

OPTIMIZACIÓN DE UN PROCESO BASADO EN LA DESTILACIÓN REACTIVA PARA LA PRODUCCIÓN DE DIFENIL CARBONATO

López Rodríguez Oliver Alejandro (1) Carreón Barrientos José Juan (2) Segovia Hernández Juan Gabriel (3)

¹ Bachillerato General, Escuela del Nivel Medio Superior Guanajuato | Dirección de Correo electrónico: dcheroes6@gmail.com

² Escuela de Nivel Medio Superior | Dirección de correo electrónico: pepecarreon@ugto.mx

³ Departamento de Ingeniería Química, División de Ciencias Naturales y Exactas, Universidad de Guanajuato | Dirección de correo electrónico: gsegovia@ugto.mx

Resumen

El policarbonato se ha convertido en un polímero de gran utilidad en los últimos años debido a que tiene muchas aplicaciones en la industria. Este polímero se utiliza como recubrimiento en las micas de algunos lentes para brindar mayor resistencia, en los recubrimientos que componen los CD's y los DVD, así como aplicaciones en electrónicos. El problema es que se produce mediante reactivos altamente tóxicos como fosgeno, monóxido de carbono y cloruro de metileno. A escala industrial usualmente los procesos consumen demasiada energía, deben presentar un buen desempeño dinámico y ser ambientalmente sustentables. En este trabajo se optimizó un proceso de producción de policarbonato más eficiente, el cual consiste en la producción de difenil carbonato (DPC), el precursor del policarbonato, a partir de la destilación reactiva de dimetil carbonato (DMC) y acetato de metilo (MA). Los resultados de este trabajo indican que el uso de destilación reactiva térmicamente acoplada es mejor en cuanto a consumo de energía y desempeño dinámico que el sistema de destilación reactiva convencional.

Abstract

On the last years the polycarbonate has been a useful polymer, because this has a lot of applications in the industry field, this polymer is used as a cover on the glasses for give a bigger resistance as well as a cover on the CD's and DVD's and in electronic applications, the problem is the production, this is produced by some higher toxic level materials as phosgene, carbon monoxide and methylene chloride, in an industrial scale all the proses spend a lot of energy, also has other problems like the operative control and environmental, today this represent a serious problem, by this way that we optimized an efficient process for the production of the polycarbonate, this consist on the reactive distillation of diphenyl carbonate (DPC), starting of dimethyl carbonate (DMC) and Methyl Acetate (MA). This process was compared with the commonly system used in the industry, this system is called conventional system, while the optimized system is a thermally coupled, this system give a best control and an energetic saving.

INTRODUCCIÓN

Producción de Policarbonato

El policarbonato es un importante termoplástico, que posee excelentes propiedades ópticas, así como de resistencia a la electricidad y el calor. Este posee una gran cantidad de aplicaciones industriales que incluyen CD's y DVD's, aplicaciones eléctricas y electrónicas así mismo es utilizado como un material para teléfonos móviles y automóviles. [1]

Comúnmente una gran parte del Policarbonato producido se basa en un proceso con fosgeno, dióxido de carbono y cloruro de metileno, compuestos altamente tóxicos. La producción de DPC mediante esta ruta tiene un gran impacto ambiental, además de que se requiere una gran cantidad de agua con el fin de separar el fosgeno y cloro [2], lo cual conduce a pensar en una solución que sea ambientalmente sustentable y de buen desempeño dinámica para la producción de DPC.

Destilación Reactiva

La destilación reactiva (RD) es una combinación entre una reacción y una separación en una sola fase o etapa, el concepto de combinar estas dos fases en una misma no es un concepto nuevo en el mundo de la ingeniería química ya que desde el siglo XIX, se conocieron los primeros procesos fundamentales para la destilación reactiva. [3]. La destilación es uno de los procesos pertenecientes a la ingeniería química que utilizan la energía de una manera intensiva, a escala mundial las plantas que utilizan este proceso en total componen el 3% de consumo de energía eléctrica, debido a esto la destilación reactiva está presente como una de las metodologías mejor apropiadas para la producción industrial ya que consumen una menor

cantidad de energía debido a que se llevan más procesos en una sola columna. [4]

