

CAPITULO 3

ANTECEDENTES

3.1 BREVE HISTORIA DE LA FLUIDIZACION

La técnica de fluidización nació gracias al trabajo pionero de la corporación de desarrollo estándar del petróleo, la corporación M. W. Kellogg y la empresa estándar de petróleo de Indiana, en sus esfuerzos para obtener un mejor proceso de desintegración catalítica que el proceso de lecho fijo introducido en 1937. El proceso de lecho fijo era uno de los mejores procesos dentro de los primeros procesos de desintegración catalítica térmica. Este método producía más gasolina con mayores niveles de octano y menor combustible con bajas propiedades importantes.

Los experimentos iniciales en el desarrollo de un nuevo proceso aun mejor que el entonces existente iniciaron en las mismas líneas del proceso de lecho fijo. Durante este nuevo método, se hizo al vapor de petróleo pasar a través de uno de los lechos hasta que se formara una catálisis llena de carbón. Luego el vapor de petróleo fue transferido a un lecho fresco adyacente mientras que un flujo de aire fue hecho pasar a través del material contaminado de carbón para regenerar la catálisis. Pronto se acordó que algunas innovaciones serian deseables para evitar la complejidad y el costo de esas operaciones intermitentes.

Colocando los lechos regenerados y reactores en serie y moviendo la catálisis continuamente en forma mecánica de un lecho al otro, parecía ser el método obvio a alcanzar. Los experimentos iniciales indicaron que tal sistema podría sufrir considerables pérdidas por fricción excepto si se adoptara un sistema neumático en vez de un mecánico para trasportar la catálisis. Pronto fue descubierto que, para evitar tanto la erosión severa como la fricción, velocidades del gas relativamente bajas serian

requeridas. Esto llevo a una investigación en catálisis de polvos y eventualmente a la observación de que lechos densos de polvos podían ser mantenidos flotando con perdidas relativamente bajas.

También se observó que a velocidades del aire alto, las partículas flotaban en forma considerablemente agitada y que existían burbujas ascendiendo de la parte inferior a la superior del lecho en forma análoga a un líquido hirviendo. Simultáneamente, fue observado que la caída de presión a través de este lecho hirviendo o fluidizado era igual al peso de la carga del lecho, que el lecho era heterogéneamente cargado o empujado por el flujo del gas y por lo tanto, se encontraron propiedades efectivas de flujo similares a la de los líquidos. Estos experimentos simples dieron vida a los conceptos actuales de lechos fluidizados.

Antes de que estas técnicas de fluidización pudieran ser aplicadas comercialmente, mucho trabajo considerable tuvo que llevarse a cabo para desarrollar satisfactoriamente los sistemas de recuperación de sólidos, técnicas de ventilación apropiadas, instrumentación, disminución de problemas de erosión, datos de transferencia de calor, tasas de regeneración y muchos otros campos. El primer lecho fluidizado comercial para la desintegración catalítica fue puesta en operación en 1942, seguida por 31 plantas adicionales durante los siguientes años.

Durante los pasados 35 años, la aplicación de la técnica de fluidización se ha esparcido rápidamente en la metalurgia de minerales, la calcinación de la piedra caliza, la manufactura de gasolina sintética, petroquímicos e incluso el diseño de reactores nucleares.

A pesar que el proceso de fluidización fue desarrollado comercialmente hace aproximadamente 68 años especialmente para la aplicación en las compañías petroleras,

se han encontrado referencias que indican que este proceso ya era conocido desde el año de 1878 [26].

3.2 TRABAJOS PREVIOS

A pesar del relativamente pequeño número de investigadores que se han interesado en el proceso de fluidización en condiciones de vacío, este proceso parece tener un potencial promisorio en el área de químicos finos como también en la industria farmacéutica y alimenticia. En este tipo de industrias, la degradación parcial de los productos sensibles a la temperatura es observada comúnmente cuando se someten a un proceso de secado a relativamente altas temperaturas o durante largos periodos de tiempo. Además, en la industria farmacéutica existen grandes riesgos de explosión de los productos a secar cuando se sobrepasan los límites de inflamabilidad de estos productos. Por lo tanto, las temperaturas bajas de vapor sobrecalentado alcanzadas bajo condiciones de vacío proveen un proceso mas seguro lejos de alcanzar los límites de inflamabilidad de estos productos a secar así como también reduciendo su degradación térmica.

