

ANÁLISIS TERMODINAMICO DE LOS PROCESOS DE INTERCAMBIO DE GASES EN LOS MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA

Por: Dr. Leonid Matiujin

2. ANÁLISIS DE LOS PROCESOS DE INTERCAMBIO DE GASES EN LOS MOTORES DE CUATRO TIEMPOS

Analícemos el proceso de intercambio de gases basándonos en las formulas obtenidas en el artículo publicado en la Edición Anterior. Así, de la formula :

$$\gamma_r = \frac{p_r \cdot T_a \cdot \varphi_s}{\varepsilon \cdot T_r \cdot p_a - T_a \cdot p_r}$$

Podemos observar que el coeficiente de los gases remanentes γ_r depende del grado de presión ε , de los parámetros de los gases remanentes y de los de la mezcla al inicio del tiempo de compresión, lo mismo que del coeficiente de soplado φ_s .

Como demuestra la fig. 2.1, la influencia del grado de presión sobre la magnitud del coeficiente γ_r es bastante esencial. El aumento del grado de presión ε causa la disminución de γ_r , porque significa la reducción relativa del volumen de la cámara de combustión (y de masa de los productos de combustión que se quedan en ella) a dimensiones constantes de la cilindrada de trabajo.

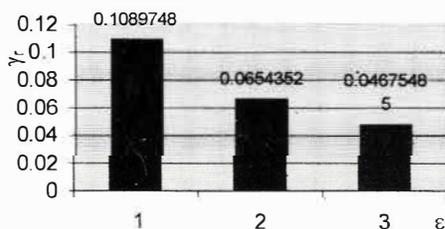


Fig. 2.1. La influencia del grado de presión ε sobre el coeficiente de los gases remanentes γ_r (columna "1" corresponde a $\varepsilon = 5$, columna "2" a $\varepsilon = 8$ y "3" a $\varepsilon = 11$)

El coeficiente de los gases remanentes aumenta con el crecimiento de la presión de los gases restantes p_r , es decir con el aumento de la

resistencia hidráulica de la línea de escape. El aumento de p_r provoca el aumento de la densidad y la masa de los gases restantes y como resultado en el mismo volumen de cámara de combustión (CC) queda una masa más grande. En el caso mostrado en la fig. 2.2 el aumento de p_r desde 1,1 bar hasta 1,2 bar causa el incremento del coeficiente γ_r aproximadamente en 0,005 (0,5%). La presencia en la línea de escape de un neutralizador catalítico siempre causa un crecimiento de la magnitud de p_r y, correspondientemente, el aumento del coeficiente γ_r .

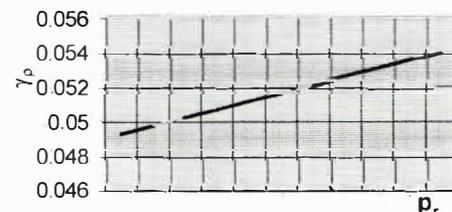


Fig.2.2. La influencia de la presión p_r sobre la magnitud del coeficiente γ_r (la p_r se varía de 1,1 hasta 1,2 bar)

La temperatura T_r de los gases restantes actúa de modo contrario (fig. 2.3). Su aumento provoca la disminución del coeficiente γ_r , que se explica por la reducción de la densidad (y la masa correspondientemente) de los gases restantes en el volumen de la CC. En el caso mostrado en la fig. 2.3 la T_r se aumenta desde 900 hasta 1300 K, lo que provoca la disminución del coeficiente γ_r en 0,006.

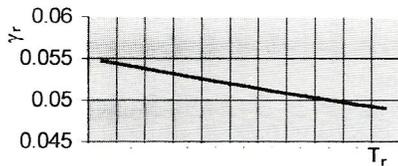


Fig .2.3. La influencia de la temperatura de los gases restantes en la magnitud de γ_r (T_r se aumenta desde 900 hasta 1000 K)

El aumento de la temperatura T_a a final de la admisión y en el inicio de la compresión aumenta la magnitud de γ_r , porque en ese caso la cantidad de los gases restantes permanece casi constante en los cilindros entrando una menor cantidad de carga fresca (su densidad se disminuye con el aumento de la temperatura) y gracias a esto la fracción de los gases restantes en cada cilindro se agranda. De esa manera según la formula examinada el coeficiente γ_r crece en 0,0079, cuando la temperatura T_a se aumenta desde 320 hasta 370 K.

