

Pirólisis para obtener gas combustible

Autor: EA4IPV

Fecha: 23/03/2026

Categoría: Fuego

Etiquetas: Sin etiquetas

Pirólisis para obtener gas combustible

La pirólisis es la descomposición termoquímica de materia orgánica en ausencia de oxígeno o con oxígeno muy limitado, a temperaturas entre 300 y 700 °C. A diferencia de la combustión ordinaria (que requiere oxígeno y produce CO₂ y agua), la pirólisis rompe las cadenas moleculares largas de celulosa, hemicelulosa y lignina en compuestos más simples: gases combustibles (monóxido de carbono, hidrógeno, metano), líquidos condensables (alquitran de madera, ácido piroleñoso, aceites pesados) y un residuo sólido carbonoso (carbón vegetal o biochar). Este proceso, conocido y utilizado desde la antigüedad para producir carbón vegetal y brea, puede adaptarse con tecnología sencilla para generar gas de síntesis (syngas) utilizable como combustible en hornillos, lámparas e incluso motores de combustión interna.

Fundamentos termoquímicos de la pirólisis

La pirólisis ocurre en varias etapas que dependen de la temperatura, cada una produciendo compuestos diferentes. Comprender estas etapas permite optimizar el reactor para maximizar la producción de gas o de carbón según la necesidad:

Etapas

Temperatura (°C)

Proceso

Productos principales

Secado

100-150

Evaporación del agua libre e intersticial

Vapor de agua

Torrefacción

200-300

Descomposición de hemicelulosa; la celulosa comienza a degradarse

CO₂, ácido acético, agua, furfural

Pirólisis primaria

300-500

Rotura de celulosa y lignina; máxima producción de volátiles

CO, H₂, CH₄, alquitranes, ácido piroleñoso

Pirólisis secundaria

500-700

Cracking térmico de alquitranes en gases más ligeros

CO, H₂, CH₄, C₂H₄, carbón residual

Gasificación parcial

700-900

Reacción del carbón con vapor de agua y CO₂

CO + H₂ (syngas de alta calidad)

La composición típica del gas de pirólisis de madera a 500-600 °C es aproximadamente: 30-35% de monóxido de carbono (CO), 10-15% de hidrógeno (H₂), 10-15% de metano (CH₄), 5-10% de dióxido de carbono (CO₂), y el resto nitrógeno y trazas de etileno, etano y otros hidrocarburos ligeros. El poder calorífico de este gas oscila entre 10 y 18 MJ/m³, suficiente para alimentar un quemador de cocina o una lámpara de gas.

Peligro: monóxido de carbono: El gas de pirólisis contiene un 30-35% de monóxido de carbono, un gas inodoro, incoloro y letal. La exposición a concentraciones de 400 ppm durante 1 hora produce cefalea y náuseas; 1.600 ppm causan la muerte en 2 horas. Cualquier reactor de pirólisis DEBE operarse EXCLUSIVAMENTE al aire libre o en espacios con ventilación permanente. NUNCA queme syngas en interiores sin extracción forzada de gases.

Diseño de retorta casera para producción de gas

Una retorta de pirólisis es esencialmente un recipiente metálico cerrado que se calienta externamente. La biomasa dentro se descompone térmicamente y los gases producidos se canalizan a través de una tubería de salida. El diseño más sencillo y efectivo para uso de supervivencia utiliza bidones metálicos anidados:

Retorta interior (bidón pequeño): Un bidón metálico de 20-60 litros con tapa sellable. Se llena con la biomasa troceada (madera seca cortada en piezas de 3-5 cm, cáscaras de frutos secos, huesos de aceituna, astillas). Se perfora un orificio de 15-20 mm en la tapa para acoplar un tubo de cobre o acero que será la salida de gases. El sellado entre tapa y bidón debe ser razonablemente hermético, pero no necesita ser perfecto: una junta de barro arcilloso o masilla refractaria basta.

Cámara de combustión exterior: Un bidón mayor (200 litros) o una estructura de ladrillos/bloques de hormigón que aloja el bidón interior. En el espacio entre ambos se hace fuego con leña convencional para calentar el bidón interior. Orificios de admisión de aire en la base y una chimenea superior regulan el tiro y la temperatura. La temperatura exterior debe alcanzar 400-600 °C sostenidos durante 2-4 horas.

