

Resumo

Neste trabalho investigou-se a transferência de massa e a hidrodinâmica de colunas de bolhas trifásicas. O objectivo foi estudar a influência de importantes características de fases, no processo de transferência de massa gás-líquido e na hidrodinâmica de colunas de bolhas, onde, gás, líquido e sólidos estão em contacto. A fase sólida e as suas características são, estão ao mesmo tempo, entre os parâmetros operacionais mais importantes e também os que ainda foram pouco explorados e compreendidos. Por isso, foi dada particular atenção às propriedades da fase sólida, nomeadamente a carga, o tamanho e o tipo, embora as propriedades da fase líquida também tenham sido abordadas, particularmente a sua viscosidade e a presença de surfactantes.

Foram realizados três estudos principais, o primeiro dedicado à transferência de massa em sistemas trifásicos, o segundo à transição de regimes de escoamento e à estabilidade do regime homogéneo em sistemas bi e trifásicos e o terceiro debruçado na medição local de características da fase gasosa em escoamentos trifásicos.

No primeiro estudo, foi verificado que o processo de transferência de massa gás-líquido é fortemente influenciado pelo tipo de sólidos e também pela sua carga e tamanho. O coeficiente volumétrico de transferência de massa (kLa) e os seus componentes individuais, o coeficiente de transferência de massa do lado do líquido (kL) e a área interfacial gás-líquido (a), em geral diminuem com a carga e tamanho dos sólidos, embora aumento de kLa com a carga de sólidos também tenha sido observado. O kLa foi medido pelo método dinâmico e o α e outras características de bolhas através de uma técnica de análise de imagem.

O segundo estudo, mostrou que a presença de um electrólito no líquido, até determinada concentração, pode estabilizar o regime de escoamento homogéneo. Tanto a viscosidade do líquido como a presença de sólidos podem ter um efeito ambíguo na estabilidade do leito de bolhas, primeiro estabilizando e depois destabilizando o regime de escoamento homogéneo.

A fracção volumica de gás foi medida por expansão de leito e a transição de regimes de escoamento foi determinada pelo método de DriftFlux. Como complemento ao estudo do efeito dos sólidos, foram realizadas experiências de visualização, com uma câmara standard e outra de alta velocidade, as quais relevaram a importância das interacções hidrodinâmicas bolha-partícula.

No terceiro estudo, foram medidos perfis radiais de características da fase gasosa, utilizando uma monosonda óptica. A fracção vólumica de gás e velocidade de subida das bolhas são claramente influenciadas pela carga de sólidos. Para cargas de sólidos mais elevadas, a área interfacial gas-líquido diminui com a carga de sólidos e as experiências de visualização mostram que a excentricidade das bolhas aumenta com a carga de sólidos.

Abstract

The mass transfer and the hydrodynamics of three-phase bubble columns were investigated. The aim was to study the influence of relevant phases characteristics on the gas-liquid mass transfer process and on the hydrodynamic of a bubble column, where gas, liquid and solid phases are in contact. The solid phase and its characteristics are, at the same time, among the most important operational parameters of multiphase reactors, and those which have been poorly explored and understood. Therefore, special focus was given to the solid properties, namely, to the content, size and type, although attention was also given to the liquid phase, particularly, to its viscosity and the presence of surfactants.

Three main studies were performed, the first dedicated to the mass transfer in threephase systems, the second to the flow regime transition and homogeneous regime stability in two- and three-phase flows and the third focused on local measurements of gas phase characteristics in a three-phase bubble column.

In the first study, it was found that the gas-liquid mass transfer process is strongly influenced by the solids type, loading and size. The volumetric mass transfer coefficient (kLa) and its individual components, the liquid side mass transfer coefficient (kL) and the gas-liquid interfacial area (a) generally decreased with solids loading and size, although a kLa increase with solid content was also observed. The kLa was measured by the dynamic method and the a and other bubble characteristics through an image analysis technique.

The second study showed that the presence of an electrolyte in the liquid, up to a certain concentration, may stabilize the homogeneous ow regime. Both liquid viscosity and presence of solids have a dual effect on the bubble bed stability, first stabilizing and then destabilizing the homogeneous flow regime. The gas holdup was measured by bed expansion and the flow regime transition was determined by the Drift ux concept. To complement the solids effect study, auxiliary visualization experiments, with a standard and a high speed camera, indicated the importance of hydrodynamic bubble-particle interactions.

In the third study, radial profiles of gas-phase characteristics were obtained, using a monofiber optical probe. Gas holdup and bubble rise velocity profiles are clearly influenced by the solids loading. For higher solid loadings, the negative effect of the solid content on the gas-liquid interfacial was confirmed, and visualization experiments showed that bubble sphericity increases with the solid concentration.