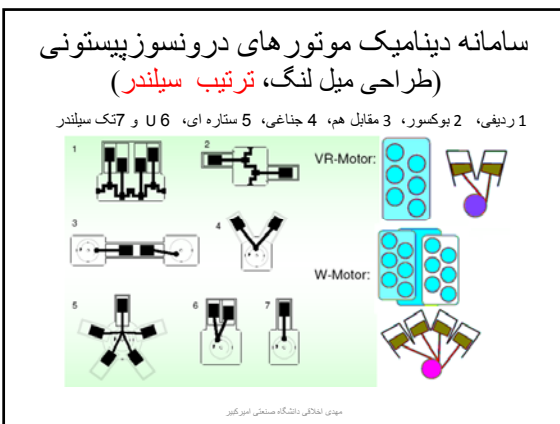












سامانه دینامیک موتور های درونسوز پیستونی
(طراحی میل لنگ، ترتیب جرقه موتور های جناغی)

موسسه تخصصی آموزش عالی

سامانه دینامیک موتور های درونسوز پیستونی
(طراحی میل لنگ، ترتیب جرقه موتور های بوکسور)

موسسه تخصصی آموزش عالی

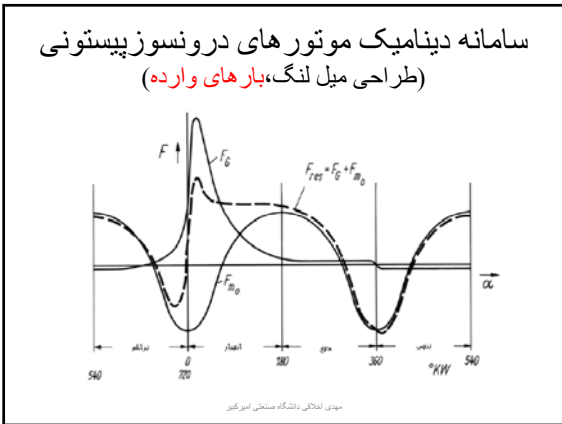
سامانه دینامیک موتور های درونسوز پیستونی
(طراحی میل لنگ، بار های وارده)

+ تنش کششی در اثر نیروی جرمی
- تنش فشاری در اثر بار گاز

مثال:

$m_p = 0,7 \text{ kg}$
 $r = 0,045 \text{ m}$
 $n = 100 \text{ 1/s}$ ($n = 6000 \text{ 1/min}$), $\omega = 2\pi n$
 $\lambda = 1/3$
 $\alpha = 0^\circ$, $\cos \alpha = 1$, $\cos 2\alpha = 1$
 $F_{m_0} = -m_p r \omega^2 (\cos \alpha + \lambda \cos 2\alpha)$
 $\rightarrow F_{m_0} = -16,6 \text{ kN}$

موسسه تخصصی آموزش عالی



سامانه دینامیک موتورهای درونسوز پیستونی (طراحی میل لنگ، استحکام استاتیکی و دینامیکی)

- استحکام پاسخگوی آن است که تا چه اندازه قطعه میتواند در مقابل بارهای وارده چه از نوع استاتیکی (آرام) و یا دینامیکی (تورمی، متغیر، ضربه ای) مقاومت نماید و در این ارتباط چه ابعادی را نیاز دارد. برای این منظور نقاط حساس شناسایی و برحسب بار و نوع آن تنش (استاتیکی، دینامیکی، یک یا چند بعدی) محاسبه و با تنش مجاز (نسبت استحکام به ضریب اطمینان، یک بعدی) مقایسه میشوند.

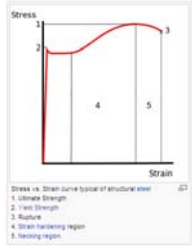
مهدی لعلالی دانشگاه صنعتی امیرکبیر

سامانه دینامیک موتورهای درونسوز پیستونی (طراحی میل لنگ، بارهای استاتیکی و دینامیکی)

- استاتیکی و یا آرام F, M
- تورمی F, M
- متغیر F, M
- نوسانی F, M
- ضربه ای F, M

مهدی لعلالی دانشگاه صنعتی امیرکبیر

سامانه دینامیک موتورهای درونسوز پیستونی
(طراحی میل لنگ، کنترل استحکام استاتیکی)



- تعیین تنش بر حسب نوع بار
- تعیین استحکام استاتیکی از نمودار آزمایش کشش-فشار و رعایت افزایش آن برای خمش توسط اعمال ضریب حمایتی U_{yb} .

منبع: تحلیل دانشگاه صنعتی امیرکبیر

سامانه دینامیک موتورهای درونسوز پیستونی
(طراحی میل لنگ، استحکام استاتیکی)

در خمش بدون تغییر فرم ناگهانی:

$$\sigma_{yb} = U_{yb} \sigma_y$$

برای میله $U_{yb} = 1 + 0.53(300/\sigma_y)^{0.25}$

برای تسمه $U_{yb} = 1 + 0.37(300/\sigma_y)^{0.25}$

در خمش با تغییر فرم ناگهانی:

$$\sigma_{yk} = U_{yk} \sigma_y / \alpha_k$$

$$U_{yk} = 1 + 0.75(c^* \alpha_k - 1)(300/\sigma_y)^{0.25}$$

برای کشش و فشار $c^* = 1.0$ ، خمش میله $c^* = 1.7$ ، خمش تسمه $c^* = 1.5$ و پیچش

منبع: تحلیل دانشگاه صنعتی امیرکبیر

سامانه دینامیک موتورهای درونسوز پیستونی
(طراحی میل لنگ، استحکام دینامیکی)

- تعیین تنش بر حسب نوع بار و برای تنشهای چند بعدی تعیین تنش جایگزین یا مقایسه ای σ_v
- تعیین استحکام دینامیکی بکمک نمودار S-N ویا Goodman ویا نمودار Smith برای میله صاف و از آنجا تعیین استحکام فرم برای میله های با تغییر فرم با اعمال ضرایب β_k و α_k

$$\sigma_v = \sqrt{\sigma^2 + 3(\alpha_k \tau)^2}$$

$$\beta_k = \frac{\sigma_{fk}}{U_{\sigma}}$$

$$U_{\sigma} = 1 + \sqrt{\rho^3 S_{\sigma}}$$

منبع: تحلیل دانشگاه صنعتی امیرکبیر

سامانه دینامیک موتورهای درونسوز پیستونی
(طراحی میل لنگ، کنترل استحکام دینامیکی)

• بار و استحکام

منبع: انجمن دانشگاه صنعتی امیرکبیر

سامانه دینامیک موتورهای درونسوز پیستونی
(طراحی میل لنگ، کنترل استحکام دینامیکی)

• منحنی S-N فولاد

منبع: انجمن دانشگاه صنعتی امیرکبیر

سامانه دینامیک موتورهای درونسوز پیستونی
(طراحی میل لنگ، کنترل استحکام دینامیکی)

