

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LOS DIBUJOS

[001] La figura 1 muestra un esquema general del motor el cual consiste de:

1. Cilindro de almacenamiento; por seguridad el cilindro debe resistir presiones superiores a 2500 PSI,
2. salida del N₂ Líquido que consiste en una tubería que atraviesa el cilindro y que dentro del cilindro debe estar por debajo del nivel del nitrógeno en estado líquido que se encuentra en el fondo del cilindro,
3. Válvula solenoide para N₂ líquido,
4. Entrada al pistón,
- 5 pistón del motor,
6. Salida o escape del motor
7. válvula antirretorno para N₂ gaseoso,
8. Compresor de nevera,
9. coraza Intercambiadora de calor aislada térmicamente con los alrededores, con filtro de carbón activado en polvo internamente para absorber el calor del N₂ gaseoso,
10. Resistencia eléctrica que compensa el calor para producir trabajo mecánico; formada por la capa interna de carbón pirolítico de la coraza,
11. Válvula antirretorno,
- 12 entrada al cilindro de almacenamiento por la parte inferior.

[002] La figura 2 ilustra una vista externa del motor:

1. Entrada de N₂ líquido a la válvula solenoide,
2. Válvula solenoide que controla la entrada de N₂ líquido al pistón,
3. Entrada a la a la coraza intercambiadora de calor
4. Coraza intercambiadora de calor con resistencia de carbón pirolítico,
5. Termostato sensor de la temperatura,
6. Sistema electrónico de control,
7. Salida del N₂ gaseoso.

[003] La figura 3 muestra una vista isométrica de la coraza:

1. Entrada a la a la coraza intercambiadora de calor
2. Paredes externas de acrílico de 20 mm (material aislante del calor presenta un coeficiente de conductividad térmica 0,18 W/Km, material pobre para conducir calor).
3. Capa interna de carbón pirolítico con guías para rellenar con carbón activado,
4. Bornes para inducir la corriente al carbón pirolítico (en estas caras entre la pared del carbón y la capa de del carbón pirolítico existe una lámina de acero inoxidable de 1mm para que cuando se induzca la electricidad se disperse por todo el carbón),
5. Sistema de control,
6. Salida de la coraza.

[004] La figura 4 presenta el sistema ensamblado:

1. Manómetro para medir la presión interna del cilindro,
2. Válvula de purga y tapón para cargar el N₂ líquido,
- 3 Cilindro de almacenamiento del N₂ en equilibrio Líquido=Gas,
4. tubo salida del N₂ líquido,
5. Válvula solenoide y entrada de N₂ líquido al pistón,
6. Coraza intercambiadora de calor,
7. Salida o escape del pistón con válvula antirretorno,
8. Compresor de nevera,
9. Entrada coraza intercambiadora de calor,
10. Salida coraza intercambiadora de calor,
- 11 Válvula antirretorno,
12. Entrada al cilindro de almacenamiento del N₂ supercrítico.

En el dibujo con las flechas se representa la forma como fluye el N2 en todo el sistema

[005] La figura 5 representa el ciclo termodinámico mediante el cual funciona el motor: A. proceso de evaporación el cual se realiza en el volumen muerto del pistón, B. proceso de expansión del N2 gaseoso de 4,2 mL a 50 mL, C. compresión isotérmica y transferencia del calor absorbido por el relleno del filtro (carbón activado), D. disolución de N2 supercrítico a N2 líquido dentro del cilindro de almacenamiento.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

[006] La presente invención se encuentra dirigida al desarrollo de un sistema representado por un motor que utiliza como proceso los cambios de estado del N2 para generar trabajo mecánico, la **Figura 1** representa un esquema general del sistema 1. Es un cilindro de almacenamiento de N2 (en equilibrio líquido=gas) a 1500 PSI de presión interna, 2. Salida: tubo de acero que atraviesa el cilindro hasta 1/4 del fondo para garantizar que el extremo inferior esté por debajo del nivel del N2 líquido que se encuentra en el fondo del cilindro, este cilindro se encuentra a una presión de 1500 PSI (N2 en equilibrio Líquido=Gas), el N2 Líquido sale por la tubería por diferencia de presión entre el pistón y el cilindro, el cual es conducido a 3. Válvula solenoide inyectora del N2 líquido; como se propone acondicionar un pistón de 2 T convencional es la misma ubicación de la bujía en el motor original, en el volumen muerto del pistón (4,2 mL) se evapora y se expande el N2 hasta 50 mL, el N2 sale por (6) escape del pistón en donde está instalada una válvula antirretorno (7): garantizando que el flujo del N2 tenga el sentido deseado, el N2 gaseoso llega al Compresor de Nevera (8) con convertidor para funcionar a 12 V, el cual impulsa el N2 para que entre a la coraza intercambiadora de calor (9) con filtro de carbón activado (absorbe el calor del N2 gaseoso y lo transfiere al pistón), el N2 supercrítico sale de la coraza intercambiadora de calor por la tubería capilar de 1 mm; esta tubería une la coraza con la entrada por la parte inferior al cilindro de almacenamiento, por el principio de Pascal se incrementa la presión a la entrada del cilindro incrementando atravesando la válvula antirretorno (11) que evita que cuando el compresor este apagado se devuelva el N2 líquido hacia la coraza.

