

Motores Térmicos

8º Semestre

4º ano

Prof. Jorge Nhambiu

Aula 2 – Estrutura dos Motores de Combustão Interna

- ▶ Definição
- ▶ Objectivo e Divisão dos Motores de Combustão Interna;
- ▶ Motor Wankel;
- ▶ Motor de êmbolo;
- ▶ Bases utilizadas para a classificação dos motores;
- ▶ Valores usuais nos motores de combustão interna;
- ▶ Motor de Ignição por Faísca;
- ▶ Motor de Ignição por Compressão.

Definição

Os motores de combustão podem ser classificados em:

- ▶ **Motores de Combustão Externa**
 - ▶ nos quais o fluido de trabalho está completamente separado da mistura ar e combustível, sendo o calor dos produtos da combustão transferido através das paredes de um reservatório ou caldeira; e
- ▶ **Motores de Combustão Interna**
 - ▶ nos quais o fluido de trabalho consiste nos próprios produtos da combustão da mistura de ar e combustível.

Classificação Geral do Motores de Combustão Interna

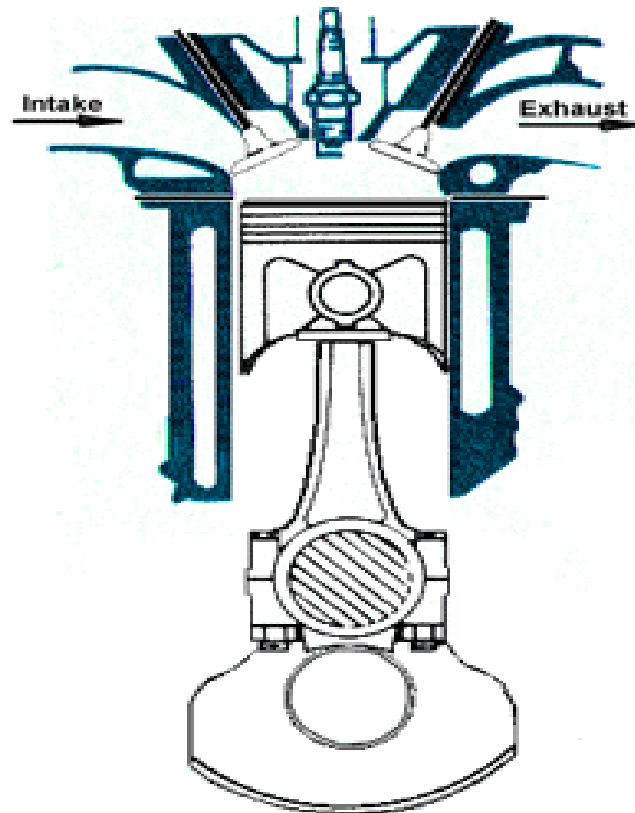
- ▶ **Os Motores de Combustão Interna Dividem-se basicamente em três tipos:**
 - ▶ **Motores de êmbolo oscilante:** que são motores em que o êmbolo desloca-se numa trajectória rectilínea de um ponto ao outro do cilindro;
 - ▶ **Motores de êmbolo rotativo (Wankel);** que são motores nos quais um membro rotativo é disposto de forma a variar o volume de trabalho de maneira análoga à de um compressor do tipo palheta; e
 - ▶ **Turbinas A Gás:** que são motores de combustão interna em que os produtos da combustão passam através dos expansores e palhetas da turbina provocando o movimento de rotação.

Motor de êmbolo alternativo

- ▶ O motor de êmbolo alternativo de combustão interna possui uma vantagem fundamental e importante sobre a instalação a vapor ou turbina a gás, a saber:

todas as peças podem funcionar a temperaturas muito abaixo da temperatura máxima do ciclo. Este detalhe possibilita o uso de temperaturas cíclicas bastante altas o que torna possível alcançar alta eficiência.