• بار و نمودار Smith

منبع: انجمن دانشگاه صنعتی امیرکبیر

سامانه ديناميك موتورهاي درونسوز پيستوني
 (طراحي ميل لنگ، استحکام ديناميكي)

• عدد فرم براي ميل لنگ در خمش

$\alpha_{15} = \alpha_{1.0} \cdot \zeta_1 \cdot \zeta_2 \cdot \zeta_3 \cdot \zeta_4 \cdot \zeta_5 \cdot \zeta_6$

منبع: الحادي دانشگاه صنعتي اميركبير

سامانه ديناميك موتورهاي درونسوز پيستوني
 (طراحي ميل لنگ، استحکام ديناميكي)

• عدد فرم براي ميل لنگ در پيچش

$\alpha_{14} = \alpha_{1.0} \cdot \delta_1 \cdot \delta_2 \cdot \delta_3 \cdot \delta_4$

منبع: الحادي دانشگاه صنعتي اميركبير

سامانه ديناميك موتورهاي درونسوز پيستوني
 (طراحي ميل لنگ، طراحي فرم)

منبع: الحادي دانشگاه صنعتي اميركبير

سامانه دینامیک موتور های درونسوز پیستونی
(طراحی میل لنگ، طراحی فرم)

مهدی الحائری دانشگاه صنعتی امیرکبیر

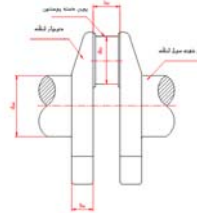
سامانه دینامیک موتور های درونسوز پیستونی
(طراحی میل لنگ، طراحی فرم)

مهدی الحائری دانشگاه صنعتی امیرکبیر

سامانه دینامیک موتور های درونسوز پیستونی
(طراحی میل لنگ، طراحی فرم)

مهدی الحائری دانشگاه صنعتی امیرکبیر

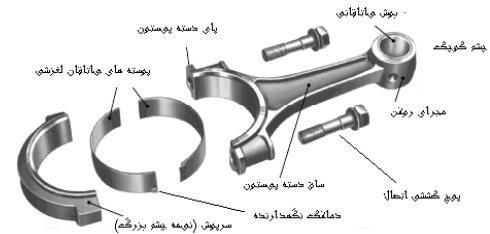
دینامیک موتورهای درونسوز پیستونی (طراحی میل لنگ، ابعاد پیشنهادی لنگ)



- با توجه به قطر سیلندر d
- قطر بین لنگ $d_{kz}=0.65d$
- قطر بین شفت $d_{wz}=0.8d$
- طول بین لنگ $l_{kz}=0.3d$
- طول بین شفت $l_{wz}=0.32d$
- ضخامت لنگ $b_w=0.3d$

منبع: طراحی دینامیک موتورهای درونسوز پیستونی

سامانه دینامیک موتورهای درونسوز پیستونی (طراحی دسته پیستون)



چشم کوچک
مجرای روغن
پیچ ششگوشه اتصال
حامل کشنده نشاندارنده
ساز دسته پیستون
سربوش (نیمه چشم بزرگ)
بسته های میاتانان لغزشی
بوش میاتانانی
بای دسته پیستون

منبع: طراحی دینامیک موتورهای درونسوز پیستونی

سامانه دینامیک موتورهای درونسوز پیستونی (طراحی دسته پیستون، محاسبه تخمینی نیرو)

- حداکثر نیروی پیستون تقریباً 10° بعد از نقطه مرگ بالا برای محاسبه نیروی دسته پیستون F_p بکار میرود.

$$F_p = F_{pmax} / \sqrt{1 - \lambda^2 \sin^2 \varphi}$$

$$F_{pmax} = F_G + F_O(\varphi=360^\circ)$$

- حداکثر نیروی کششی برچشم کوچک F_{p1} در تعویض گاز مرگ (جرم پیستون m_1 + جرم انگشتی m_2 + جرم رینگها m_3)
- نیروهای کششی چشم بزرگ توسط پیچ های اتصال جذب میشوند.

$$F_{p1} = (m_1 + m_2 + m_3) r \omega^2 (1 + \lambda)$$


منبع: طراحی دینامیک موتورهای درونسوز پیستونی

سامانه دینامیک موتورهای درونسوز پیستونی
(طراحی دسته پیستون، محاسبه تخمینی تنش در چشم کوچک)

- تنش کششی متغیر در مقطع A-A:

$$\sigma_z = F_{p1} / A_A \quad A_A = h \cdot b$$

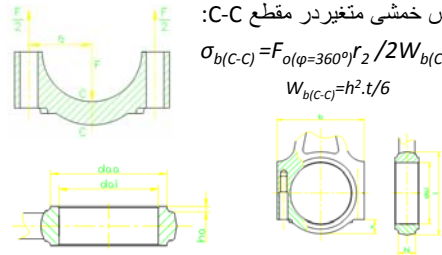
- تنش خمشی متغیر در مقطع B-B:

$$\sigma_{b(B-B)} = F_{p1} r_1 / 2W_{b(B-B)} \quad W_{b(B-B)} = b^2 \cdot h / 6$$


مبدی الحالی دانشگاه صنعتی امیرکبیر

سامانه دینامیک موتورهای درونسوز پیستونی
(طراحی دسته پیستون، محاسبه تخمینی تنش در چشم بزرگ)

- تنش خمشی متغیر در مقطع C-C:

$$\sigma_{b(C-C)} = F_o(\varphi=360^\circ) r_2 / 2W_{b(C-C)} \quad W_{b(C-C)} = h^2 \cdot t / 6$$


مبدی الحالی دانشگاه صنعتی امیرکبیر

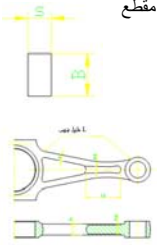
سامانه دینامیک موتورهای درونسوز پیستونی
(طراحی دسته پیستون، محاسبه تخمینی تنش در ساق)

- حداکثر نیرو کمی بعد از احتراق، و کوچکترین مقطع:

$$F_{max} = F_{Dmax} = F_G + F_o(\varphi=360^\circ) \quad A_s = 2s \cdot B$$

$$\sigma_D = F_{Dmax} / A_s$$

- صرفنظر از تنش خمشی متأثر از نیروی جرم بدلیل کوتاهی ساق
- حداکثر تنش کششی در مرگ بالا-تعویض گاز:

$$\sigma_{Zmax} = F_{Zmax} / A_s \quad F_{Zmax} = F_{p1}$$


مبدی الحالی دانشگاه صنعتی امیرکبیر

سامانه دینامیک موتور های درونسوز پیستونی
 (طراحی دسته پیستون، محاسبه تخمینی کمانش)