Sistema térmicamente acoplado

La destilación reactiva es considerada como un método de intensificación de procesos para la ingeniería química, ya que permite llevar a cabo un conjunto de distintos fenómenos en una sola etapa [3]. En general los procesos de destilación son en esencia grandes consumidores de energía, por lo que es necesario realizarle mejoras a este proceso para obtener un gran ahorro de energético. Dentro de las alternativas propuestas están las secuencias de destilación térmicamente acopladas, las cuales en el caso de separación de mezclas ternarias han mostrado ahorros de energía entre 30% y 50% en comparación con las secuencias de destilación convencionales [4]. Por ello en este trabajo se analiza una columna de destilación reactiva térmicamente acoplada (Figura 1) como una novedosa propuesta para la producción de DPC en comparación con el sistema de destilación reactiva convencional (Figura 2).

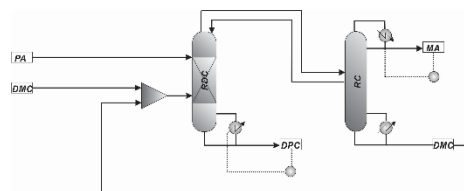


Figura 1: Esquema del Sistema Térmicamente Acoplado para la Destilación Reactiva.

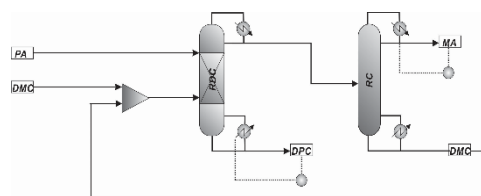


Figura 2: Esquema del Sistema Convencional para la Destilación Reactiva

MATERIALES Y MÉTODOS

Simulación de las columnas de destilación reactiva

Para estudiar rigurosamente el desempeño dinámico en las columnas de destilación reactivas, convencional y acoplada, se utilizó el software Aspen Dynamic en su versión 8.8. Para ello se llevó a cabo un estudio a lazo cerrado de las propiedades dinámicas de ambos sistemas utilizando controladores PI (ampliamente usados en la industria) usando como variables de control la composición de los productos de interés y como variables manipulables la carga térmica y la relación de reflujo. Para la sintonización de los parámetros del controlador se usó la técnica de minimización del IAE. Se llevaron a cabo cambios de set point negativos en valores de 1% en relación al valor nominal. De esta manera se logró analizar el desempeño dinámico de ambos sistemas.

Simulación del sistema térmicamente acoplado

El sistema reactivo térmicamente acoplado tiene un ahorro energético mayor debido a que elimina efecto de remezclado presente en el sistema reactivo convencional. Esto quiere decir que la concentración de uno de los productos aumenta hasta un valor máximo en una etapa intermedia de la columna y luego disminuye hasta llegar al fondo de la columna y esto origina que la separación se lleve a cabo en un sistema convencional con un mayor gasto energético [3], situación que el acoplamiento térmico elimina y provoca una disminución en el consumo de energía. En cuanto al desempeño dinámico del sistema reactivo acoplado presentó unos valores de IAE (integral de error absoluto) inferiores para cada uno de los lazos analizados en ambos sistemas. En consecuencia, el desempeño dinámico y el ahorro económico es considerable en el sistema con acoplamiento térmico, lo cual indica las grandes ventajas para una posible implementación industrial del sistema alternativo en comparación con el sistema convencional.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El propósito de este trabajo fue encontrar un sistema de destilación reactiva alternativo que optimizara la producción de DPC con un mayor beneficio, que con el que se obtiene de forma tradicional, en cuanto al ahorro del consumo energético y el control del proceso. Se analizaron dos tipos de sistemas para producir DPC, el primero es el sistema reactivo convencional y el segundo es el sistema reactivo térmicamente acoplado, de tal manera que analizar el desempeño dinámico fue el punto más importante de este trabajo. Aspen Dynamic fue la herramienta principal ya que es un software muy importante y de gran utilidad para los estudios en estado dinámico en ingeniería química, ya que este ahorra el tiempo de la experimentación, además de evitar el uso de una planta piloto lo que se traduce en una inversión mayor por parte de la empresa. Para la secuencia de destilación reactiva con acoplamiento térmico se consideró principalmente el flujo de interconexión como grado de libertad debido a que de antemano se conocía que la variación del flujo de esta variable afecta directamente el consumo energético del sistema.

La variable más importante para comparar los sistemas fue la integral de error absoluto (IAE) y la pureza del producto. En la Figura 1, se muestra la gráfica obtenida para el cambio de set point con una perturbación del 1% de la destilación reactiva de DPC en la columna reactiva convencional.