Motor de êmbolo alternativo



INTAKE

Motor Wankel

São motores nos quais um membro rotativo é disposto de forma a variar o volume de trabalho de maneira análoga à de um compressor do tipo palheta, ou por meio de alguma espécie de movimento excêntrico de um rotor num espaço cilíndrico (geralmente não circular).

A maior dificuldade em tais motores é a selagem da câmara de combustão contra vazamentos sem excessivo atrito e desgaste. A solução desse problema é bem mais difícil do que a dos anéis de segmento convencionais, devido às seguintes razões:

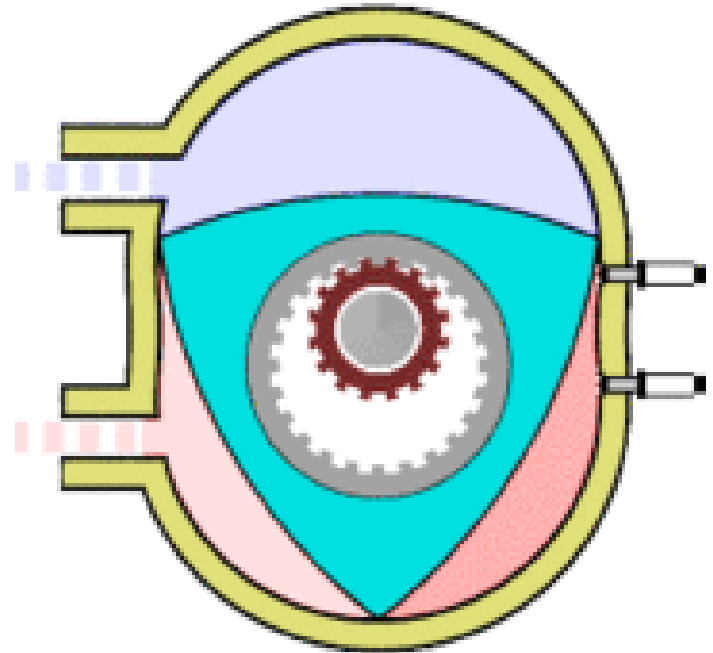
- ▶ 1. “contacto de linha” em lugar de contacto de superfície;
- ▶ 2. as superfícies a selar são descontínuas, com arestas vivas;
- ▶ 3. a velocidade do selo é elevada durante parte do ciclo de alta pressão, em contraste com os anéis de segmento, cuja velocidade é próxima de zero na máxima pressão do cilindro.

Motor Wankel

Em geral, o objectivo dos projectos de motores rotativos de deslocamento foi de evitar

vibração, a redução do tamanho, peso e custo em comparação com os tipos convencionais.

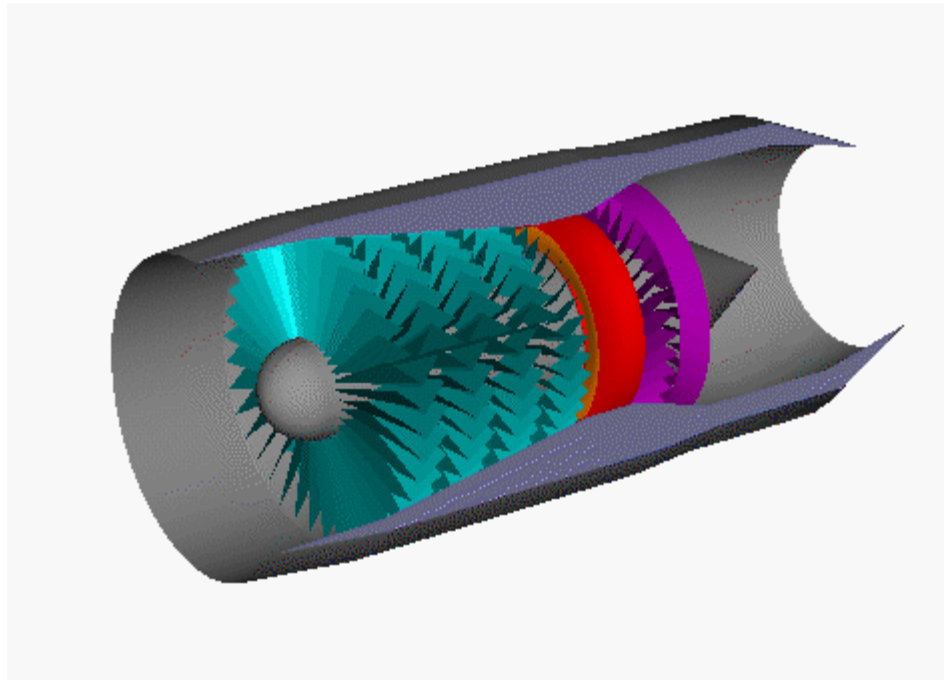
A única vantagem básica deste tipo de motor está no facto de ter uma alta relação volume de deslocamento sobre volume total do motor, obtendo-se assim, maiores potências.