• طول آزاد کمانش l_{free}

$$\lambda_{\text{free}} = \frac{l_{\text{free}}}{i}$$

شعاع ممان دوم سطح

$$i = \sqrt{\frac{I}{A_2}}$$

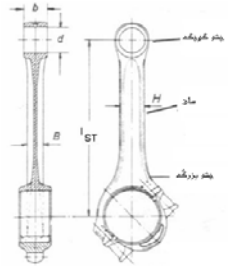
ممان دوم سطح

$$I = \frac{B(2s + s_2)^3 - Bs_2^3}{12}$$

مقدار مجاز $\lambda_{\text{free}} < 60$

موسسه تحقیقاتی دانشگاه صنعتی امیرکبیر

سامانه دینامیک موتور های درونسوز پیستونی
 (طراحی دسته پیستون، ابعاد پیشنهادی)



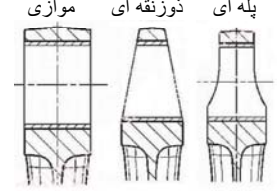
$H/B = 1,5$
 $d = \{0,25-0,45\} D$
 $b/d = 1 - 1,5$
 $I_{ST} = \{3,5-4,5\} F_K$
 D قطر سوپاپ
 F_K ضریب ایمنی

موسسه تحقیقاتی دانشگاه صنعتی امیرکبیر

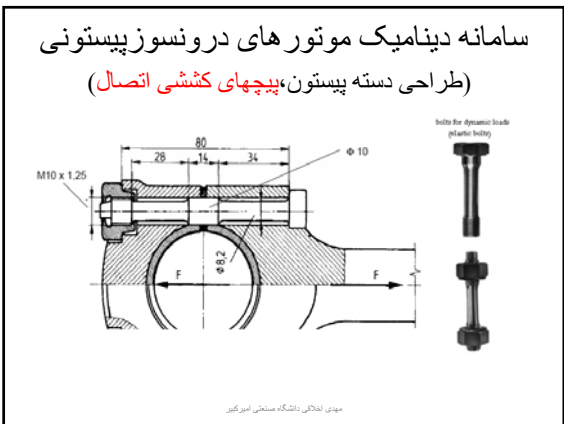
سامانه دینامیک موتور های درونسوز پیستونی
 (طراحی دسته پیستون، طراحی فرم چشم کوچک)

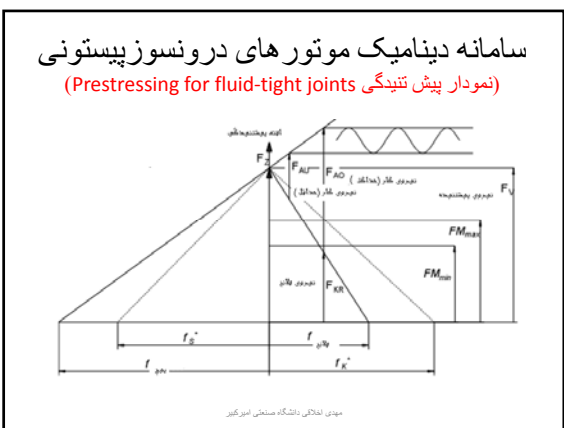
-کاهش وزن و امکان طراحی بهتر فرم پیستون، نوع نوزنقه ای
 -توزیع مناسبتر بار بین پیستون و دسته پیستون، نوع پله ای

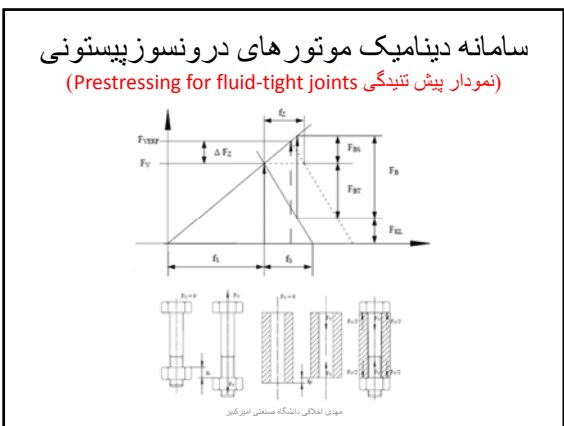
پله ای نوزنقه ای موازی



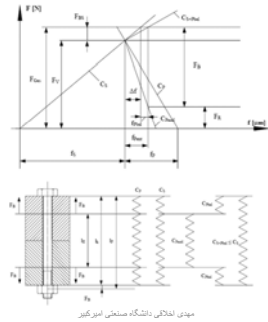
موسسه تحقیقاتی دانشگاه صنعتی امیرکبیر







سامانه دینامیک موتورهای درونسوز پیستونی
(نمودار پیش تنیدگی (Prestressing for fluid-tight joints))

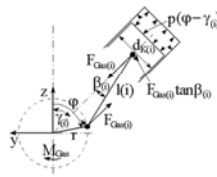


سامانه دینامیک موتورهای درونسوز پیستونی
(طراحی پیستون)



سامانه دینامیک موتورهای درونسوز پیستونی
(طراحی پیستون، بارهای وارده بر کف)

- نیروی وارد بر کف پیستون از جمع برداری نیروی گاز و نیروی جرم بدست میآید.
- بزرگترین تنش خمشی رادیال بر کف پیستون $p(\varphi = \gamma_0)$



$$\sigma_{\varphi, r} = \frac{d_{i0}^2 \omega^2}{4 s^2}$$

ضخامت کف s و قطر داخلی پیستون d_{i0}

- مقیاس بار بر پیستون، توان ویژه سطح P_A است.

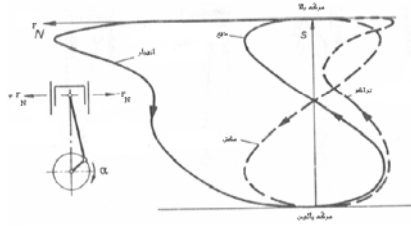
$$P_A = \frac{P_e}{z \cdot A}$$

تعداد سیلندرز، سطح پیستون A و توان مفید P_e .

برای پیستون با خنک کاری اضافه مقادیر $P_A = 0.0015 - 0.0045 \text{ kW/mm}^2$ بزرگتر پیشنهاد شده است.