El aumento de la presión p_a (por ejemplo en el resultado de sobrealimentación) causa la disminución del coeficiente de los gases remanentes γ_r , porque provoca el aumento de la masa de la carga fresca a la masa casi constante de los productos de combustión que se quedan en la CC. El aumento de la p_a desde 0,8 hasta 0,9 bar permite la disminución del coeficiente γ_r mas que en 0,006. De manera semejante actúa el mejoramiento del proceso de soplado (disminución del coeficiente φ_s), causando la reducción del coeficiente γ_r .

El análisis de la formula del coeficiente de relleno, deducida anteriormente,

$$\eta_v = \frac{\varphi_1 \cdot T_k}{\varepsilon - 1 \cdot T_a} \cdot \frac{(\varepsilon \cdot p_a \cdot T_r - p_r \cdot T_a \cdot \varphi_s)}{p_k \cdot T_r}$$

permite concluir, que este coeficiente al igual que el de los gases remanentes, depende de los parámetros de los productos de combustión que se quedan en la CC después del escape, los parámetros de la mezcla de trabajo en el inicio de la compresión y del coeficientes de relleno adicional φ_1 y del soplado φ_s . Pero la variación de la temperatura T_r influye en la magnitud de la η_v , de modo contrario que en la de γ_r . El crecimiento de la

T_r provoca una disminución de la masa de los gases restantes y de su volumen (lo mismo que la reducción de γ_r correspondiente) en resultado de la disminución de la densidad de ellos. Pero se debe tener en cuenta el mejoramiento del relleno es muy insignificante, porque el incremento de T_r causa a la vez el aumento de la temperatura T_a , lo que a su vez provoca la disminución de la cantidad de carga fresca que entra en los cilindros (pues se reduce la densidad de la mezcla de trabajo y el volumen parcial de la mezcla reciente). Por ejemplo, según la formula obtenida, el crecimiento de T_r desde 900 hasta 1000 K provoca el aumento de η_v solamente de 0,7657 a 0,7699 (el coeficiente de los gases remanentes en este caso se disminuye desde 0,055 hasta 0,049).

Provocando el crecimiento del coeficiente γ_r , el aumento de la presión de los gases restantes p_r causa una disminución de la magnitud del coeficiente de relleno, porque en este caso se agrande la masa (y el volumen parcial) de los GR y se disminuye la cantidad de la mezcla fresca que entra en los cilindros. La influencia de la p_r en el coeficiente de relleno es bastante insignificante. Así, por ejemplo, el aumento de la presión de los gases restantes desde 1,1 hasta 1,2 bar causa la disminución de η_v solamente en 0,003.

La fig. 2.4 demuestra, que según la formula obtenida, la magnitud de η_v tiene que disminuirse en caso del aumento de ε . La explicación de este hecho es lo siguiente.

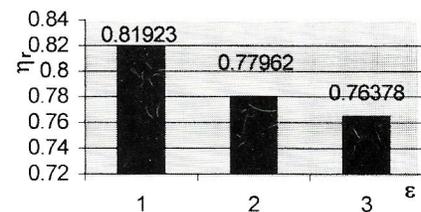


Fig .2.4. La influencia del grado de presión sobre el coeficiente de relleno (columna "1" correspondida a $\varepsilon = 5$, columna "2" a $\varepsilon = 8$ y "3" a $\varepsilon = 11$)

El crecimiento de la magnitud de ε se da en el caso de que cilindrada de trabajo a V_h sea constante, la reducción de la cilindrada total V_a (porque se disminuye el volumen de la CC). Este hecho – en concordancia con la formula (1.3) del

artículo anterior – causa la disminución del volumen parcial V_{cr} de la mezcla reciente. Así, el aumento del grado de presión desde 5 hasta 11 provoca la disminución del volumen V_{cr} en 12%. Pero como el coeficiente de relleno es la razón de la cantidad de la mezcla fresca (o del aire) que entra en el cilindro entre la cantidad total, que podría hallarse teóricamente en la cilindrada de trabajo V_h a las condiciones de entrada de la mezcla al motor, y porque en nuestro caso el denominador (V_{cr}^t) se queda constante, así el valor de $\eta_v = V_{cr} / V_{cr}^t$ va a reducirse (el diagrama en la fig. 2.4) con el crecimiento de ε . Pero hay que tener en cuenta que en realidad la influencia de ε no es tan esencial, porque simultáneamente con el grado de presión se cambian también y las magnitudes de T_r , T_a y p_r , las cuales casi eliminan la influencia mostrada en la fig. 2.4.

La variación de la temperatura T_a de la mezcla de trabajo en el comienzo de compresión influye en el coeficiente de relleno muy esencialmente, porque el crecimiento de la T_a significa la disminución de la densidad y de la masa de la mezcla fresca y viceversa, – la reducción de la T_a causa el mejoramiento del proceso de relleno. Los cálculos demuestran, que la disminución de T_a desde 370 hasta 320 K es capaz de aumentar el coeficiente de relleno desde 0,713 hasta 0,831.