Sin embargo, han sido reportados muy pocos estudios sobre la fluidización bajo condiciones de vacío. Kawamura y Suezawa [20], en uno de los primeros estudios sobre la hidrodinámica de lechos fluidizados en condiciones de vacío, observaron un comportamiento similar del lecho al encontrado bajo presión atmosférica. Ellos emplearon partículas de arena, gel de silica, y cuencas de cristal con aire a presiones desde 0.1 hasta 101 kPa. Expandiendo la ecuación de caída de presión para el régimen de flujo de Knudsen, ellos desarrollaron una ecuación para la velocidad mínima de fluidización bajo presiones bajas de operación. German y Claudel [21] detectaron la coexistencia de una zona fluidizada y una zona con lecho estático. Estos investigadores desarrollaron experimentos fluidizando esferas de cristal con nitrógeno e hidrógeno a

presiones de entre 4 y 30 Torr (0.533-4.0 KPa). Kusakabe et al. [22] también observaron la existencia de una zona fluidizada en el lecho cuando la caída de presión en el lecho y la presión absoluta de operación se encontraban en el mismo orden de magnitud. Estos investigadores realizaron experimentos con polvos finos y ultra finos a presiones de operación en un rango de 1.0 a 101.0 KPa. Ellos llegaron a la conclusión que bajo estas condiciones, la compresibilidad y el flujo de Knudsen del gas deben ser tomados en consideración. Wraith y Harris [23] encontraron el mismo tipo de características de la caída de presión en sus experimentos con presión reducida y reportaron una progresiva disminución de fluidización con el aumento del flujo del gas. Una velocidad de fluidización mínima para partículas de diferentes tamaños fluidizando a una presión baja fue definida por Fletcher et al [24]. En un estudio posterior, una ecuación con un gran rango de aplicación, desde presiones altas hasta presiones bajas, fue propuesta por Llop et al [25] para calcular la velocidad mínima de fluidización.

En un estudio posterior en lechos fluidizados largos, Kozanoglu et al [12] midió experimentalmente la velocidad de fluidización al igual que la porosidad del lecho en condiciones de fluidización mínima, bajo distintas presiones de operación al vacío y a dos diferentes temperaturas. Estos investigadores encontraron que disminuyendo la presión de operación se aumenta la velocidad mínima de fluidización. Este mismo fenómeno fue también observado por Llop et al [25] y se atribuye al aumento de la trayectoria libre de las moléculas como resultado de la baja densidad del gas. Kozanoglu et al [12] también reportó una poca sensibilidad de la porosidad del lecho en condiciones de fluidización mínima a la variación de la presión de operación. Una observación similar fue reportada también por Chitester et al [27].

En estudios recientes, Mawatari et al [28], empleando tres clases de polvos de cristal pertenecientes al grupo A en la clasificación de Geldart [15], encontró que las

velocidades de fluidización y de burbujeo mínimas aumentan con el decremento de la presión de operación. Este comportamiento se relaciona con el número de Knudsen.

Para una partícula dada, Taechapiroj et al [29] midió valores de velocidad mínima de fluidización en el caso del uso de vapor sobrecalentado como medio de fluidización en vez de usar aire. Elustando et al [30] desarrollo un modelo matemático para calcular las tasas de secado en el proceso de secado al vacío con vapor sobrecalentado para partículas de alimento. Después, Elustando et al [31] hizo una comprobación experimental de este modelo matemático y se encontró una buena relación entre los resultados experimentales y los teóricos.

A pesar de los trabajos antes mencionados, la información con la que se cuenta actualmente acerca de este tema sigue siendo muy poca. La Universidad de las Americas Puebla se ha dedicado por los últimos años a investigar este proceso. Existen trabajos desarrollados por estudiantes de licenciatura como es el caso de Patiño [7], Cabrera [14] y Guarneros [13] en donde se han encontrado nuevas características de este proceso y han contribuido en algo a la literatura existente acerca de este tema.