مبدی انجالی دانشگاه صنعتی امیرکبیر

سامانه دینامیک موتور های درونسوز پیستونی
(طراحی پیستون، باربر سیلندر در حین سیکل کار)



مبدی الفدالی دانشگاه صنعتی امیرکبیر

سامانه دینامیک موتور های درونسوز پیستونی
(طراحی پیستون، محاسبه اصطکاک)

- اصطکاک کلیه رینگها، پیراهن وانگشتی تابعی از فشار، دور، زاویه لنگ و زمان (40-50% کل اصطکاک موتور)

$$M_{friction} = F_{friction} \cdot r_k \cdot \left(\sin \varphi + \lambda_p \cdot \frac{\cos \varphi \cdot \sin \varphi}{\cos \beta} \right)$$

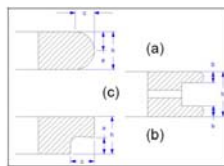
$$\text{Stribeck parameter } S = \frac{\eta_{cr} \cdot |v_r|}{F_{Normal} / L_{Ring}}$$

$$F_{friction} = \begin{cases} c_{hl} \cdot S^{m_h} \cdot F_{Normal} & S \geq S_{cr} \\ \left[f_0 \cdot (1 \cdot S / S_{cr}) + f_{cr} \cdot (S / S_{cr}) \right] \cdot F_{Normal} & S < S_{cr} \end{cases}$$

S_{cr} =critical stribeck parameter=1.10⁻⁴
برای: c/a=0.03-0.2; داریم: m_h=0.425-0.525; c_{hl}=1.9-2.25

مبدی الفدالی دانشگاه صنعتی امیرکبیر

سامانه دینامیک موتور های درونسوز پیستونی
(طراحی پیستون، محاسبه اصطکاک)



- a رینگ تراکم در بالا
- b رینگ تراکم در پایین
- c رینگ روغن

$$F_{NormalV1} = 4 \cdot R_{V1} + \pi \cdot d_k \cdot h \cdot p_{201}$$

$$L_{RING V2} = 0,25 \cdot a$$

دو نقطه تراکم در روغن

$$F_{NormalV2} = 4 \cdot R_{V2}$$

$$L_{RING V2} = h - a$$

دو نقطه تراکم در روغن

$$F_{NormalO} = 4 \cdot R_O$$

$$L_{RING O} = 2 \cdot b$$

R_{V1}, R_{V2}, R_O نیروهای رادیال رینگها هستند

مبدی الفدالی دانشگاه صنعتی امیرکبیر

سامانه دینامیک موتور های درونسوز پیستونی (طراحی پیستون، محاسبه اصطکاک)

اصطکاک رینگها 60-70% کل اصطکاک پیستون است. بدلیل تماس بزرگ و بار نسبتاً کوچک، روغنکاری پیراهن پیستون کاملاً "هیدرودینامیکی فرض میشود و محاسبه آن شبیه حالت قبل و پیستون صلب است. ضریب اصطکاک:

نیروی مابین پیراهن پیستون و بوش سیلندر:

$$f_{Kh} = C_s \sqrt{\frac{\eta_{Ol} \cdot |V_K| \cdot L_{Kh}}{F_{Normal_Kh}}}$$

F_{Normal_Kh}
طول پیراهن پیستون:
 L_{Kh}

نیروی اصطکاک بر پیراهن پیستون برابر است با:

$$F_{f_Kh} = f_{Kh} \cdot F_{Normal_Kh} \cong 2,5 \cdot \sqrt{L_{Kh} \cdot \eta_{Ol} \cdot |V_K| \cdot F_{Normal_Kh}}$$

مهدی الهادی دانشگاه صنعتی امیرکبیر

سامانه دینامیک موتور های درونسوز پیستونی (طراحی میل لنگ، محاسبه ممان اصطکاک)

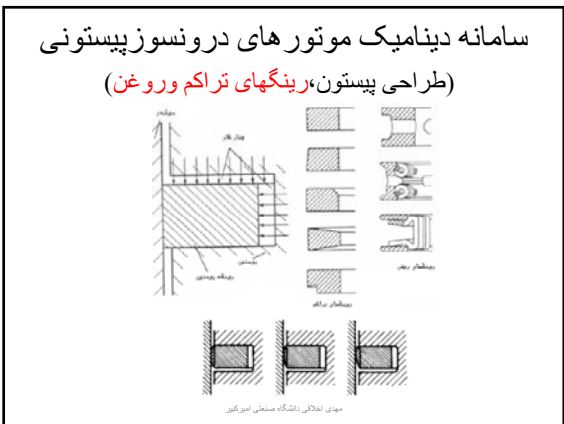
- محاسبه اصطکاک براساس مدل وابسته به فشار، دور، و زاویه لنگ و زمان بشرح زیرصورت میگردد.
- **مدل اول:** پیستون شامل کلیه رینگها، پیراهن وانگشتی پیستون (40-50%)
- **مدل دوم:** محرک سوپاپ (10-20%)
- **مدل سوم:** یاتاقانهای پایه میل لنگ و دسته پیستون (20-30%)
- **مدل چهارم:** محرکهای جانبی نظیر پمپ روغن، دینام و ...

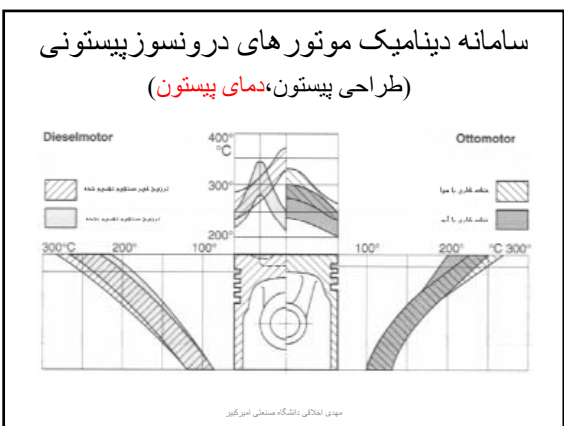
مهدی الهادی دانشگاه صنعتی امیرکبیر

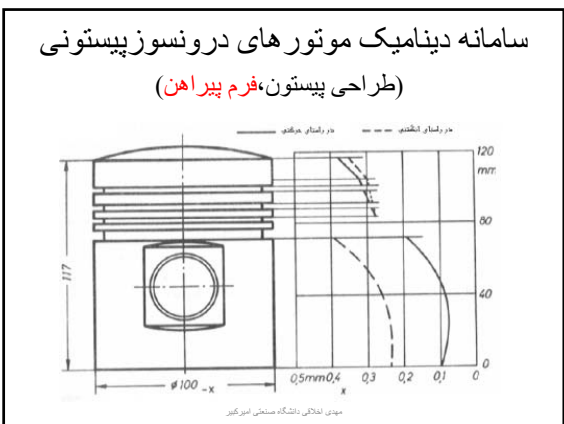
سامانه دینامیک موتور های درونسوز پیستونی (طراحی پیستون، ابعاد پیشنهادی)

<p>D: 65.105 * d</p> <p>GL: 0.7.1.0 * d</p> <p>KH: 0.35.0.60 * d</p> <p>BO: 0.25.0.30 * d</p> <p>F: 0.06.0.12 * d</p> <p>St: 0.04.0.05 * d</p> <p>AA: 0.25.0.40 * d</p> <p>S: 0.07.0.10 * d</p> <p>Gv: 0.5.0.8 g/cm³ * d</p>	<p>تفاوت جدار روغنکده اول:</p> <p>SL: 0.40.0.70 * d</p>
---	---

مهدی الهادی دانشگاه صنعتی امیرکبیر







سامانه دینامیک موتورهای درونسوز پیستونی (طراحی پیستون، تاثیر دما و خنک کاری)

