

REIVINDICACIONES

1. Un método para mejorar la eficiencia energética del sistema de separación de gas adsorbente durante los tiempos de demanda reducida del producto, el sistema incluye:

a. uno o más recipientes (43) que contienen uno o más lechos de adsorción que comprenden uno o más materiales de adsorción, y

b. uno o más compresores (22),

en donde el uno o más lechos de adsorción se configuran para la presurización y despresurización cíclicas durante el funcionamiento para la separación de componentes de una mezcla de gas de alimentación en al menos un primer componente y un segundo componente mediante la adsorción selectiva de dicho primer componente en dicho lecho de adsorción que comprende uno o más adsorbentes, dicho método comprende las siguientes etapas de forma cíclica:

I. aumentar la presión de un gas de alimentación en dicho lecho durante las etapas de adsorción del ciclo a una presión de adsorción que permita la adsorción de dicho primer componente por dicho adsorbente, dicho adsorbente exhibe un coeficiente de transferencia de masa de $\geq 12/s$ y una difusividad intrínseca de N₂ de $\geq 3,5 \times 10^{-6} \text{ m}^2/s$ a 1,5 bar (150 kPa) y 300 K,

II. despresurizar dicho lecho durante las etapas de desorción de dicho ciclo a una presión de desorción para desorber dicho primer componente de dicho adsorbente, la relación de presiones de dicha presión de adsorción a dicha presión de desorción en un rango de 1,5 a 6,0;

en donde durante tiempos de demanda reducida del producto, dicho método comprende reducir la presión de adsorción superior a un rango de 75 % a 90 % de presión de operación máxima de diseño de dichos uno o más recipientes de adsorción para reducir la capacidad de producción mientras se logra una mayor eficiencia de energía.

2. El método de la reivindicación 1, en donde el sistema es un sistema de adsorción por oscilación de presión (PSA) o adsorción por oscilación de presión al vacío (VPSA) configurado para recuperar uno o más gases seleccionados del grupo que consiste en: O₂, N₂, CO₂, H₂, Ar y helio.

3. El método de la reivindicación 2, en donde dicha difusividad intrínseca de N₂ de dicho adsorbente para dicho primer componente es igual a o mayor que $4,0 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ a 1,5 bar (150 kPa) y 300 K y dicha relación de la presión de adsorción a la presión de

desorción varía de 1,5 a 3,5 para un sistema de VPSA y de 3,0 a 6,0 en un sistema de PSA.

4. El método de la reivindicación 2, en donde dicho gas de alimentación es aire, dicho primer componente es nitrógeno y dicho segundo componente es oxígeno, en donde dicho adsorbente es seleccionado de un grupo que consiste en una zeolita tipo X con una relación $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ menor que o igual a 2,5 e intercambiada con Li (>70 %), una zeolita de tipo faujasita intercambiada con cualquier catión de Li, Ca, Na, K, y una configuración catiónica mezclada de dicha zeolita faujasita.

5. El método de la reivindicación 1 que comprende uno o más lechos en serie o en paralelo, en donde uno o más lechos están en modo de alimentación mientras que los otros están en modo de regeneración y en donde dichos uno o más compresores son un compresor de desplazamiento positivo, un compresor rotodinámico o compresor centrífugo.

6. El método de la reivindicación 5 en donde dichos uno o más compresores son un compresor de desplazamiento positivo, en donde la presión del recipiente adsorbente superior de dichos uno o más recipientes adsorbentes se reduce mientras se mantiene el control sobre la velocidad de flujo del producto

al reducir la restricción de presión en el sistema al aumentar la apertura del control del producto, de elaboración del producto y/o válvulas de ecualización.

7. El método de la reivindicación 6 en donde dichos uno o más compresores son accionados por un motor asociado, en donde el uno o más compresores son un soplador de lóbulo giratorio y el motor asociado es un motor de inducción.

8. El método de la reivindicación 5 en donde dichos uno o más compresores son un compresor de alimentación centrífugo.

9. El método de la reivindicación 8 en donde el compresor de alimentación centrífugo comprende álabes guía de entrada, en donde la presión superior de dichos uno o más recipientes adsorbentes se reduce al disminuir el flujo de alimentación al recipiente de adsorción, en donde dicha disminución en el flujo de alimentación se logra reduciendo la velocidad de dicho compresor del compresor centrífugo, o ajustando los ángulos de los álabes guía de entrada de dicho compresor, o una combinación de ambos.