[007] La figura 4 muestra de una manera detalla el ensamble del motor el cual comprende: 3. El cilindro de almacenamiento con manómetro (1) para controlar la cantidad de N2 líquido que se debe agregar al cilindro para obtener una presión de 1500 PSI y el nivel de la fase líquida pueda estar a la altura deseada, 4. Tubería de salida del N2 líquido que lo conduce hacia el pistón, 5. Válvula solenoide que

controla la inyección del N2 líquido al pistón (esta válvula de garantizar que en cada ciclo la inyección sea de 1 mL), el N2 líquido es inyectado en el volumen muerto del pistón ubicado dentro de la carcasa que a su vez está cubierta por la coraza intercambiadora de calor (6), dentro del pistón ocurren los procesos de evaporación Figura 5 (A) y Expansión Figura 5 (B), entra al compresor Figura 4 (8), se realiza el proceso de compresión isotérmico Figura 5 (C) y finalmente ingresa al cilindro de almacenamiento Figura 4 (3) como supercrítico y se disuelve dentro de este cilindro volviendo a su estado líquido Figura 5 (D), el Sistema de control electrónico Figura 2 (5) controla: sensor de temperatura (termostato), encendiendo el compresor, calentamiento y conectando corriente a la resistencia de la coraza (formada por la capa interna de carbón pirolítico de la coraza) y válvula solenoide que inyecta el N2 líquido al pistón, cuando la temperatura del pistón llega a -1 °C el sistema de control enciende el compresor y conecta la resistencia.

[008] Para el motor de 2T de 50 c.c. el cual se explica por medio de la figura 4, este motor se puede escalar para sustituir los motores de combustión interna que actualmente son comercializados, en la figuras 4 el proceso revelado aquí consiste en un proceso cíclico, en un sistema aislado termodinámicamente el cual consiste en: del cilindro de almacenamiento sale por diferencia de presión 1 mL de N2 líquido por la tubería de la salida figura 4 (4) (presión interna del cilindro 1500 PSI y presión de la cabeza del pistón es aproximadamente 14 PSI, presión atmosférica), El N2 líquido es inyectado por medio de la válvula solenoide figura 4 (5) en la cabeza el pistón (volumen muerto 4.2 mL) que se encuentra a una temperatura promedio de 0 °C, en este espacio inicialmente el N2 pasa de estado Líquido a Gas, el calor que permite mantener estas condiciones es transferido por la coraza Figura 4 (6) que rodea la carcasa del pistón, la cantidad de calor requerido para esta **primera etapa representada en la Figura 5 como A**, siendo equivalente a: calor de vaporización del N2, el cual se calcula de acuerdo a las propiedades del N2

Densidad del N2 líquido=0,807 g/mL

Calor de vaporización molar del N2= ΔH_v =5585,6 julios/mol

Número de moles del N2 = $((0,807 \text{ g/mL}) \times (1 \text{ mL}) / 28 \text{ g/mol}) = 0,029 \text{ moles}$

Calor de vaporización para 0,029 moles= 161 julios

[009] En la **Figura 5** se observa la **segunda etapa B** el N2 gas se expande de 4,2 mL hasta 50 mL, esta etapa sigue la primera ley de la termodinámica:

$$\Delta U = Q + W$$

Donde $\Delta U = 0$ y $Q = W$

$$W_{\text{mecanico}} = P_{\text{ext}} \Delta V$$

P_{ext} =presión final dentro del pistón después de la expansión

Condiciones:

Volumen =80 mL (volumen final del pistón $V_1=50$ mL + volumen de las tuberías hasta la entrada al cilindro y volumen del pistón $V_2=30$ mL)

$T^\circ=0^\circ\text{C}$

$P_{\text{ext}}=(0,029 \text{ moles } (0,082 \text{ atm.L/mol.K}).273 \text{ K})/0,08\text{L}=8,1 \text{ atm}$

$$W_{\text{mecanico}}=8,1 \text{ atm}(0,05\text{L}-0,0042\text{L}) = 0,3710 \text{ atm.L}=37,6 \text{ julios}$$

$$Q_{\text{termodinámico}}=37,6 \text{ julios}+161,0 \text{ julios}=198,6 \text{ julios}$$