مهدی الهادی دانشگاه صنعتی امیرکبیر

سامانه دینامیک موتورهای درونسوز پیستونی (طراحی پیستون، فرم پیستون و محفظه احتراق در اتو)

مهدی الهادی دانشگاه صنعتی امیرکبیر

سامانه دینامیک موتورهای درونسوز پیستونی (طراحی پیستون، FSI Full Stratified Injection)

- layer load enterprise
 - در دور پائین درجه گاز بلحاظ کاهش افت سیالی کاملا" باز و درجه کانال هوا بسته است. هوا شتاب و چرخش میکند. تزریق کمی قبل از جرقه و بدین ترتیب مخلوط قابل اشتعال کنار شمع. نسبت هوا 3,0، افزایش توربولنت توسط فرم کف پیستون. عایق سازی هوا بمنظور کاهش افت گرما ضروری است.
- transient area
 - تزریق زودتر، درجه کانال بسته، نسبت هوا 1,4، بدون AGR
- homogeneous enterprise
 - از 3000 دور در دقیقه به بالا درجه کانال هوا باز، تزریق در مرحله مکش، شرایط نظیر تنظیم توسط درجه گاز در نسبت هوا (مخلوط همگون) 1.0 ، خنک کاری داخلی بهتر و بدین ترتیب تراکم بیشتر ممکن است.

مهدی الهادی دانشگاه صنعتی امیرکبیر

سامانه دینامیک موتورهای درونسوز پیستونی
 (طراحی پیستون، فرم پیستون و محفظه احتراق در اتو، FSI Fuel Stratified Injection)

Layer load enterprise gasoline direct injection

The diagram shows two engine configurations. The left one is labeled 'stratified-charge Operation' and shows fuel (green) layered at the bottom of the combustion chamber. The right one is labeled 'Homogeneous Working' and shows fuel (green) mixed throughout the chamber. Below each diagram is a photograph of the corresponding engine component.

مهدی الهادی دانشگاه صنعتی امیرکبیر

سامانه دینامیک موتورهای درونسوز پیستونی
 (طراحی پیستون، فرم پیستون و محفظه احتراق در دیزل)

The diagram illustrates the combustion chamber of a diesel engine. The top part shows two cross-sections of the chamber with fuel being injected. The bottom part shows three sequential stages of fuel injection into the chamber.

مهدی الهادی دانشگاه صنعتی امیرکبیر

سامانه دینامیک موتورهای درونسوز پیستونی
 (طراحی پیستون، پیاله گردان احتراق در دیزل Ricardo)

The diagram shows a Ricardo diesel engine combustion chamber. The left part is a perspective view of the chamber with a fuel injector. The right part is a cross-section showing the fuel being injected into the chamber.

مهدی الهادی دانشگاه صنعتی امیرکبیر

سامانه دینامیک موتورهای درونسوز پیستونی

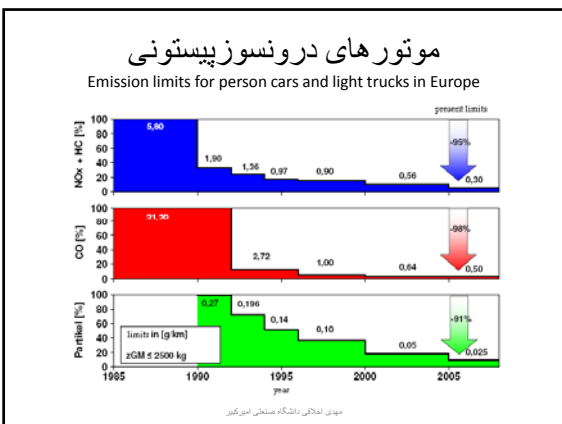
(طراحی پیستون، محفظه احتراق در دیزل، تقسیم شده با پیاله گردان احتراقی و پیاله احتراقی)

مهدی اجدالی دانشگاه صنعتی امیرکبیر

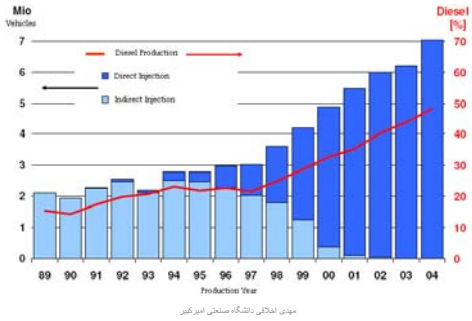
سامانه دینامیک موتورهای درونسوز پیستونی

(طراحی پیستون، محفظه احتراق در دیزل، تقسیم نشده)

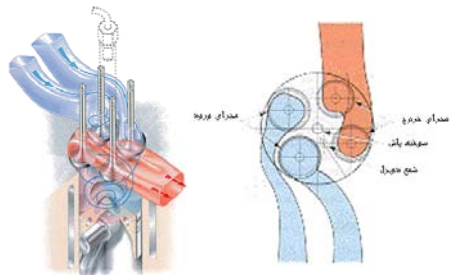
مهدی اجدالی دانشگاه صنعتی امیرکبیر



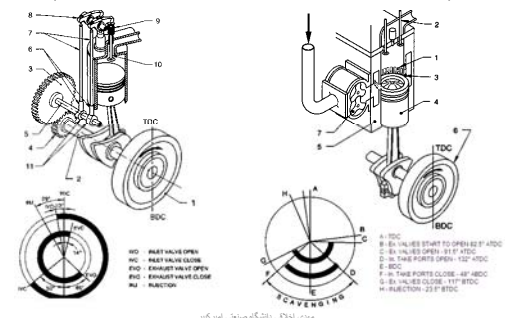
سامانه دینامیک موتور های درونسوز پیستونی
(سهم تولید موتور های دیزل تزریق مستقیم و غیر مستقیم)



سامانه دینامیک موتور های درونسوز پیستونی
(تعویض سیال، مجرای ورود و خروج)



سامانه دینامیک موتور های درونسوز پیستونی
(تعویض سیال، زمان بندی در چهار و دو زمانه)



سامانه دینامیک موتور های درونسوز پیستونی
 (تعویض سیال، نمودار زمان بندی)

موسسه تحقیقاتی دانشگاه صنعتی امیرکبیر

سامانه دینامیک موتور های درونسوز پیستونی
 (تعویض سیال، سامانه سوپاپی)

- سوپاپ اینتیکه، افت گرمایی زیاد، بدون گردش سیال، میل بادامک پائین
- سوپاپ اویزان، امکان بهترین نسبت هوا به سوخت، نیاز به دو میل بادامک
- سوپاپ اویزان، سطح بزرگ تبادل گرما، ارتفاع کوتاه ساختمان موتور میسر

موسسه تحقیقاتی دانشگاه صنعتی امیرکبیر

سامانه دینامیک موتور های درونسوز پیستونی
 (تعویض سیال، مکانیزم سوپاپ)

موسسه تحقیقاتی دانشگاه صنعتی امیرکبیر

سامانه دینامیک موتور های درونسوز پیستونی
(تعویض سیال، مکانیزم سوپاپ-میل بادامک پائین و بالا)

Over Hanging Valves OHV

Side Valves SV

Over Head Camshaft OHC

موسسه تخصصی آموزش مهندسی

The diagram illustrates three types of internal combustion engine valve mechanisms. The top row shows Side Valves (SV) in three configurations (A, B, C) and Over Hanging Valves (OHV) in three configurations (A, B, C). The bottom row shows Over Head Camshaft (OHC) in three configurations (A, B, C). The OHV diagrams show a camshaft positioned above the cylinder head, operating the valves via pushrods and rocker arms.