También influye en el coeficiente η_v el valor de la presión p_a al inicio de la compresión. Esta magnitud (en conjunto con T_a) determina la densidad de la mezcla fresca (o del aire en motores Diesel) que entra en los cilindros del motor. El aumento de la presión p_a causa el crecimiento de la masa de la mezcla y del coeficiente η_v . El aumento de p_a desde 0,8 hasta 0,9 bar causa el crecimiento del coeficiente de relleno desde 0,72 hasta 0,815 (el coeficiente γ_r en este caso disminuye desde 0,055 hasta 0,049).

Comparando el efecto de las presiones p_a y p_r , se puede decir, que la primera magnitud, al ser multiplicada (en la formula (1.6a) del artículo anterior) por ε y T_r , afecta mayormente el η_v que la segunda.

Como se puede observar de la formula analizada, el aumento del coeficiente de relleno

adicional φ_1 y la reducción del coeficiente de soplado φ_s provocan el crecimiento del coeficiente de relleno.

Sobre el relleno másico de los cilindros del motor y sobre la magnitud del coeficiente de relleno influyen la presión " p_k " y la temperatura " T_k " de la carga en la entrada al motor. Estos valores en ausencia de la sobrealimentación son iguales a las condiciones atmosféricas. El crecimiento de la presión p_k causa el aumento del relleno másico y correspondientemente el crecimiento de la potencia del motor. El coeficiente de relleno es una magnitud relativa y por esa razón debe disminuir la presión p_k . El aumento de este valor causa el aumento de la magnitud del volumen V_{cr}^t en el denominador de la formula $\eta_v = V_{cr} / V_{cr}^t$. En realidad el coeficiente de relleno casi no varía, porque simultáneamente con la magnitud de p_k se cambia también la presión p_a , que se diferencia de p_k solamente en la magnitud de los perdidas hidráulicas.

El aumento de la temperatura T_k (o de la T_0 del ambiente para los motores sin sobrealimentación) causa el disminución de la densidad y de la masa de la carga, que a su vez provoca la reducción de la potencia. Entonces el relleno másico empeora, pero el análisis de las formulas para η_v demuestra, que el coeficiente de relleno en este caso aumenta. Eso también se explica por el hecho que el coeficiente de relleno es una magnitud relativa, y el crecimiento de la temperatura T_k o de la del ambiente disminuye la magnitud del volumen V_{cr}^t en el denominador de la formula $\eta_v = V_{cr} / V_{cr}^t$ y de este modo aumenta el valor de η_v . Hay que tener en cuenta, que los cambios de T_k siempre provocan cambios correspondientes de T_a , lo cual disminuye la influencia de la T_k en el coeficiente de relleno.

Adicionalmente, en las condiciones reales el aumento de T_k significa la disminución de la diferencia de las temperaturas de la carga y de las de las superficies del motor. Por eso tiene lugar el calentamiento menor de la carga y por eso las diferencias menores de las densidades de la mezcla en la entrada en el motor y en el comienzo del tiempo de compresión. En consecuencia de eso el coeficiente de relleno aumenta.

BIOMASA Y BIODIGESTORES



Por : Ing. Orlando A. Aguilar. Profesor
de la facultad de Ingeniería Mecánica.

1. INTRODUCCION

Satisfacer las necesidades de una población con un crecimiento acelerado ha hecho que no se ponga la atención necesaria a los daños ambientales que el desarrollo económico trae.

Es por esto que todo plan de desarrollo energético nacional debe incluir entre sus principales estrategias un plan de ahorro y eficiencia energética, así como un plan de explotación de recursos energéticos no convencionales, de forma tal que engloben actuaciones tendentes a mejorar la eficiencia en el consumo de combustibles tradicionales.

Es dentro de este marco que se enfoca la utilización de residuos biológicos de diversas índoles, como son la deposición fecal de cerdos u otros animales y residuos vegetales, como cascarilla de arroz, de café, bagazo de caña, etc. La mayoría de estos residuos cuando no son aprovechados como alimento animal o desde el punto de vista energético, pasan a ser entonces un problema para el hombre y su entorno.

2. JUSTIFICACION SOCIAL Y ECONOMICA

Es posible elaborar una solución a la problemática de falta de gas y de energía rural mediante el aprovechamiento de los residuos agrícolas que convenientemente utilizados, pueden generar una producción de energía (gas metano) mediante la

construcción de un biodigestor de gas metano de bajo costo y sencilla fabricación.