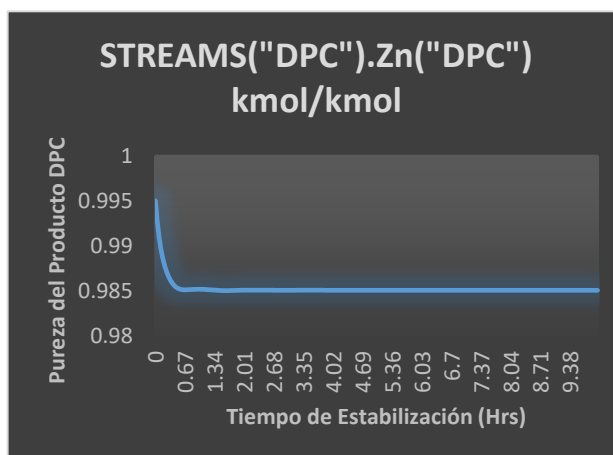


Figura 3: Respuesta del primer lazo de control de la destilación reactiva de DPC en el Sistema Convencional.

Como se observa en la Figura 1, para el primer lazo de control de DPC, en el sistema reactivo convencional el tiempo que tomo estabilizarse fue de alrededor de 2.17 horas, esto con una ganancia de 250 y un tiempo integral de 9 (en los parámetros óptimos del controlador), mientras que el IAE óptimo fue de 0.00152426.

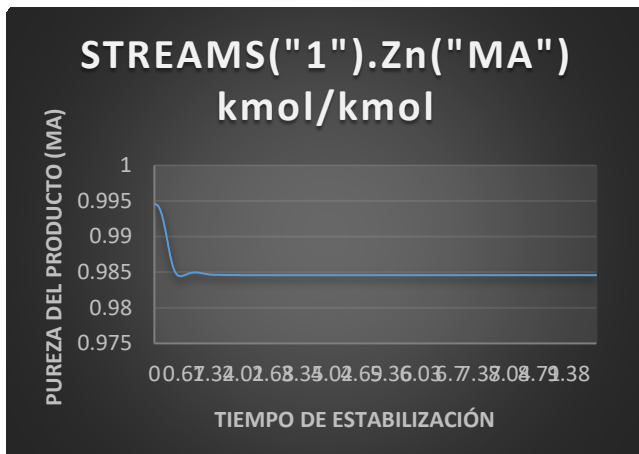


Figura 4: Respuesta del segundo lazo de control de la destilación reactiva de MA en el Sistema Convencional.

Ahora en el segundo lazo del sistema convencional (Figura 2) se puede notar que, se llegó a estabilizar la respuesta a las 1.73 horas con unos valores óptimos de tiempo integral de 16 y una ganancia de 14. El valor óptimo de IAE fue de 0.002892756. Cabe mencionar también que para este sistema se utilizó un controlador extra que regulara la entra del DMC, esto con el fin de no alterar el sistema.

Después de este análisis y obtención de datos, se trabajó en el sistema térmicamente acoplado el cual muestra algunos resultados más favorables, en comparación con el sistema convencional, como se muestra en la Figura 3.

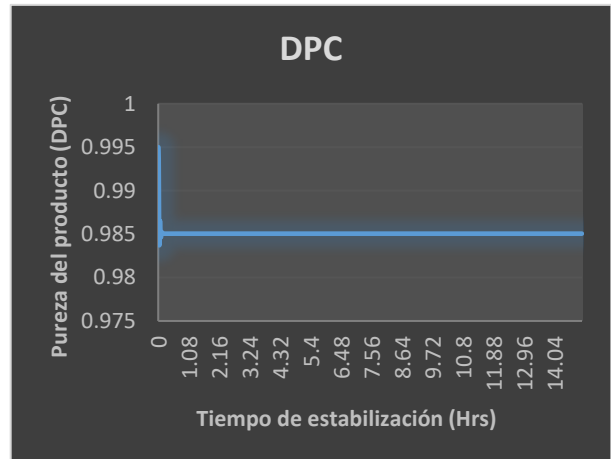


Figura 5: Respuesta del primer lazo de la destilación reactiva de DPC en el Sistema Térmicamente Acoplado

La estabilidad para el lazo de la primera columna en el sistema reactivo acoplado térmicamente, fueron obtenidos para los valores óptimos de ganancia de 250 y un tiempo integral de 1. Se obtuvo un valor óptimo de IAE de 2.25335E-04. El tiempo de estabilización fue de 1.12 horas. Como se puede observar el valor de IAE, en este caso, es inferior para la columna reactiva térmicamente acoplada en comparación con el sistema reactivo convencional. Esto indica un mejor desempeño dinámico del sistema acoplado.