سامانه دینامیک موتور های درونسوز پیستونی
(تعویض سیال، مکانیزم سوپاپها)

موسسه تخصصی آموزش مهندسی

This block contains a collage of images related to engine components. On the left, there are several photographs of engine parts, including what appears to be a piston and connecting rod assembly. On the right, there is a technical diagram of an engine's internal mechanism, showing the cylinder, piston, and valve train. A separate diagram shows a valve train component with a red and blue highlight.

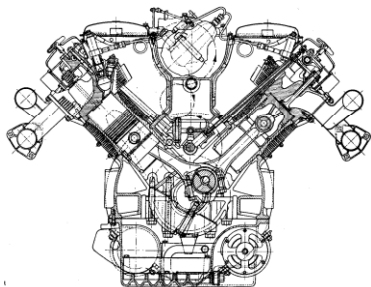
سامانه دینامیک موتور های درونسوز پیستونی
(تعویض سیال، سوپاپ ایستاده و آویزان میل بادامک پائین)

Side Valves

موسسه تخصصی آموزش مهندسی

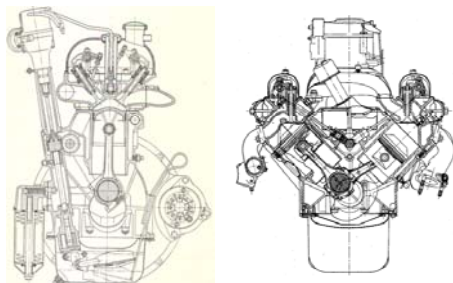
The diagram shows two views of a Side Valves engine mechanism. The left view is a detailed cutaway of the engine block and cylinder head, showing the internal components like the piston, connecting rod, and valve train. The right view is a simplified schematic of the same engine, highlighting the side valve arrangement.

سامانه دینامیک موتورهای درونسوز پیستونی
(تعویض سیال، سوپاپ آویزان میل بادامک پائین)



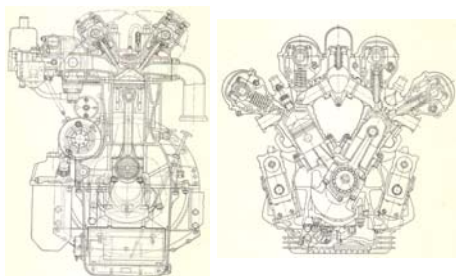
معدنی الحاقی دانشگاه صنعتی امیرکبیر

سامانه دینامیک موتورهای درونسوز پیستونی
(تعویض سیال، سوپاپ آویزان میل بادامک پائین)



معدنی الحاقی دانشگاه صنعتی امیرکبیر

سامانه دینامیک موتورهای درونسوز پیستونی
(تعویض سیال، سوپاپ آویزان میل بادامک بالا)



معدنی الحاقی دانشگاه صنعتی امیرکبیر

موتورهای درونسوز پیستونی
(سامانه های سوخت رسانی، **کاربراتور ساده**)

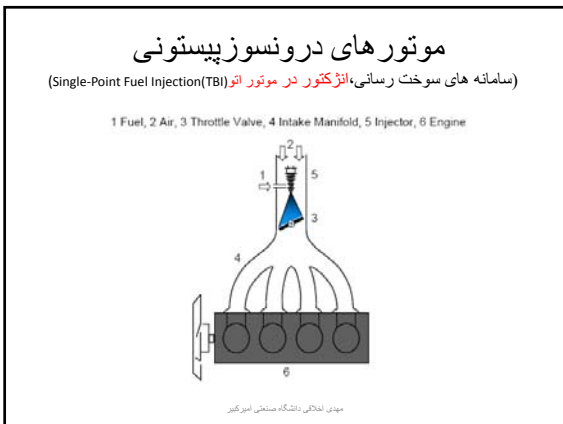
مبدی الحاقی دانشگاه صنعتی امیرکبیر

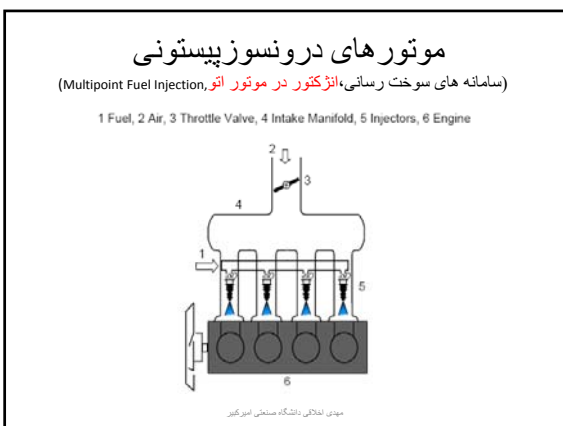
موتورهای درونسوز پیستونی
(سامانه های سوخت رسانی، **کاربراتور جریان نزولی و فشار ثابت**)

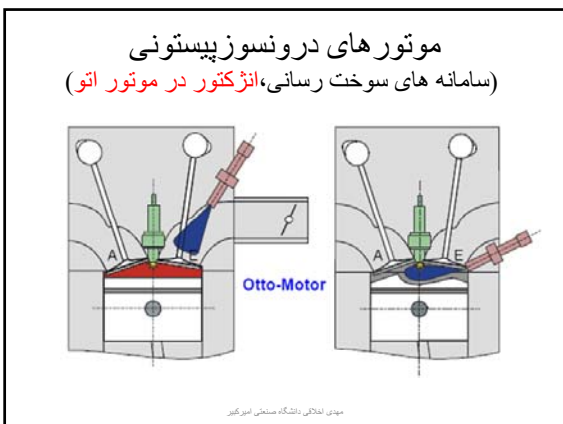
مبدی الحاقی دانشگاه صنعتی امیرکبیر

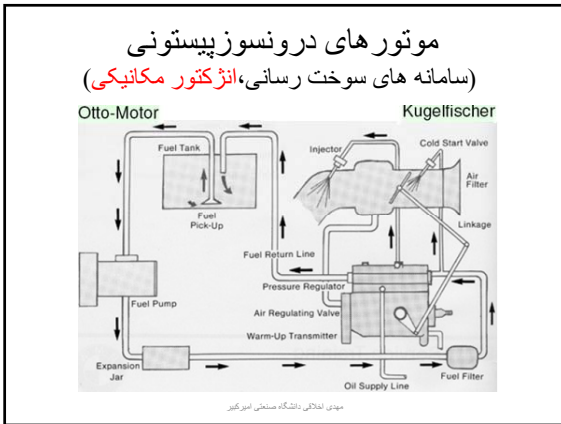
موتورهای درونسوز پیستونی
(سامانه های سوخت رسانی، **کاربراتور جریان نزولی**)

