

BOLHAS DE SEPARAÇÃO EM PLACAS FINAS A PEQUENO ÂNGULO DE ATAQUE

Alunos: Gabriel Penna Cerqueira Pinto, Marília Maurell Assad
Orientador: Luis Fernando Alzuguir Azevedo

Introdução

Neste trabalho estudou-se a formação de bolhas de separação de escoamento formadas sobre placas planas com pequeno ângulo de ataque em relação ao escoamento. O fenômeno de separação do escoamento sobre superfícies possui importância fundamental e aplicada. Trata-se de um fenômeno de difícil previsão, que apresenta desafios no que diz respeito à modelagem das equações que governam o escoamento. Além disso, é um problema que encontra aplicação na indústria aeronáutica e naval no estudo de aerofólios mais eficientes. O estudo aqui apresentado representa o início de um programa de investigação sobre escoamentos com separação conduzido no Laboratório de Engenharia de Fluidos da PUC-Rio. Nesta primeira fase, foram conduzidos estudos de visualização das bolhas de separação formadas sobre uma placa plana com bordo de ataque afiado, variando-se o ângulo de ataque e velocidade do ar, representado pelo número de Reynolds. O regime de escoamento investigado permitiu a observação de bolhas de separação laminar longas e curtas. Em uma fase posterior dos experimentos, pretende-se utilizar técnicas de medição quantitativas do campo de velocidade.

Objetivos

Visualizar, por meio da técnica de óleo com pigmento, o escoamento que se forma ao longo de uma placa fina, de maneira a facilitar a compreensão de estruturas como a separação da camada limite, recolamento e formação de bolhas de separação longas e curtas.

Metodologia

No presente experimento, os padrões de escoamento foram visualizados utilizando-se a técnica de óleo com pó de grafite. A geometria estudada era formada por uma placa plana de alumínio, usinada de modo a produzir um bordo de ataque afiado. A placa foi montada sobre um suporte que permitia a variação do ângulo de ataque em relação à direção do escoamento. A placa e seu suporte foram montados dentro de um túnel de vento com seção de testes de 40 x 50 cm. Os ensaios foram conduzidos com uma velocidade de 20 m/s.

Para aumentar o contraste das visualizações, a superfície superior da placa de alumínio foi recoberta com plástico adesivo branco. Sobre esta superfície, foi espalhada uma mistura de óleo mineral e grafite em pó. A ação do escoamento de ar sobre o filme de óleo, produz padrões de visualização que podem ser associados aos padrões do escoamento que se deseja observar. Uma câmera digital foi utilizada para fotografar os padrões observados. A velocidade do escoamento no túnel de vento foi medida com um tubo de Pitot.

Resultados

A Figura 1 apresenta um resultado típico de visualização obtido nos experimentos realizados. Nesta figura o ângulo de ataque era de 1° e o número de Reynolds $2,14 \times 10^5$.

Pode-se observar na figura uma região escura junto ao bordo de ataque. Esta região representa a presença de uma pequena, e pouco intensa, zona de recirculação formada pela separação do escoamento no gume da placa. Devido à pequena intensidade do escoamento, as tensões cisalhantes desenvolvidas não são suficientes para remover o óleo com o grafite, daí a coloração escura da região. Esta região é chamada de *bolha secundária do bordo de ataque*. Vizinha a esta região, encontra-se uma segunda bolha de recirculação de maior intensidade e dimensão. Esta bolha, conhecida como *bolha primária do bordo de ataque*, também ocorre como resultado da separação do escoamento no bordo de ataque. No caso estudado de pequeno ângulo de ataque, esta bolha ocupa apenas cerca de $\frac{1}{4}$ do comprimento da placa. Para ângulos mais pronunciados, as visualizações mostraram bolhas primárias que ocupavam toda a extensão da placa. Dentro da bolha primária, o escoamento se dá, junto à parede, em direção oposta à direção principal do escoamento. A jusante da bolha primária verifica-se a presença de uma região de estagnação do fluido que separa o fluido que se move contra o escoamento daquele que se move na direção do escoamento. Na Figura 1 (b) é apresentada uma vista esquemática obtida de uma referência que sintetiza os padrões de escoamento visualizados em nosso experimento.

Na continuação deste trabalho serão empregadas técnicas de medição de campos de escoamento, como *Velocimetria por Imagem de Partículas* ou *Anemometria Laser-Doppler*, para obter valores quantitativos do escoamento.

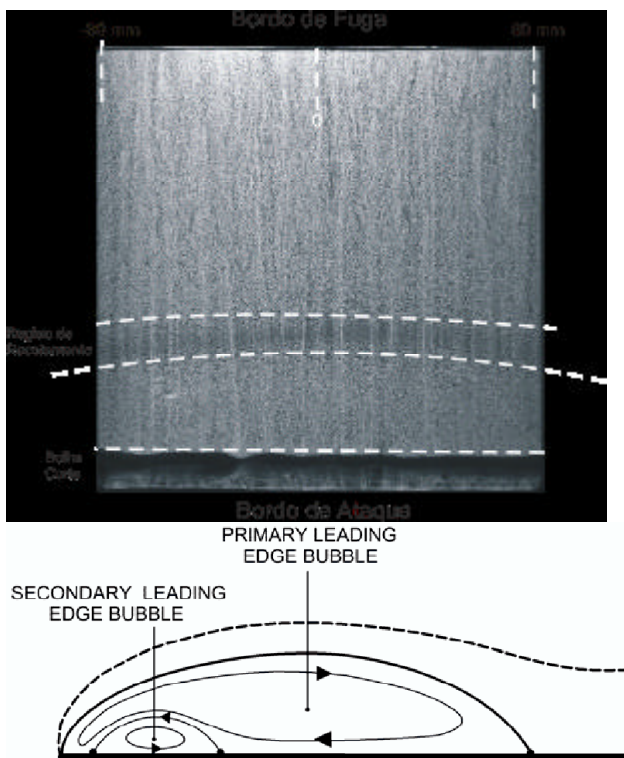


Figura 1 – a) Visualização da bolha de separação através de óleo com grafite, região central da placa, $\alpha = 1^\circ$, $Re = 2,14 \times 10^5$, (b) Padrão de escoamento proposto por Crompton (2001).

Referência

Crompton, M.. The Thin Airfoil Leading Edge Separation Bubble. PhD thesis, Department of Aerospace Engineering University of Bristol, 2001.