Sistema de conducción de gas: El tubo de salida del bidón interior se extiende al menos 2-3 metros antes del punto de uso. En ese recorrido, el gas se enfría parcialmente y los alquitranes más pesados condensan en las paredes del tubo (se puede colocar un recipiente colector intermedio). El gas limpio que sale al final es inflamable y puede alimentar un quemador abierto, una lámpara o almacenarse temporalmente en una cámara de aire (neumático viejo o bolsa de plástico resistente, aunque con precauciones extremas).

El rendimiento típico es de 300-400 litros de gas por kilogramo de madera seca procesada. Una carga de

10 kg de madera produce suficiente gas para 2-4 horas de cocción a fuego medio, más 2-3 kg de carbón vegetal de alta calidad como subproducto.

Biomasa adecuada y optimización del proceso

No toda biomasa produce gas con la misma eficiencia ni calidad. El contenido de humedad, la densidad y la composición química determinan el rendimiento:

Madera seca (humedad La mejor materia prima general. Maderas duras (encina, haya, roble) producen más carbón y gas de mayor poder calorífico. Maderas blandas (pino, sauce) producen más volátiles y alquitranes pero se procesan más rápido. Trocear en piezas de 3-5 cm maximiza la transferencia de calor.

Residuos agrícolas: Cáscaras de almendra y nuez, huesos de aceituna, poda de vid y frutales son excelentes. Alta densidad energética y bajo contenido de humedad si están secas. Los huesos de aceituna producen un carbón vegetal particularmente denso y calórico.

Biomasa a evitar: Materiales con más de 30% de humedad gastan la mayor parte de la energía en evaporar agua. Plásticos y materiales sintéticos producen gases tóxicos (cloruro de hidrógeno, dioxinas). Madera tratada con CCA (arseniato de cobre cromado) libera arsénico y cromo. Nunca pirolíce neumáticos ni aceites usados sin equipo industrial de filtrado.

Eficiencia energética: La pirólisis no es un proceso energéticamente gratuito: se necesita quemar combustible externo para calentar la retorta. Sin embargo, una vez alcanzada la temperatura de pirólisis (300-400 °C), parte del gas producido puede redirigirse para alimentar la cámara de combustión exterior, logrando un proceso parcialmente autosostenido. Este es el principio de las estufas TLUD (Top-Lit Updraft) y los gasificadores de biomasa.

Aplicaciones prácticas del gas de pirólisis

El syngas producido tiene múltiples usos en un escenario de autosuficiencia o emergencia:

Cocina: Un quemador tipo Bunsen alimentado con syngas proporciona una llama estable y regulable. El gas se conduce directamente desde la retorta al quemador a través de un tubo metálico. La potencia calórica es inferior al gas natural o butano, pero suficiente para hervir agua y cocinar. Se necesitan aproximadamente 400-500 litros de syngas para hervir 5 litros de agua desde temperatura ambiente.

Iluminación: Históricamente, el gas de hulla (un producto similar) iluminó las ciudades europeas durante todo el siglo XIX. Una lámpara de gas alimentada con syngas produce una luz cálida y constante. El gas se quema en un mechero con regulador de flujo y, opcionalmente, una camisa incandescente (manguito Welsbach) para aumentar la luminosidad.

Motor de combustión interna: Los gasógenos de madera alimentaron millones de vehículos durante la Segunda Guerra Mundial cuando la gasolina escaseaba. Un motor de gasolina puede funcionar con syngas con modificaciones menores en el carburador (mezcla más rica de gas). La potencia se reduce un 30-40% respecto a gasolina, pero el vehículo es operativo. Finlandia, Suecia y Alemania emplearon este sistema

extensivamente entre 1939 y 1945.

Subproducto: carbón vegetal: El residuo sólido de la pirólisis es carbón vegetal de alta calidad (75-85% de carbono fijo), utilizable como combustible de cocina, filtro de agua, enmienda de suelo (biochar) o materia prima para metalurgia. Cada kg de madera produce 250-350 g de carbón vegetal.

 Advertencia: Esta información es orientativa y educativa. En situaciones de emergencia real, consulte a profesionales cualificados siempre que sea posible. No ponga en riesgo su vida ni la de otros sin la formación adecuada.