مبدی الحاقی دانشگاه صنعتی امیرکبیر

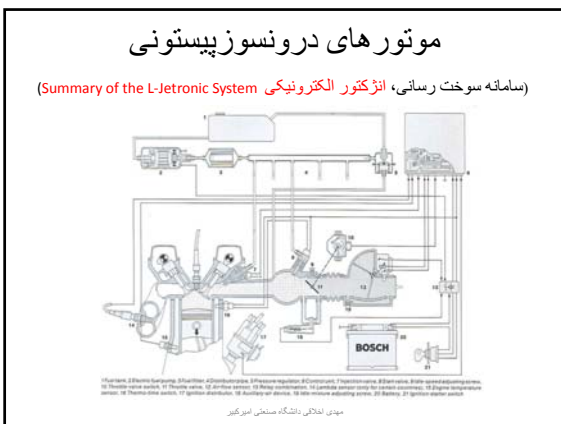












موتورهای درونسوز پیستونی
 (سامانه های سوخت رسانی، انژکتور K-Jetronic)

موسسه فناوری اطلاعات دانشگاه صنعتی امیرکبیر

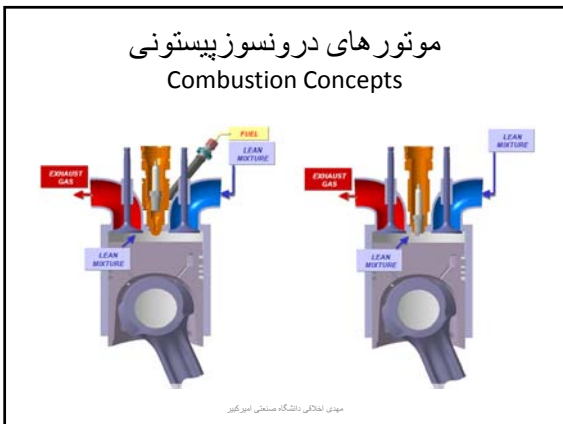
موتورهای درونسوز پیستونی
 (سامانه های سوخت رسانی، انژکتور LH-Jetronic)

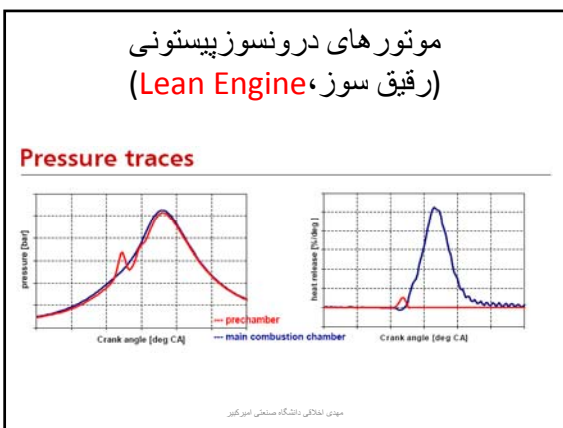
موسسه فناوری اطلاعات دانشگاه صنعتی امیرکبیر

موتورهای درونسوز پیستونی
 (سامانه های سوخت رسانی، Direct Injection)

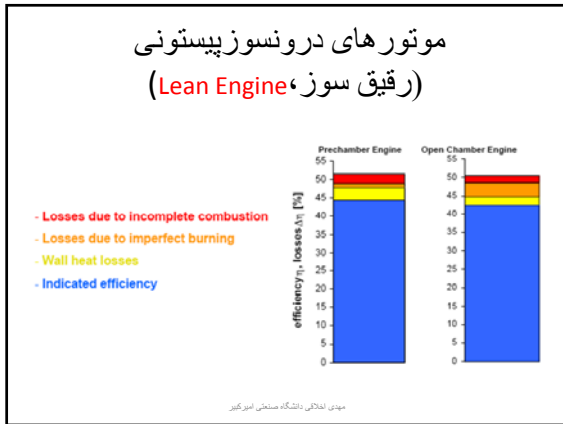
Many of the design challenges in a direct injection system involve operation within harsh environments. Designing reliable, cool-effective injectors capable of withstanding the in-cylinder heat has proven to be a complex challenge. Due to the very short time for injection, high pressure injectors are required. From an electronics standpoint, direct injection engines have a small window for injection. In direct injection engines, injection typically occurs during the intake stroke, allowing only 90° on an eight-cylinder (1.875ms) for total fuel delivery. During higher output modes, fuel can be injected during the intake stroke giving an additional 90° of injection time, a very short time compared to the 720° (15ms) an MPI engine typically has for fuel delivery.

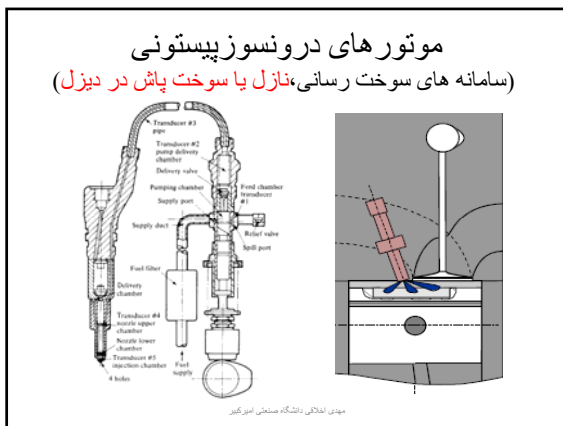
موسسه فناوری اطلاعات دانشگاه صنعتی امیرکبیر

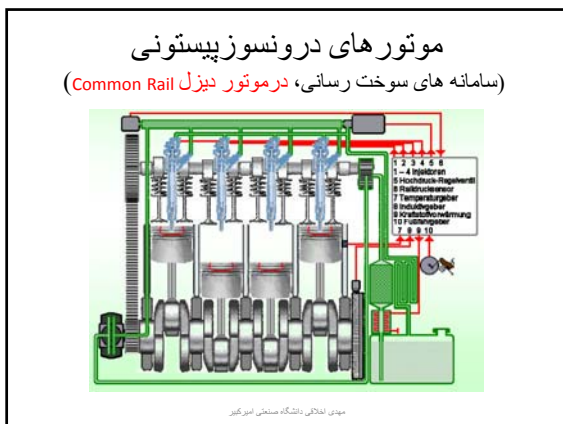












موتورهای درونسوز پیستونی
(سامانه های سوخت رسانی، نازل یا سوخت پاش در دیزل)

