

JATO ESPIRALADO INCIDENTE A UMA PLACA

Aluno: Pedro Cunha Antero de Carvalho

Orientadora: Angela O. Nieckele

Introdução

Escoamento de jato incidente a uma superfície plana possui diversas aplicações em engenharia, como, por exemplo, refrigeração de componentes eletrônica, palhetas de turbinas a gás, assim como em câmaras de combustão. Este método também é usado em processamento de metais e vidros.

Quando adicionamos uma rotação (“swirl”) no jato incidente, introduzimos algumas complicações no escoamento e algumas características não analisadas no jato direto tornam-se importantes.

Dentre os diversos modelos existentes para prever escoamentos turbulentos, os modelos baseados nas médias de Reynolds são os mais populares, devido ao baixo custo e facilidade de utilização. No entanto, estes modelos falham em diversas situações, especialmente quando o escoamento apresenta características anisotrópicas.

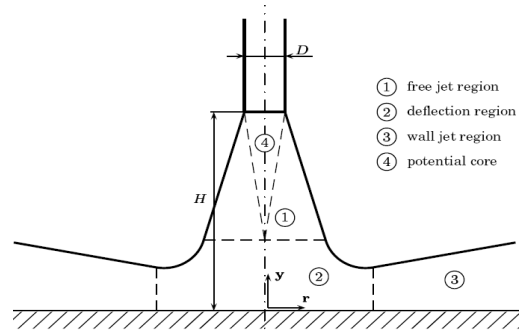


Figura 1 - Esboço do jato incidente

Objetivo

Análise da influência da distância do bocal à placa no escoamento de um jato de ar com rotação incidindo em uma placa plana.

Metodologia

Para analisarmos o problema de um jato turbulento incidente espiralado necessitamos resolver as equações médias de Reynolds de massa e quantidade de movimento linear, obtendo como resultado um campo de escoamento. Devido à anisotropia forte induzida pela rotação, foi selecionado o modelo das Tensões de Reynolds (RSM) para determinar as características turbulentas do escoamento.

A geometria ilustrada na Fig. 1 foi modelada, considerando-se o escoamento como axi-simétrico (bi-dimensional), com o auxílio da ferramenta GAMBIT. Após um teste de malha, selecionou uma malha com 200×100 pontos nas direções radial e axial. A malha foi concentrada na região da placa, de forma a garantir uma distância adimensional y^+ menor que 5 [$y^+ = u_t y/\nu$, onde a velocidade de atrito é $u_t = (\tau_s/\rho)^{0.5}$]. As equações de conservação foram resolvidas utilizando-se o simulador Fluent v.6.3, o qual é baseado no método de volumes finitos. A fim de reduzir a difusão numérica, selecionou-se o esquema de interpolação QUICK.

Este escoamento é governado pelos seguintes parâmetros: número de Reynolds Re , número de *swirl* S e distância entre o bocal e a placa Hd

$$Re = \frac{\mathbf{r} U d}{\mathbf{m}} \quad ; \quad S = \frac{\int r u_{\theta} \mathbf{r} \cdot \mathbf{u} \cdot d\vec{A}}{(d/2) \int u_x \mathbf{r} \cdot \mathbf{u} \cdot d\vec{A}} \quad ; \quad Hd = \frac{H}{d}, \quad (1)$$

onde o número de *swirl* S é definido com a razão entre a quantidade de movimento angular do componente angular pelo produto do raio do bocal pela quantidade de movimento linear axial.

Considerou-se dois afastamentos do bocal à placa: $H/D = 2$ e 6 , mantendo o número de Reynolds igual a $2,4 \times 10^4$, número de *swirl* S igual a $0,3$. O perfil de velocidade axial foi prescrito na saída do bocal e variou de acordo com a intensidade de *swirl* dada, seguindo os

dados de Abrantes [1]. A energia cinética turbulenta do jato de entrada foi estimada de acordo com um comprimento característico e uma porcentagem de intensidade turbulenta.