Turbina a Gás

- ▶ O conceito de turbina a gás é antigo, mas ele não se concretizou como fonte prática de potência até após a II Guerra Mundial. Seu desenvolvimento comercial foi estimulado pela introdução bem sucedida dos motores turbojatos em aviões ingleses e alemães, próximo do final da guerra.
- ▶ Os motores de turbinas a gás são geralmente usados para propulsar aviões devido a apresentarem uma alta potência específica.

Turbinas a Gás



Bases utilizadas para a classificação dos motores

▶ Método de Ignição

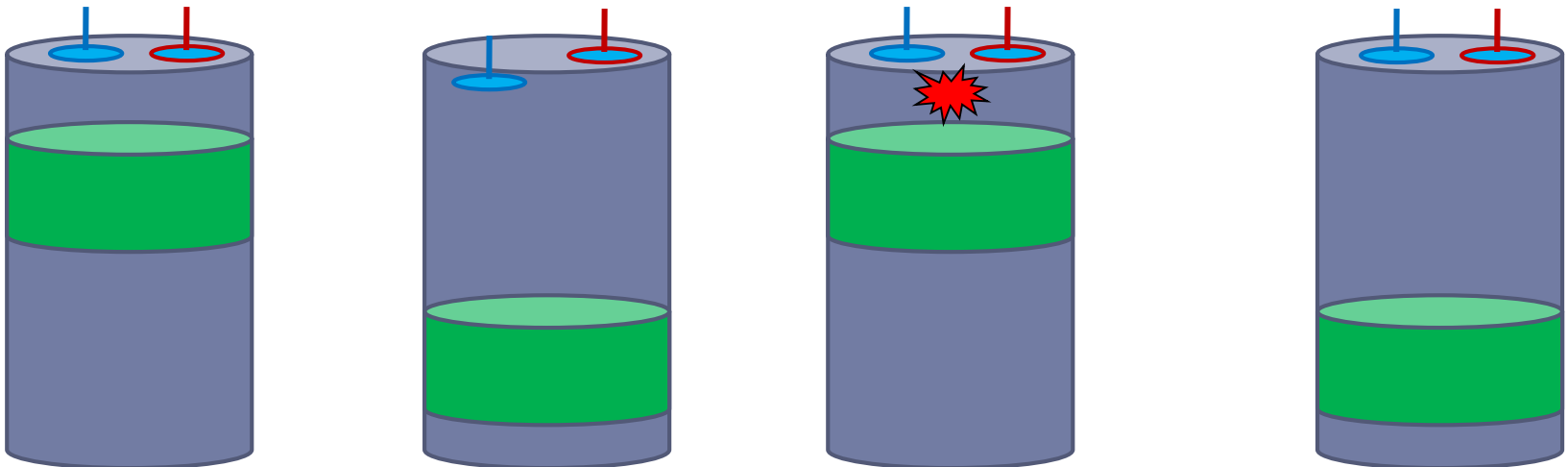
- ▶ Ignição por faísca (motor Otto)
- ▶ Auto-ignição (motor Diesel)