La hipótesis que se plantea es que "los desechos agropecuarios y el estiércol de animales en determinadas condiciones producen gas metano utilizable como combustible para diferentes usos, produciéndolo en un reactor anaeróbico; lo cual permite observar que esta tecnología es posible para contribuir a solucionar el problema energético del medio rural, permitiendo además, el abastecimiento de bioabonos y por supuesto a mejorar las condiciones higiénicas del lugar, recuperando las basuras biodegradables.

3. LOS COMBUSTIBLES DE BIOMASA Y EL FUTURO.

Los combustibles fósiles del petróleo, el carbón y el gas- contribuyen de manera muy importante al calentamiento global del planeta, que constituye un riesgo múltiple para la agricultura y otras actividades humanas. Además, los expertos afirman que las reservas de combustibles fósiles sólo durarán otros 40 o 50 años.

Por **biomasa** se entiende a toda la materia de origen biológico, esto es, materia orgánica renovable de origen animal o vegetal, o procedente de la transformación natural o artificial de la misma, y que no pueda ser empleada con fines alimenticios y/o industriales.

Hay muchas clases distintas de combustibles de biomasa, desde la leña tradicional, hasta los combustibles biológicos modernos muy complejos, pasando por los desechos agrícolas, y los residuos de origen animal.

4. TIPOS DE BIOMASA.

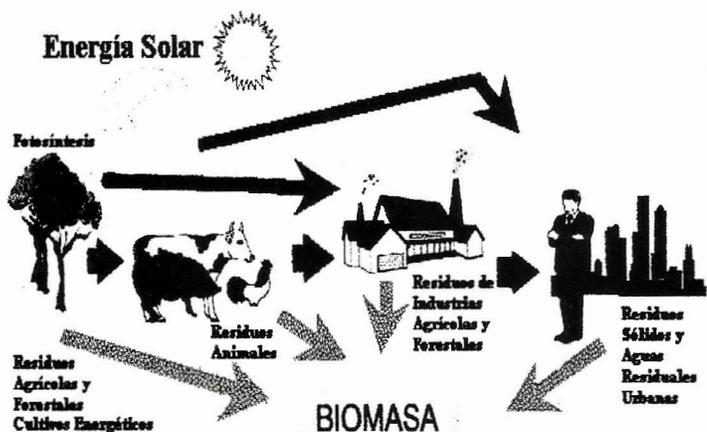
Teniendo en cuenta la definición de biomasa, ésta se puede clasificar, atendiendo a su origen, en:

- ◆ **Biomasa Natural**, que es la que se produce en ecosistemas naturales. La explotación intensiva de este recurso no es compatible con la protección del medio ambiente, aunque sea una de las principales fuentes energéticas de los países subdesarrollados.
- ◆ **Biomasa Residual**, que incluye:
 - Residuos Forestales y Agrícolas.
 - Residuos de Industrias Forestales y Agrícolas.
 - Residuos Sólidos Urbanos (fracción orgánica).
 - Lodos Biodegradables (Efluentes ganaderos, lodos de depuradoras, aguas residuales urbanas, etc.)

- ◆ **Cultivos Energéticos**, que son los realizados con el único objeto de su aprovechamiento energético y se caracterizan por una gran producción de materia viva por unidad de tiempo y con el condicionante de minimizar los cuidados al cultivo.
- ◆ **Excedentes Agrícolas**. Los excedentes agrícolas que no sean empleados en la alimentación humana y/o animal son considerados como biomasa y pueden aprovecharse, por ejemplo, para la elaboración de biocombustibles líquidos y gaseosos, además de bioabono.

- ◆ Para producir un líquido que se pueda almacenar en tanques y surtir con bombas;
- ◆ Se puede utilizar la biomasa para producir algo semejante al carbón que se coloca en bolsas y se exporta.
- ◆ Los combustibles de biomasa probablemente sean el único combustible primario que pueda sustituir a la gasolina para el transporte;
- ◆ La energía de biomasa genera empleos, es una forma de crear infraestructura rural;
- ◆ También tiene un gran potencial para rehabilitar tierras degradadas.

GENERACIÓN DE BIOMASA



7. UTILIZACIÓN DEL BIOGAS Y DEL BIOABONO

Con el término biogas se designa a la mezcla de gases resultantes de la descomposición de la materia orgánica realizada por acción bacteriana en condiciones anaerobias, utilizando para esto, algún tipo de reactor cerrado llamado biodigestor.