10. Un sistema de adsorción por oscilación de presión (PSA) o de adsorción por oscilación de presión al vacío (VPSA) para la separación de gas que comprende:

- a. uno o más recipientes (43) que contienen uno o más lechos de adsorción que comprenden uno o más materiales de adsorción, en donde el uno o más lechos se configuran para la presurización y la despresurización cíclicas durante el funcionamiento;
- b. uno o más compresores centrífugos (22) accionados por un motor de imán permanente de alta velocidad de accionamiento directo y velocidad variable o motor de inducción de alta velocidad; y
- c. un compresor de producto (73) configurado para suministrar la presión de producto deseada a una capacidad de producción promedio y máxima,

en donde el sistema está configurado para ajustar la velocidad de dichos uno o más compresores en respuesta a señales de datos de condiciones en el sistema, de tal manera que el uno o más compresores centrífugos puedan operar a una velocidad designada; y

en donde durante tiempos de demanda reducida del producto, dicho sistema está configurado para reducir la presión de adsorción superior a un rango de 75 % a 90 % de presión de operación de diseño de dichos uno o más recipientes de adsorción para reducir

la capacidad de producción mientras se logra una mayor eficiencia de energía.

11. El sistema de la reivindicación 10 en donde dicho compresor de producto es un compresor centrífugo accionado por accionamiento directo, motor de imán permanente de alta velocidad o motor de inducción de alta velocidad, y la relación de velocidad y presión de dicho compresor puede aumentarse para lograr la presión y el flujo de producto deseados.

12. El sistema de la reivindicación 10 en donde dichos uno o más compresores son un compresor de desplazamiento positivo, en donde la presión del recipiente adsorbente superior de dichos uno o más recipientes adsorbentes se reduce mientras se mantiene el control sobre la velocidad de flujo del producto al reducir la restricción de presión en el sistema al aumentar la apertura del control del producto, de elaboración del producto y/o válvulas de ecualización.

13. El sistema de la reivindicación 11 en donde dichos uno o más compresores son un compresor de alimentación centrífugo.

14. El sistema de la reivindicación 13 en donde el compresor de alimentación centrífugo comprende álabes guía de entrada, en

donde cuando la demanda del producto es menor que los requisitos de producción promedio del sistema la presión superior de dichos uno o más recipientes adsorbentes se reduce al disminuir el flujo de alimentación al recipiente de adsorción, en donde dicha disminución en el flujo de alimentación se logra reduciendo la velocidad del compresor de dicho compresor centrífugo, o ajustando los ángulos de los álabes guía de entrada de dicho compresor, o una combinación de ambos.

15. El sistema de la reivindicación 14, en donde dicho compresor centrífugo y/o dicho compresor de producto son accionados por un motor de imán permanente de alta velocidad de accionamiento directo o motor de inducción de alta velocidad, en donde los motores asociados del compresor centrífugo y/o compresor de producto están en comunicación con uno o más accionadores de frecuencia variable asociados y el uno o más accionadores de frecuencia variable asociados están en comunicación con los medios para recibir señales de datos y en donde los motores asociados del uno o más compresores centrífugos y/o compresor de producto están en comunicación con uno o más accionadores de frecuencia variable asociados y el uno o más accionadores de frecuencia variable asociados están en comunicación con los medios para recibir señales de datos.

16. El sistema de la reivindicación 15, en donde los medios para recibir señales de datos se configuran para determinar la relación de presión (presión de salida/presión de entrada) para el uno o más compresores centrífugos y/o el compresor del producto.

17. El sistema de la reivindicación 16, en donde los medios para recibir señales de datos se comunican durante el funcionamiento al motor de imán permanente de alta velocidad o motor de inducción de alta velocidad asociado del uno o más compresores centrífugos y/o el compresor de producto a una velocidad a la cual operar en respuesta a la relación de presión y la temperatura de entrada para el uno o más compresores centrífugos y/o compresor de producto.

18. El sistema de la reivindicación 17, en donde el imán permanente de alta velocidad o motor de inducción asociado se acopla directamente al uno o más compresores centrífugos de alimentación de tal manera que el uno o más compresores centrífugos de alimentación pueden operarse en o cerca de una línea de eficiencia predeterminada, en donde la línea de eficiencia predeterminada es una línea de eficiencia mejor representada por los locus de puntos que corresponden a puntos de eficiencia máxima de las curvas de operación del compresor a

diferentes velocidades y condiciones de proceso del uno o más compresores centrífugos de alimentación.

19. El sistema de la reivindicación 10, en donde el sistema de PSA o VPSA comprende un sistema para recuperar uno o más gases seleccionados del grupo que comprende: O_2 , N_2 , CO_2 , H_2 , Ar o helio.

20. El sistema de la reivindicación 19 en donde dicho sistema es un sistema de VPSA y la reducción de la eficiencia de energía para dicho proceso de VPSA se mejora al disminuir la presión de adsorción superior en dicho sistema, aumentar el flujo de alimentación al sistema y/o disminuir el tiempo de ciclo.

21. El sistema de la reivindicación 20 en donde el rango de reducción se extiende a través del compresor centrífugo de múltiples etapas de accionamiento directo controlado por VFD de accionamiento directo de alta velocidad, el uso de álabe guía de entrada, el control del ángulo del álabe guía de entrada, la relación de presión de etapa variable a través de velocidades de etapa variables, o la combinación de cualquiera de los anteriores.