▶ Formação da Mistura

- ▶ Fora do cilindro, no carburador ou por injeção de combustível na tubagem de aspiração (motor Otto)
- ▶ Dentro do cilindro, isto é, à injeção de combustível no espaço de trabalho (motor Diesel)

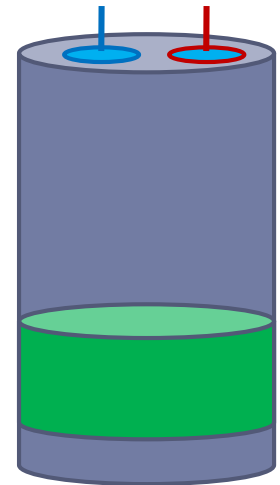
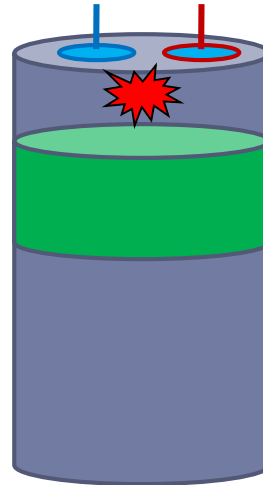
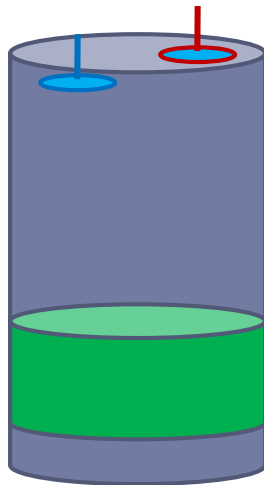
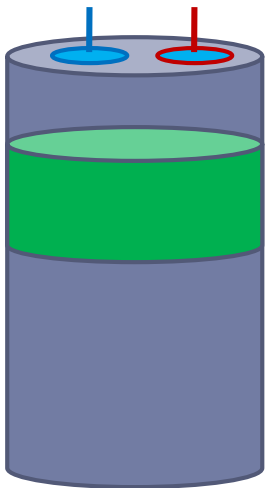
Ignição por faísca (motor Otto)

- Tempo 1: A mistura de ar e combustível é introduzida no cilindro pela válvula de admissão.
- Tempo 2: A mistura de ar e combustível é comprimida.
- Tempo 3: Combustão ocorre (aproximadamente a volume constante) e os produtos gasosos ao expandirem-se realizam trabalho.
- Tempo 4: Os gases produtos de combustão são retirados do cilindro pela válvula de escape.



Auto-ignição (motor Diesel)

- Tempo 1: O ar é introduzido no cilindro pela válvula de admissão.
- Tempo 2: O ar é comprimido.
- Tempo 3: Combustão ocorre (aproximadamente a pressão constante) e os produtos gasosos ao expandirem-se realizam trabalho.
- Tempo 4: Os gases produtos de combustão são retirados do cilindro pela válvula de escape.



Bases utilizadas para a classificação dos motores (continuação)