La composición del biogas varía de acuerdo a la biomasa utilizada, y al proceso de producción; su composición aproximada se presenta a continuación:

Metano, CH ₄	40 - 70% volumen
Dióxido de carbono, CO ₂	30 - 60
Sulfuro de hidrógeno, H ₂ S	0 - 3
Hidrógeno, H ₂	0 - 1

5. VENTAJAS DE LOS COMBUSTIBLES DE BIOMASA EN COMPARACIÓN CON OTRAS FORMAS DE ENERGÍA

Respecto a los combustibles fósiles, los combustibles de biomasa tienen la ventaja de que son neutros en CO₂ y que son renovables, ya que desde el punto de vista del cambio climático, es fundamental cultivar biomasa que absorbe el dióxido de carbono de la atmósfera y lo vuelve a liberar una vez quemado. Los combustibles fósiles sólo van a durar otros 40 o 50 años, pero sus efectos contaminantes van a durar más tiempo.

Con los combustibles de biomasa es posible obtener una gran variedad de aplicaciones:

- ◆ Utilizar los combustibles de biomasa para producir un gas que se puede quemar;

El biogas ha sido utilizado en la mayor parte de los casos para:

- ◆ Cocinar en combustión directa en estufas simples;
- ◆ Para iluminación, para calefacción y como reemplazo de la gasolina o el combustible diesel en motores de combustión interna;

El Bioabono es el residuo orgánico producto de la fermentación anaeróbica de la materia orgánica posee excelentes propiedades fertilizantes; su composición va de acuerdo al desecho utilizado.

Ventajas que proporciona:

- ◆ No posee mal olor, ni contamina, no atrae moscas, puede ser aplicado directamente al campo en forma líquida o bien ser deshidratado y almacenado para uso posterior.
- ◆ Puede utilizarse para cultivos por hidroponía, en los que se proporciona a la planta la humedad y los nutrientes que requiere sin utilizar tierra.
- ◆ Se puede utilizar para fertilizar estanques de peces ayudando a formar su alimento.

Algunas ventajas, además de las ya mencionadas, es que un metro cúbico producido diariamente puede fertilizar más de dos hectáreas de tierra por año.

8. VENTAJAS DE LA UTILIZACIÓN DE BIODIGESTORES

Un biodigestor puede ser construido con diversos materiales como ladrillo y cemento, metal o plástico; a estos se suministra materia orgánica (estiércol animal o humano, las aguas negras de las ciudades, residuos de matadero, etc), para generar biogas.

Los biodigestores anaeróbicos son prácticamente recipientes fabricados para contener la biomasa a digerir y los microorganismos que hacen el proceso. Deben ser herméticos, permitir la carga y descarga de materiales y poseer un dispositivo para recoger el gas producido.

Si la velocidad de alimentación es muy baja, la actividad metabólica de las bacterias es menor y se producirán sólo pequeñas cantidades de gas. Las bacterias que producen el metano no soportan ni oxígeno ni luz. En el reactor anaeróbico, el material de desecho orgánico, en ausencia de oxígeno, se convierte en biogas y en fertilizante de alta calidad. La duración de la reducción del material biológico depende de los micro-organismos especiales y de sus temperaturas óptimas de crecimiento.

Para que las bacterias formadoras de metano trabajen en forma óptima, se requiere mantenerlas a temperaturas que oscilan entre los 30 y 60 grados Centígrados, dependiendo del tipo de bacterias que se adapten y desarrollen, como se muestra a continuación:

Microorganismos	Temperatura	Nota
Mesophil	30 a 40 °C	Sistemas rurales
Thermophil	50 a 60 °C	Instalaciones industriales

La utilización de los biodigestores además de permitir la producción de biogas ofrece enormes ventajas para la transformación de desechos:

- ◆ Mejora la capacidad fertilizante del estiércol.
- ◆ El efluente es mucho menos oloroso que el afluente.
- ◆ Control de patógenos.

CONCLUSIONES

Los biodigestores se constituyen en una valiosa alternativa para el tratamiento de los desechos orgánicos de las explotaciones agropecuarias pues permiten:

- ◆ disminuir la carga contaminante,
- ◆ mejorar la capacidad fertilizante del material,
- ◆ eliminar los malos olores y,
- ◆ generar un gas combustible denominado biogas el cual tiene diversos usos.

Es por ello que se considera factible la utilización de biodigestores en áreas rurales.

REFERENCIAS

- ◆ Manual de Energía Renovable. IDEA. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, 1992.
- ◆ Manual para el promotor de la Tecnología. Ma. Isabel Mandujano, Alfonso Felix, Ana María Martínez. México 1981.
- ◆ Sd Dimensions/Energy Of Dvelopment/Entrevista. Publicado 19 de diciembre de 1997.
- ◆ Artículos varios de Internet.