

Motor de ar quente (Motor de Stirling)

OPERAÇÃO DE UM MODELO FUNCIONAL DE MOTOR DE STIRLING COMO MÁQUINA TERMODINÂMICA.

- Inicialização do motor de ar quente como máquina termodinâmica.
- Demonstração da transformação da energia térmica em energia mecânica.
- Medição do número de rotações livres em relação à capacidade de aquecimento.

UE2060100

04/16 JS

FUNDAMENTOS GERAIS

O processo circular termodinâmico do motor de ar quente (*R. Stirling, 1816*) permite uma divisão simplificada dos processos em aquecimento, expansão, transmissão de calor e compressão. Estes estão representados de forma esquemática nas figuras 1 a 4 para o modelo funcional estudado

Para o aporte de calor, o êmbolo de impulso P1 move-se para frente e empurra o ar para baixo na área aquecida do cilindro grande. O êmbolo de trabalho P2 encontra-se enquanto isso na posição inferior já que o êmbolo de impulso tem 90° de adianto com relação ao êmbolo de trabalho

O ar aquecido se expande e empurra o êmbolo de trabalho para cima. Assim, é transmitido trabalho mecânico para barra de impulso através da manivela.

Quando o êmbolo de trabalho se encontra no ponto morto superior, o êmbolo de impulso move-se para baixo empurrando o ar para a parte superior do cilindro grande onde o ar perde calor para o meio ambiente.

O ar esfriado é comprimido pelo êmbolo de trabalho que se move para baixo. O trabalho mecânico para tal é fornecido aqui pela vara de impulso.

Se o motor de ar quente é operado sem carga mecânica, então ele rota com um número de rotações livres que é limitado pelo atrito interno à máquina e que é dependente da quantidade de calor aportado. O número de rotações reduz-se assim que é aproveitado o desempenho mecânico. Isto pode ser facilmente demonstrado criando atrito com a manivela

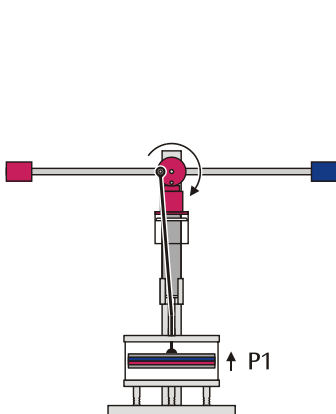


Fig. 1: Aporte de calor

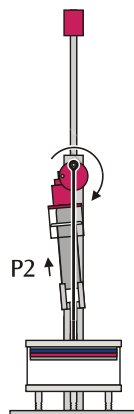


Fig. 2: Expansão

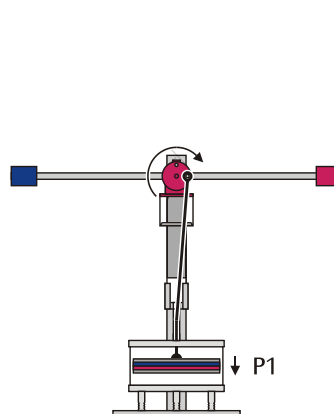


Fig. 3: Perda de calor

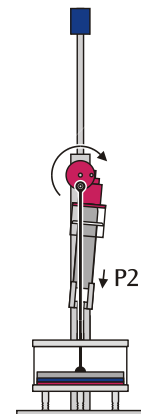


Fig. 4: Compressão

LISTA DE APARELHOS

- 1 Motor de Stirling D 1000817 (U8440450)
- 1 Fonte de alimentação DC 20 V, 5 A @230 V 1003312 (U33020-230)
- ou
- 1 Fonte de alimentação DC 20 V, 5 A @115 V 1003312 (U33020-115)
- 1 Conj. de cabos de segurança para experiências, 75 cm 1017718 (U13816)
- 1 Cronômetro mecânico 1003369 (U40801)

MONTAGEM

- Soltar a fixação de transporte da manivela e do êmbolo de impulso.
- Pendurar o laço do cordão de náilon no qual está pendurado o êmbolo de impulso na extremidade anterior da manivela.
- Aparafusar a segunda vara de impulso na extremidade posterior da manivela.
- Fechar o cilindro grande com a tampa preta.

EXECUÇÃO

- Conectar o aparelho de alimentação elétrica na entrada de tensão de aquecimento.
- Ajustar a tensão de aquecimento em 12 V, esperar alguns minutos e lançar o motor manualmente com a manivela.
- Variar a tensão de aquecimento de 8 V a 15 V a passos de 1 V.
- Esperar a cada vez um minuto, medir o tempo necessário para 10 rotações do eixo do motor e calcular a partir daí o número de rotações correspondente.



Fig. 5: Montagem para a operação do motor de ar quente como máquina de força térmica através de um aquecedor elétrico

EXEMPLO DE MEDIÇÃO

Tabela 1: Valores de medição para o número de rotação em ponto morto n em função da tensão de aquecimento U

U (V)	10 T (s)	n (s ⁻¹)
8	27,5	0,36
9	24,6	0,41
10	21,3	0,47
11	19,0	0,53
12	16,9	0,59
13	15,0	0,67
14	13,4	0,75
15	12,0	0,83

ANÁLISE

Se o atrito interno for considerado constante para simplificar, então o número de rotações em ponto morto é proporcional ao desempenho mecânico fornecido pelo ponto morto do motor de ar quente. Supondo além disso, que resistência ôhmica do aquecedor não se altera, então a capacidade de aquecimento é proporcional ao quadrado da tensão de aquecimento. Por isso, na fig. 6 o número de rotações em ponto morto n do motor de ar quente (como medida para o desempenho mecânico fornecido) é introduzido como função do quadrado da tensão de aquecimento U (como medida para a capacidade de aquecimento fornecida).

Fig. 6 mostra assim que a capacidade mecânica cedida aumenta quando a capacidade de aquecimento aumenta.

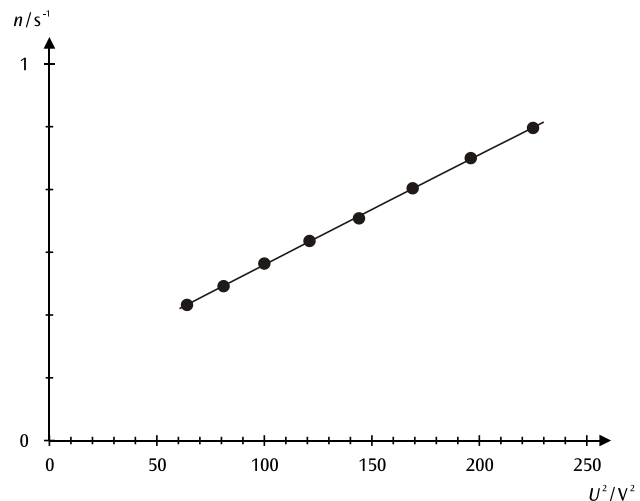


Fig. 6: Número de rotações do motor de ar quente em função do quadrado da tensão de aquecimento

RESULTADO

O motor de ar quente transforma ao funcionar como máquina de força térmica uma parte da capacidade térmica aportada em desempenho mecânico e devolve o resto da energia ao ambiente em forma de calor.