▶ Número de Tempos do Motor

- ▶ motor de quatro tempos
- ▶ motor de dois tempos

▶ Número e Posição dos Cilindros

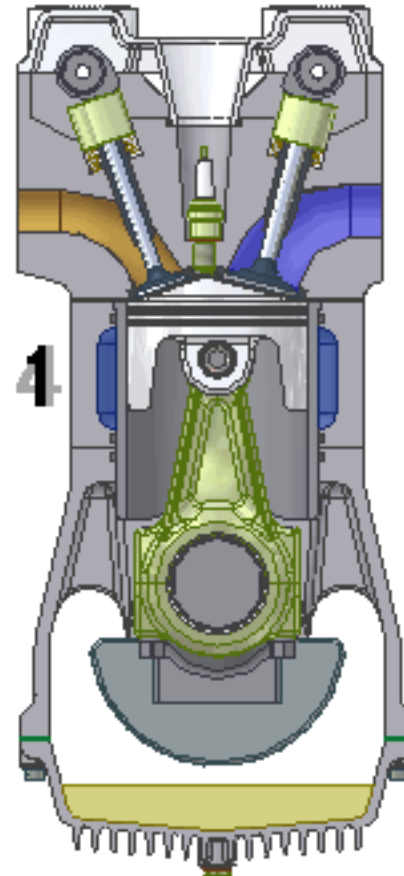
- ▶ Normalmente: 1,2,(3),4,(5),6,8,12 e 16 cilindros
- ▶ Posição: Vertical
- ▶ Inclinação
- ▶ Horizontal
- ▶ Invertida

Bases utilizadas para a classificação dos motores (continuação)

► Número de Tempos do Motor

- motor de quatro tempos

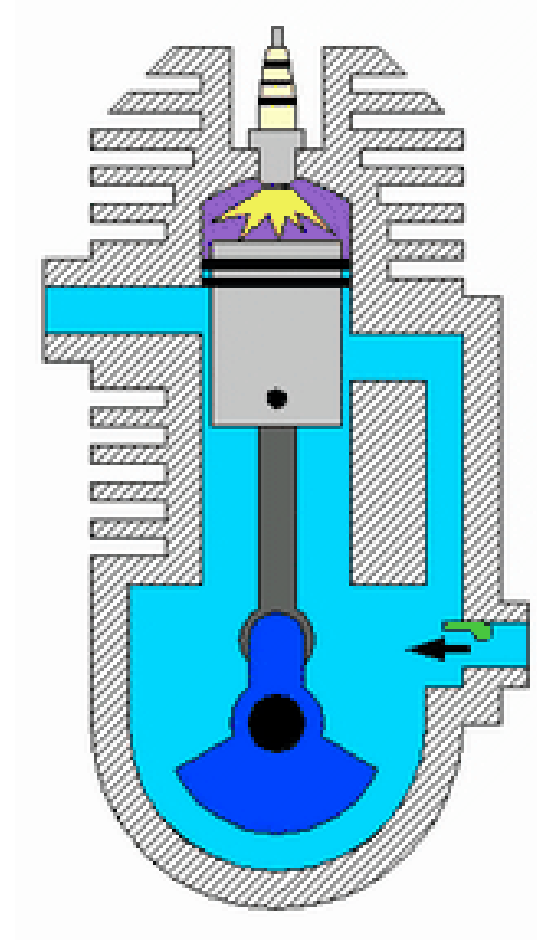
1. Admissão
2. Compressão
3. Explosão
4. Escape



Bases utilizadas para a classificação dos motores (continuação)

▶ Número de Tempos do Motor

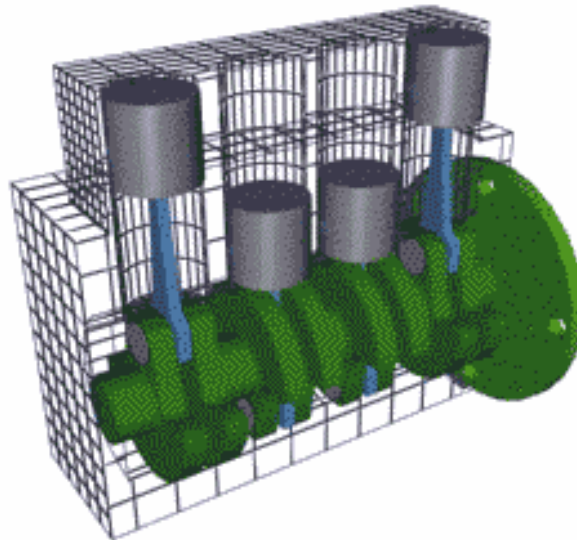
- ▶ motor de dois tempos



Bases utilizadas para a classificação dos motores (continuação)

