

Resumo

O objectivo da presente tese foi a investigação da influência das propriedades dos fluidos não-Newtonianos nas camadas de mistura em escoamento turbulento em duas expansões súbitas axissimétricas ($RE = 1,538$ e $RE = 2$). Medições detalhadas dos campos do escoamento médio e turbulento a jusante das expansões foram efectuadas para um fluido Newtoniano e os resultados comparados com os de fluidos viscoelásticos não-Newtonianos de goma de xantano e de CMC e suspensões viscoplásticas de laponite, sendo as condições de entrada as de escoamento plenamente desenvolvido.

Antes das medições nas expansões, efectuou-se uma investigação detalhada do comportamento reológico das soluções viscoelásticas e das suspensões viscoplásticas. Todos estes fluidos são pseudoplásticos e elásticos, com as suspensões de laponite menos elásticas que todas as soluções de tylose, CMC e goma de xantano, no que diz respeito ao comportamento em escoamentos de corte. As suspensões aquosas de laponite apresentaram ainda tensão de cedência a qual aumenta com a concentração.

Como não é possível prever o comportamento hidrodinâmico de um fluido em escoamentos em regime turbulento, com base exclusivamente em dados reológicos convencionais, foi necessário complementar esses dados com resultados de medições da queda de pressão em função da velocidade média no escoamento turbulento numa conduta de secção constante, os quais provaram existir redução de arrasto com as implicações de carácter reológico que daí advém.

A análise dos resultados nas expansões súbitas permitem relacionar o comprimento de recirculação com as tensões normais de Reynolds na camada de mistura e em especial com o desenvolvimento da sua componente radial. Um aumento de 30% na razão de expansão conduziu a um aumento de cerca de 5% e 28% no comprimento de recirculação das soluções de 0,2% CMC e de 0,2% de goma de xantano, respectivamente, enquanto que para a suspensão de 1% laponite a evolução foi semelhante à do escoamento de água. Em todos os casos estudados verificou-se que a energia cinética turbulenta máxima ocorre na região exterior da zona de colagem. A adição de CMC à água faz aumentar de um modo crescente a intensidade máxima de todas as componentes das tensões normais de Reynolds, variação que se verificou ser independente do número de Reynolds, mas não da razão de expansão e este comportamento foi contrário ao observado com as soluções de goma de xantano. As suspensões aquosas tixotrópicas não-Newtonianas de laponite comportaram-se como fluidos Newtonianos.

Abstract

The objective of the present thesis was to carry out a detailed hydrodynamic investigation of the flow downstream of two axisymmetric sudden expansions ($RE = 1,538$ e $RE = 2$) with shear-thinning non-Newtonian fluids. Detailed laser velocimeter measurements of the mean and turbulent flow field downstream of the expansions were carried out for a Newtonian fluid and the results compared with viscoelastic non-Newtonian fluids based on CMC and xanthan gum and viscoplastic suspensions of laponite, for fully-developed inlet flow conditions.

Prior to the expansion flow study of the rheological behaviour of the viscoelastic solutions and viscoplastic suspensions was carried out. All the fluids are shear-thinning and exhibited some elasticity, but the suspensions of laponite were less elastic than the tylose, CMC and xanthan gum solutions. The yield stress of the laponite aqueous suspensions increased with the additive concentration.

Since presently there is still no theory for predicting the hydrodynamic characteristics of turbulent flows of viscoelastic fluids, from knowledge of rheological data, it was necessary to investigate the turbulent pipe flow in terms of pressure drop versus flowrate relations. These measurements showed that those fluids exhibited drag reduction with the obvious implications as far as the rheological properties are concerned.

The results of the both sudden expansion measurements showed that the recirculation length is related with the normal Reynolds stress fields in the shear layer and especially with the development of its radial component. An increase of 30% in the expansion ratio was responsible for increases of around 5% and 28% in the reattachment length of the 0,2% CMC and the 0,2% xanthan gum solution flows, respectively, whereas the suspension of 1 % laponite behaved almost as the water flows. In all cases the maximum turbulent kinetic energy occurred in the outer region of the reattaching flow zone. The addition of CMC to water increased the maximum intensity of all the normal Reynolds stresses, a variation which was independent of the Reynolds number but not of the expansion ratio and this behaviour was opposite to that of the xanthan gum solutions. In the sudden expansion, the thixotropic laponite suspensions behaved as Newtonian fluids.