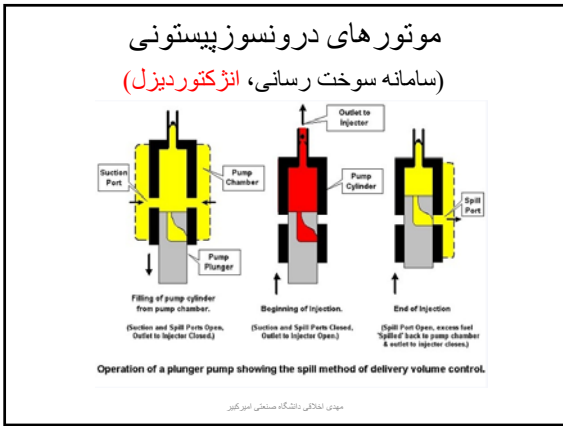
مهدی اجدالی دانشگاه صنعتی امیرکبیر

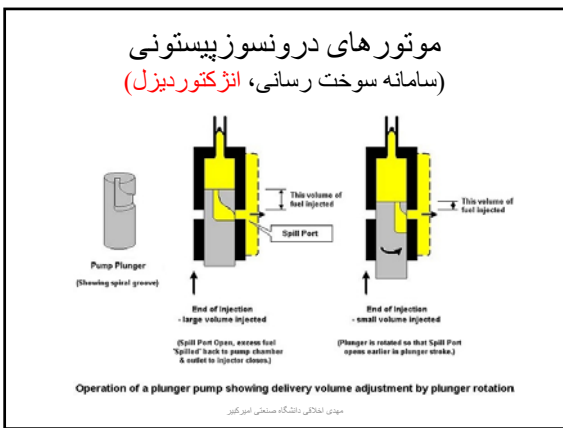
موتورهای درونسوز پیستونی
(سامانه های سوخت رسانی، نازل و پمپ نازل دیزل)

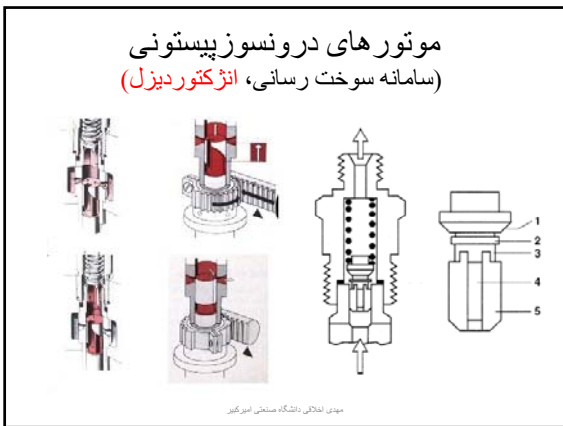
مهدی اجدالی دانشگاه صنعتی امیرکبیر

موتورهای درونسوز پیستونی
(سامانه سوخت رسانی، دیزل Animated cut through diagram of a typical fuel injector)

Electrical Attachment
Solenoid Off
Pressurised Fuel
Fuel Filter
Injector Casing
Plunger
Valve Spring
Spray Tip







دینامیک موتورهای درونسوز پیستونی
(طراحی پیستون، Wankler Engine)

E = intake
A = outlet
F_p = force
V_K = chamber volume

مهدی الهادی دانشگاه صنعتی امیرکبیر

دینامیک موتورهای درونسوز پیستونی
(طراحی پیستون، Wankler Engine)

Mazda Renesis (Bi-Fuel, 2 Scheiben à 650ccm, 110PS mit H₂, 220PS mit Benzin)

مهدی الهادی دانشگاه صنعتی امیرکبیر

دینامیک موتورهای درونسوز پیستونی
(طراحی پیستون، Wankler Engine)

مهدی الهادی دانشگاه صنعتی امیرکبیر

دینامیک موتورهای درونسوز پیستونی
Wankner Engine

1. Intake
2. Compression
3. Combustion
4. Outlet

مهدی الهادی دانشگاه صنعتی امیرکبیر

دینامیک موتورهای درونسوز پیستونی
Mazda Wankner Engine

The rotary is at the centre of Mazda's intention to take a leadership role in hydrogen combustion. Hydrogen is the cleanest fuel possible, its combustion producing only pure water.

مهدی الهادی دانشگاه صنعتی امیرکبیر

موتورهای درونسوز پیستونی
Gasoline-Electric Car

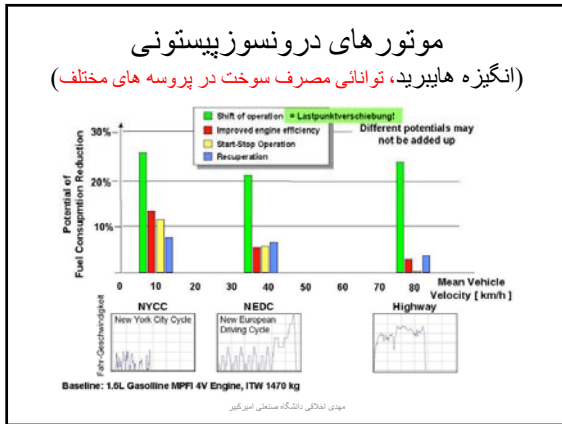
A car must meet certain minimum requirements. The car should be able to:

- Drive at least 300 miles (482 km) before re-fueling
- Be refueled quickly and easily
- Keep up with the other traffic on the road

A gasoline car meets these requirements but produces a relatively large amount of pollution and generally gets poor gas mileage. An electric car, however, produces almost no pollution, but it can only go 50 to 100 miles (80 to 161 km) between charges. And the problem has been that the electric car is very slow and inconvenient to recharge.

A gasoline-electric car combines these two setups into one system that leverages both gas power and electric power.

مهدی الهادی دانشگاه صنعتی امیرکبیر



موتورهای درونسوز پیستونی

Parallel Hybrid Car

You can combine the two power sources found in a hybrid car in different ways. One way, known as a **parallel hybrid**, has a fuel tank that supplies gasoline to the engine and a set of batteries that supplies power to the electric motor. Both the engine and the electro motor can turn the transmission at the same time, and the transmission then turns the wheels.

مهدی الحادلی دانشگاه صنعتی امیرکبیر

موتورهای درونسوز پیستونی

Series Hybrid Car

By contrast, in a **series hybrid**, the gasoline engine turns a generator, and the generator can either charge the batteries or power an electric motor that drives the transmission. Thus, the gasoline engine never directly powers the vehicle.

مهدی الحادلی دانشگاه صنعتی امیرکبیر

موتورهای درونسوز پیستونی (سامانه جرقه با باطری)

- 1 باطری
- 2 کلید استارت
- 3 کویل
- 4 تنظیم کننده زمان جرقه
- 5 فیوز یا خازن دنگو
- 6 پلاتین
- 7 شمع

1970

1930

مهدی الهادی دانشگاه صنعتی امیرکبیر