► Disposição dos Cilindros

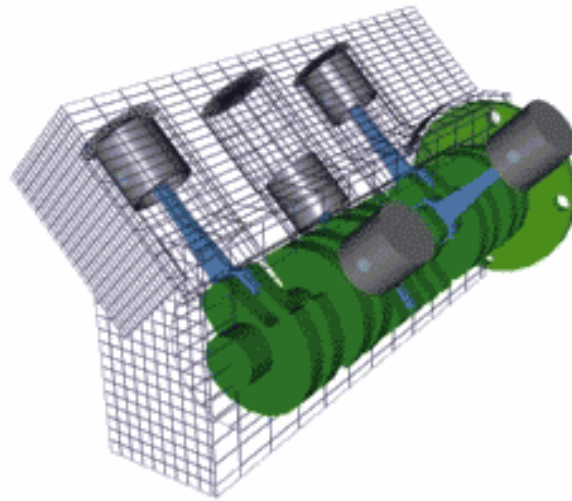
► Motor em linha



Bases utilizadas para a classificação dos motores (continuação)

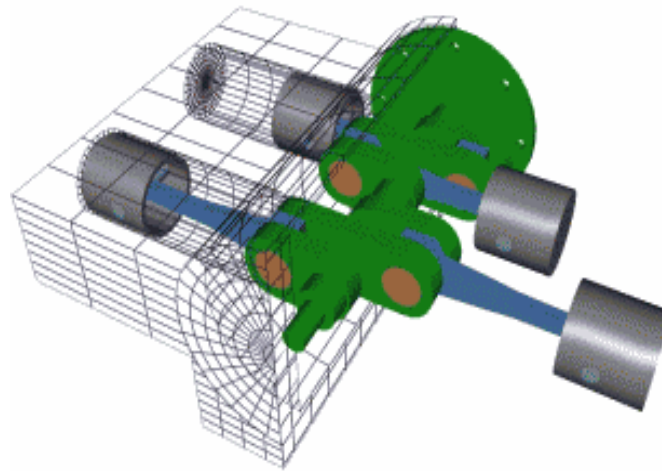
► Disposição dos Cilindros

► Motor em V



Bases utilizadas para a classificação dos motores (continuação)

- ▶ Disposição dos Cilindros
 - ▶ Motor com cilindros horizontalmente opostos



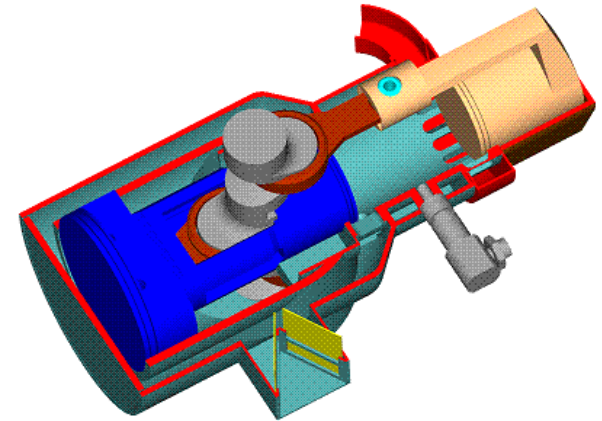
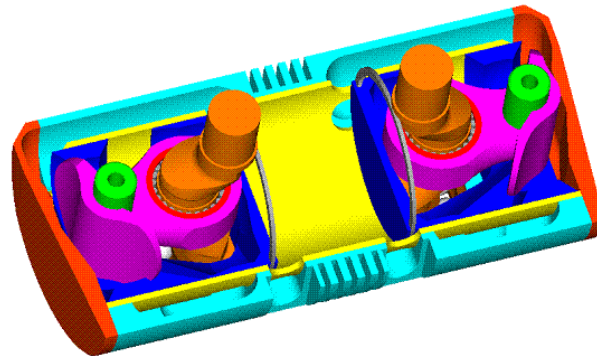
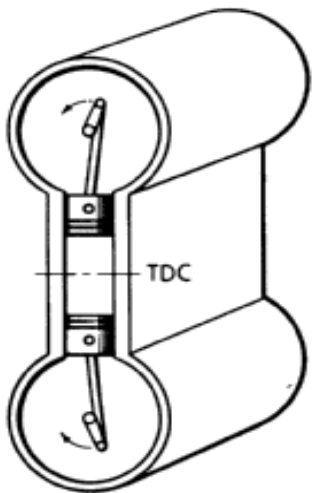
Bases utilizadas para a classificação dos motores (continuação)