En la Figura 4 se muestra el segundo lazo, pero ahora con el segundo reactivo importante para este proceso, se trata del MA y para estabilizar el siguiente lazo se obtuvieron los siguientes valores óptimos:

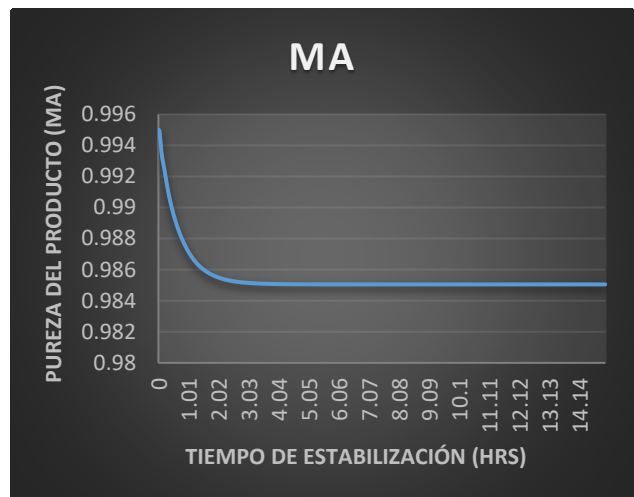


Figura 6: Respuesta del segundo lazo de la destilación reactiva de MA en el Sistema Térmicamente Acoplado

Para la ganancia y el tiempo integral 125 y 37.5 respectivamente, teniendo un IAE óptimo de 0.006223322 en un tiempo de estabilización de 2.658 horas. Aunque para este caso el valor de IAE es ligeramente superior que, en el sistema convencional, el sistema con acoplamiento térmico sigue presentando en lo general mejor desempeño dinámico y menor consumo de energía que el sistema convencional por lo cual parece ser una buena opción para la producción de DPC.

CONCLUSIONES

Con estos resultados se puede notar los beneficios que se pueden obtener al utilizar un sistema térmicamente acoplado. Las grandes ventajas entre el sistema acoplado y el convencional son el ahorro de energía y el desempeño dinámico. Todo esto representa la reducción en costos de operación y consumo de energía. En general se logró optimizar un proceso para la producción de policarbonato que es más eficiente, desde el punto de vista de desempeño dinámico y de menor consumo energético que el utilizado tradicionalmente en la industria. Por lo que implementar el sistema térmicamente acoplado en la industria sería de gran utilidad para la producción de policarbonato en la misma escala, pero con un menor impacto ambiental, un mejor desempeño dinámico, menores consumos de energía y menor costo de operación.

AGRADECIMIENTOS

Me gustaría agradecer a los estudiantes que desarrollaron el su proyecto de investigación en conjunto conmigo debido al apoyo que me proporcionaron al momento de recopilar información y comparar resultados, además debo agradecer a los estudiantes de posgrado en Ingeniería Química de la Universidad de Guanajuato que me apoyaron

y guiaron en el uso del software con el que se desarrolló el análisis de este proyecto, así como también dar las gracias por su tiempo y disposición.

REFERENCIAS

- [1] Reactive Distillation. Edited by Kai Sundmacher, Achim Kienle 2002 Wiley-VCH verlag GmbH & Co. KgaA: Industrial Applications part I (pp. 2-5).
- [2] Barbosa, D. y M. F. Doherty (1988b). "The simple distillation of homogenous reactive mixtures." Chem. Eng. Sci. 43: 541-550.
- [3] Process Intensification Safety Pros and Cons, Crown 2005, Trans IChemE, Part B, March 2005 Process Safety and Environmental Protection 83(B2): 85-89.
- [4] Process Intensification and process system engineering; a Friendly Symbiosis. Jacob A. Mouljin, Andrzej Stankiewicz, Johan Grievink, Andrzej Górak, Science direct, Computers and Chemical Engineering, 2007 Elsevier Ltd. (pp. 1-9).