[010] Cabe resaltar: 1. Para reducir los volúmenes muertos: se debe disminuir al máximo la longitud y diámetro de las tuberías, el carbón activado en polvo debe quedar bien empaquetado, $Q_{\text{termodinámico}}$ es la cantidad mínima de energía que requiere para realizar la primera Figura 5 (A) y segunda etapa Figura 5 (B) termodinámica. Suponiendo que un motor de 2T pierda un 20% de energía por la fricción interna del motor entonces:

$$Q_{\text{total}}-20Q_{\text{total}}/100 = 198,6 \text{ julios}$$

$$0,8 Q_{\text{total}} = 198,6 \text{ julios}$$

$$Q_{\text{total}} = 198,6 \text{ julios}/0,8 = 248,3 \text{ julios}$$

[011] Esta es la energía en forma de calor que debe ser inyectada al pistón para realizar el trabajo mecánico.

[012] De acuerdo a **figura 4** una vez el N_2 gaseoso sale por el escape del pistón Figura 4 (7) es impulsado por un compresor de nevera (8) con un consumo de 500 watios con convertidor a 12 V para obtener la energía de paneles solares.

[013] En la **figura 5** una vez es impulsado por el compresor se lleva a cabo la **Tercera Etapa C** compresión isotérmica (cabe resaltar que todo el sistema incluyendo las tuberías deben estar aisladas térmicamente) y obligado a entrar a la coraza intercambiadora, su diseño divisor de flujo permite que el N_2 fluya por 10 caminos diferentes por secciones tipo columna, lo cual permite disminuir la resistencia que puede generar el filtro al paso del N_2 y la presión efectiva a la entrada del cilindro (con esta etapa el N_2 pasa de Gas/Supercrítico), en el filtro de carbón activado las moléculas del N_2 se enfocan y desprenden calor el cual es transferido por la carcasa de aluminio hacia el pistón, este calor es equivalente a:

$$Q_{\text{compresión}}=nRT\ln(V_2/V_1)$$

V_2 =volumen de las conexiones entre el compresor y la coraza =3 mL

V_1 =volumen de las conexiones entre el final de la expansión y el compresor=77 mL

$$Q_{\text{compresión}}=0,029 \text{ moles } (0,082 \text{ atm.L/mol.K}) 273 \text{ K } \ln(0,003\text{L}/0,077\text{L})$$

$$Q_{\text{compresión}}=2,1 \text{ atm.L}= 213,4 \text{ julios}$$

[014] Es importante hacer notar que el volumen muerto entre el compresor Figura 4 (8) y la entrada a la coraza Figura 4 (9) debe ser 3 mL máximo esto significa que debe estar conectado directamente el compresor a la coraza.

[015] Sabiendo que: $Q_{\text{total}} = 248,3 \text{ julios}$, energía necesaria para que el pistón realice el trabajo, por el proceso de compresión se transfieren $Q_{\text{compresión}} = 213,4 \text{ julios}$, el balance nos indica:

$$Q_{\text{compresión}} - Q_{\text{total}} = 213,4 \text{ julios} - 248,3 \text{ julios} = -34,9 \text{ julios}$$

[016] Indica que para completar energéticamente el proceso se requieren 34,9 julios los cuales serán obtenidos por medio de la resistencia formada por la capa interna de la coraza de carbón pirolítico **Figura 1 (10)**.

[017] Finalmente, el N₂ supercrítico es conducido por el capilar hacia la entrada del cilindro figura 4 (12) donde ocurre la **Etapa D** (N₂ supercrítico se disuelve en Líquido, por su afinidad)

[018] El funcionamiento indica que el sensor de temperatura Figura 2 (5) que está conectado al sistema de control funcionara entre -1 °C y 1 °C, cuando llegue a -1 °C se abre el paso de corriente al compresor y a la resistencia pirolítica y cuando llegue a 1 °C se corta el paso de corriente a estos dos dispositivos.

Especificaciones técnicas del motor

Eficiencia

[019] Teniendo en cuenta los cálculos anteriores podemos indicar:

$$W_{\text{mecánico}} = 37,6 \text{ julios trabajo efectivo}$$

[020] La energía es obtenida a partir de un panel de 500 watios que funciona a 12 V.

$$\text{Entrada de energía} = 500 \text{ watios} / 12 \text{ V} = 41,7 \text{ julios}$$

$$\text{Eficiencia del pistón} = (37,4 \text{ julios} / 41,7) \cdot 100 = 89.8\%$$

Potencia a 3000 rpm

$$W_{\text{mecánico}} = 37,6 \text{ julios por ciclo}$$

$$\text{Potencia (P)} = 37,6 \text{ joulios} \cdot 3000 \text{ rpm} / 60 = 1880 \text{ watios} = 2,5 \text{ HP}$$