
Resumen

Esta tesis evalúa ciclos de producción de oxígeno basados en el uso de membranas en tres contextos industriales, enfatizando en la producción de potencia operando bajo oxicomcombustión. La principal motivación es reducir las emisiones contaminantes sin afectar el desempeño del sistema.

Los estándares de emisiones actuales demandan alternativas para mitigar el efecto de las actividades humanas en el ambiente. La oxicomcombustión es una opción prometedora que aborda directamente la formación de sustancias contaminantes, especialmente la formación de NO_x, facilitando la captura de dióxido de carbono y con una fácil integración en instalaciones existentes. Esta requiere un flujo de oxígeno de alta pureza mezclada con gases reciclados de proceso para controlar la temperatura de combustión.

Este flujo de oxígeno necesita de un sistema de separación de aire para ser producido, con un consumo energético razonable que no afecte el funcionamiento del sistema. En este sentido, la separación de aire con membranas es una alternativa con bajo consumo energético y bajos costos que requiere altas temperaturas y gradientes de presión para una operación óptima.

Siguiendo esta idea, se ha realizado un análisis termoeconómico de un ciclo de producción de oxígeno basado en membranas para evaluar la viabilidad de este tipo de instalaciones en el contexto de una planta de cerámica. El ciclo es alimentado por gases reciclados dentro de la planta y usa turbogrupos e intercambiadores de calor para comprimir y calentar el aire con el fin de obtener el oxígeno.

Dos configuraciones de este ciclo han sido estudiadas, diferenciadas de acuerdo con la presencia de una fuente de calor adicional y el método para la generación de vacío. Se ha encontrado un costo óptimo de producción de oxígeno de 31 € t^{-1} , el cual es competitivo cuando se considera un precio promedio de mercado de 50 € t^{-1} . Además, comparado con otros métodos de producción de oxígeno, este ciclo muestra un comportamiento competitivo en lo que respecta a la pureza del oxígeno, la producción y el consumo energético.

Los anteriores resultados motivaron el estudio de configuraciones similares operando en dos contextos distintos de generación de potencia que operan con oxicomcombustión: una planta de generación eléctrica y un motor de encendido provocado.

En el primer contexto, se compara el desempeño de dos métodos de producción de oxígeno distintos, operando en una planta de generación eléctrica de 400 MW. La planta seleccionada es el ciclo Graz, que usa separación criogénica de aire como fuente de oxígeno, siendo el caso base del análisis. En este sentido, se consideran dos configuraciones de membrana: de tres entradas y de cuatro entradas. La fuente de energía que impulsa ambas configuraciones es un flujo de temperatura media que se encuentra dentro del ciclo de potencia. Ambos casos se han comparado con el caso base del ciclo.

La configuración con una membrana de tres entradas mejora la eficiencia del caso base en un 0.61 %, y la de cuatro entradas en un 2.3 %. La producción de oxígeno requiere un menor consumo energético que en el caso base en las configuraciones de membrana, aumentando la salida de potencia neta del caso base. Por tanto, la producción de oxígeno con membranas muestra un desempeño prometedor, con una posible integración con una planta de producción de potencia que trabaja con oxicomcombustión.

En el segundo contexto, el ciclo basado en membranas se acopla a un motor de encendido provocado que funciona con oxicomcombustión, donde diferentes condiciones de operación son evaluadas en términos del consumo de combustible y disponibilidad de energía para la producción de oxígeno. La fuente primaria de energía del ciclo de membrana es el flujo de gases de escape del motor. Primeramente, diferentes concentraciones de oxígeno y relaciones de compresión del motor son estudiadas a un régimen medio, comparando el desempeño con la operación convencional del motor. Una concentración media (30 %) fue hallada como óptima en el estudio. En estas, las condiciones de operación permiten un aumento considerable de la relación de compresión del motor.

En segundo lugar, se realiza un estudio de plena carga del motor en un rango amplio de regímenes de giro del motor. El motor de oxicomcombustión alcanza una operación sostenible en los regímenes estudiados, alcanzando los valores de referencia de plena carga. Se han obtenido consumos de combustible similares al caso de operación convencional más eficiente cuando la relación de compresión es elevada en el caso de oxicomcombustión.

En tercer lugar, se han encontrado límites operativos referentes a la operación a cargas parciales y altitud. La tendencia de consumo de combustible del caso con oxicomcombustión es similar a un motor convencional sobrealimentado a cargas parciales, mientras que se mejora el desempeño de un motor de aspiración natural. La menor carga alcanzable está entre 40 %-50 % de la máxima carga, dependiendo de la relación de compresión del motor. La operación del ciclo de membrana es afectada a cargas más bajas. Por otro lado, el sistema muestra un desempeño adecuado hasta los 4000 m de altitud.

Por tanto, se concluye que el ciclo de producción de oxígeno basado en membranas de separación de aire muestra flexibilidad para operar en un amplio rango de energía disponible, mostrando un desempeño adecuado de acuerdo con los requerimientos del sistema. Adicionalmente, se pueden encontrar posibles ventajas en cuanto al consumo de energía y costos operativos realizando un diseño cuidadoso del sistema.