As Figuras 2, 3, 4 e 5 apresentam o perfil do componente radial de velocidade e sua flutuação radial, ao longo da coordenada axial (y/d) para diversas coordenadas radiais r/d , para os dois afastamentos do bocal à placa (H/d). Pode-se observar que qualitativamente o perfil de velocidade é análogo para os dois afastamentos, porém, maiores velocidades são obtidas quando o disco encontra-se mais próximo do bocal, como esperado. Observa-se ainda que a intensidade de turbulência é bem mais elevada neste caso, o que sugere que em aplicações práticas, que necessitam de fluxos mais intensos, o processo será mais eficiente se o bocal for localizado próximo da superfície incidente.

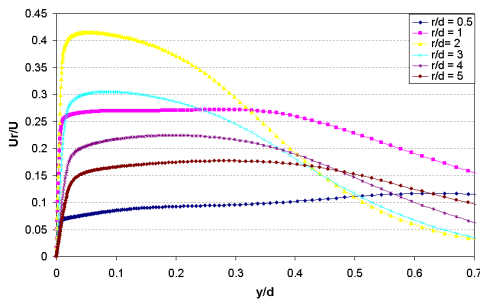


Figura 2 - Velocidade radial média
($H/d=6$; $S=0,3$)

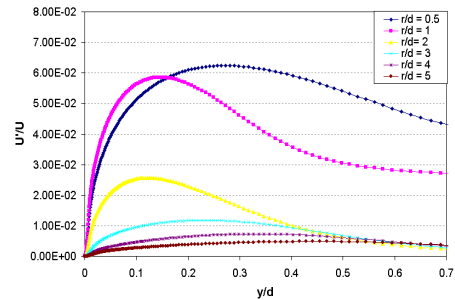


Figura 3 - Flutuação radial da velocidade
($H/d=6$; $S=0,3$)

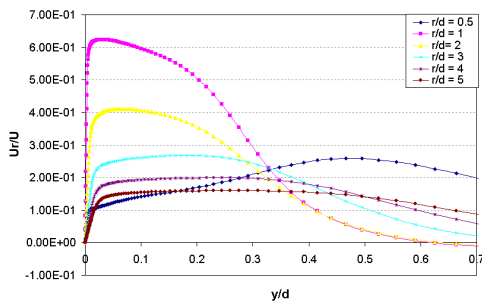


Figura 4 - Velocidade radial média
($H/d=2$; $S=0,3$)

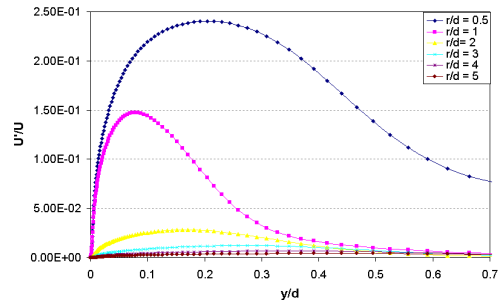


Figura 5 - Flutuação radial da velocidade
($H/d=2$; $S=0,3$)

Conclusões

Analisou-se a influência da distância do bocal a placa com o modelo RSM. Os resultados obtidos apresentaram uma concordância qualitativa com dados experimentais disponíveis [1]. Adicionalmente, os resultados obtidos com o modelo RSM mostraram-se superiores aos obtidos com outros modelos, como o $k-w$. Devido a alta anisotropia do escoamento, acredita-se que somente uma formulação tri-dimensional com um modelo mais sofisticado, baseado na simulação de grandes escalas (LES) seja capaz de prever com precisão o campo de velocidade e de grandezas turbulentas.

Referências

- 1 - ABRANTES, J.K. **Estudo do Escoamento e Transferência de Calor em um Jato Espiralado Incidente**. Tese de doutorado, Dept. Eng.Mecânica – PUC-RJ, 2005.
- 2 - DEJOAN, A., and LESCHZINER, M. Large eddy simulation of a plane turbulent wall jet. **Physics Fluids**, Vol. 17, 025102, 2004.
- 3 - HADZIABDIC, M. AND HANJALIC, K., 2008, “Vortical structures and heat transfer in a round impinging jet”, **Journal of Fluid Mechanics**, Vol. 596, pp. 221-260.