

Resumo

Foi realizado um estudo experimental sobre o escoamento de fluidos não-Newtonianos em torno de um cilindro. As medições efectuadas incidiram sobre a frequência de ejeção de vórtices, o comprimento de formação (l_f) e a distribuição de pressão em torno do cilindro. Com estes dados foi possível determinar, entre outros, os regimes de ejeção e o coeficiente de arrasto.

Os fluidos utilizados eram constituídos por soluções aquosas de CMC e de Tylose, em concentrações mássicas que variavam entre 0.1% e 0.6%, sendo estas simultaneamente pseudo-plásticas e ligeiramente elásticas. Às curvas de viscosidade foi ajustado o modelo de Carreau-Yasuda e, através de ensaios de fluência, foi possível determinar o tempo de relaxação de várias soluções.

Os dois cilindros utilizados tinham 10 e 20 mm de diâmetro, a que correspondia uma relação de comprimento/diâmetro (L/D) de 12 e 6 e bloqueamentos de 5% e 10% respectivamente. A região de números de Reynolds (Re) abrangida pelas várias soluções estava compreendida entre 50 e 9×10^3 .

A viscosidade a usar no cálculo do número de Reynolds deve ser determinada com base numa taxa de deformação característica igual, ou eventualmente inferior, a $U \cdot \frac{2}{D}$.

O aumento da pseudoplasticidade provoca uma diminuição da espessura da camada limite, e conseqüentemente do comprimento de difusão (l_d), originando um aumento do número de Strouhal, St . No regime de ejeção laminar, o produto $St \cdot n$, onde n é o índice de potência, conseguiu agrupar as curvas de St em função do Re das várias soluções. Por outro lado, a elasticidade do fluido, promovendo um aumento do comprimento de formação (l_f) contribui para a diminuição do St .

Um aumento da concentração de polímero estreita a região de números de Reynolds pela qual se estende o regime de transição. Aparentemente a solução mais concentrada de Tylose, que é a de 0.6%, chega mesmo a suprimir o referido regime de transição.

O aumento da concentração de polímero, e conseqüentemente da sua elasticidade, é responsável pela diminuição do número de Reynolds ao qual tem início o decréscimo abrupto do l_f , $Re(l_f)$. Corrigindo os valores do Re ($Re - Re(l_f)$), relativos ao l_f ao St pertencentes ao regime de transição nas camadas de corte, é possível anular esse efeito, verificando-se que as curvas referentes a estes parâmetros não dependem da concentração de polímero.

Para um mesmo tipo de polímero, o aumento da concentração acarreta um incremento do coeficiente de subida de pressão. Esta evolução está aparentemente relacionada com a viscosidade alongacional do fluido, ou seja, com a resistência à deformação normal das moléculas no interior da camada limite.

O facto do início da subida do coeficiente de arrasto coincidir com o início da diminuição do l_f e este último ser por sua vez dependente da elasticidade, significa que a sobreposição de todas as curvas do C_d nunca se alcançará utilizando apenas uma viscosidade característica adequada, pois outros factores, nomeadamente a elasticidade dos fluidos, desempenham um papel importante no escoamento e por isso, também no posicionamento relativo das curvas.

Abstract

An experimental study has been made on the flow of non-Newtonian fluids around a cylinder. The shedding frequency, the formation length (l_f) and the pressure distribution around a cylinder were measured and it was possible to determine the shedding regimes and the drag coefficient among others.

The polymeric solutions of CMC and Tylose were pseudoplastic and slightly elastic and were made at concentrations ranging between 0.1% and 0.6% by weight. The Carreau-Yasuda model was fitted to the viscosity data and the relaxation time of several fluids was determined by the creep test.

Two cylinders of 10 and 20 mm in diameter were used, defining an aspect ratio of 12 and 6 producing blockages of 5 and 10 % respectively. The Reynolds number (Re) ranged from 50 to 19×10^3 .

The characteristic shear rate, with which the characteristic viscosity and the Reynolds number of the flow can be calculated was equal or less a $U / (2D)$.

An increase of the shear-thinning intensity gave rise to a decrease of the boundary layer thickness and to a reduction of the diffusion length (l_d), therefore, the Strouhal number, St , raised. In the laminar shedding regime, the product St^n (n is the power law index) overlapped the curves of St as a function of Re of the various solutions. The elasticity increased the formation length (l_f), which contributed to the Strouhal number decrease.

Increasing the polymer concentration narrowed the region of Reynolds numbers through which the transition regime exists. Apparently, for the more concentrated solution of 0.6% Tylose transition regime has been suppressed.

The concentration and elasticity increase was responsible for the reduction of the Re corresponding to the sudden decrease of the (l_f), $Re(l_f)$. After correcting the values of the Reynolds number ($Re_{(l_f)}$), the data of l_f and St in the shear layer transition regime, collapsed onto a single curve which is independent of the polymer concentration.

For the same type of polymer, a concentration increase caused an enlargement of the pressure rise coefficient. This behaviour is apparently connected with the elongational viscosity, in other words, it is related with the normal deformation of the molecules within the boundary layer.

Since the onset of the drag coefficient (C_d) increase coincides with the beginning of the sudden decrease of l_f , the overlapping of the C_d - Re curves will not be obtained by simply using a characteristic viscosity. Other factors, namely elasticity, play an important role in the flow and need to be taken into account.