- ▶ Disposição dos Cilindros
 - ▶ Motores em estrela



Bases utilizadas para a classificação dos motores (continuação)

- ▶ Disposição dos Cilindros
 - ▶ Motores de Contra – êmbolo



Bases utilizadas para a classificação dos motores (continuação)

► Relação entre o curso do êmbolo e o diâmetro do cilindro

	De curso curto	De curso longo
Motor Diesel	1 ...1,35	1,35...2,2
Motor Otto	0,8...1,0	1,0...1,1

Bases utilizadas para a classificação dos motores (continuação)

► Velocidade Média do êmbolo

Tipo de Motor	Velocidade média C_{me} (m/s)
Motor lento	4 ... 7
Motor rápido	7 ... 12

Bases utilizadas para a classificação dos motores (continuação)

- ▶ Enchimento do Motor
 - ▶ Motor aspirado
 - ▶ Motor sobrealimentado
- ▶ Construção do mecanismo de propulsão
 - ▶ Motor de êmbolo mergulhador
 - ▶ Motor de cruzeta

Valores usuais nos motores de combustão interna

Valor ou Grandeza	Motor do ciclo Otto	Motor do ciclo Diesel
Relação de compressão	6,5 ... 11	12,5 ... 22
Pressão Final de compressão		2,5 ... 4,5 (6) Mpa
Pressão máxima do motor aspirado	3 ... 4 (7) Mpa	5 ... 9 Mpa
Pressão máxima do motor sobrealimentado	8 ... 10 Mpa	8 ... 14 Mpa
Temperatura final de compressão	300 ... 500 °C	500 ... 750 °C
Temperatura máxima de combustão	2000 ... 2800 °C	1400 ... 2000 °C
Temperatura média do gás no espaço de combustão	400 ... 850 °C	300 ... 500 (600) °C
Temperatura do gás de escape	800 ... 1200 °C	400 ... 750 °C

Vantagens do Motor De Combustão Interna Alternativo em relação às Turbinas a Vapor

- ▶ 1. Maior eficiência máxima;
- ▶ 2. Menor razão de peso e volume da instalação para a potência máxima (excepto, possivelmente, no caso de unidades maiores do que 7353 kW ou 10.000 c.v.);
- ▶ 3. Maior simplicidade mecânica;
- ▶ 4. O sistema de refrigeração de um motor de combustão interna transfere uma quantidade de calor muito menor do que o condensador de uma instalação a vapor de igual potência e, normalmente, é operada com temperaturas mais elevadas na superfície. O que faz com que este sistema seja muito menor que um condensador seria.

Vantagens Práticas Da Instalação A Vapor Sobre O Motor Alternativo De Combustão Interna:

- ▶ 1.A instalação a vapor pode usar maior variedade de combustíveis, incluindo os sólidos;
- ▶ 2.A turbinas a vapor vibram menos;
- ▶ 3.A turbina a vapor é mais prática em unidades de grande potência (de 147000 kW ou mais).