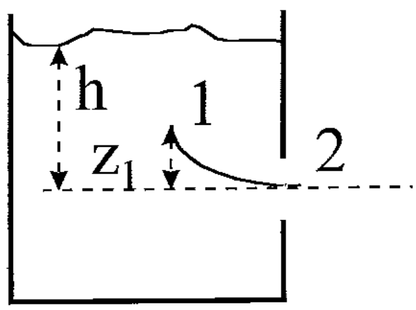
Máquinas Hidráulicas

Designam-se pelas mesmas letras que essas velocidades mas em caracteres minúsculos afectados dos mesmos índices.

Velocidade teórica:



$$\frac{p_1}{\rho g}+\frac{c_1^2}{2g}+z_1=\frac{p_{atm}}{\rho g}+\frac{c_2^2}{2g}+0$$

$p_1 = \rho g(h - z_1)$:

$$\frac{p_1}{\rho g}+z_1=h;\quad c_1=0 \ e\ p_{atm}=0$$

$$c_2=\sqrt{2gh}$$

Máquinas Hidráulicas

- Os quadrados das velocidades específicas representam fracções da queda útil consumida para criar essas velocidades:

$$c^2 = \frac{C^2}{2gH} = \frac{\frac{C^2}{2g}}{H}$$

P.ex.: se $c^2 = 0.65$, este valor indica que 42% (c_2^2) da queda total se encontra ainda no líquido sob a forma de energia cinética e que deverão ser incondicionalmente recuperados (em parte) no difusor.

Deste modo os triângulos de velocidades são geralmente construidos com velocidades específicas.

Turbinas geometricamente semelhantes, isto é, apresentando dimensões lineares homólogas proporcionais, têm as mesmas velocidades específicas.

Máquinas Hidráulicas

Primeira equação de Euler, ou equação de potência.

Eq. do momento da quantidade de movimento:

$$\vec{r}x\vec{F} = \oiint_{s.c.} \rho.\vec{r}x\vec{c}.\vec{c}.d\vec{A} +$$

$$+\frac{\partial}{\partial \tau}\iiint_{v.c.} \rho.\vec{r}x\vec{c}.dV$$

Se o regime for permanente:

$$M = \rho Q[(rxC)_{saída} - (rxC)_{ent}]$$

Tem-se também que:

$$cos\,\alpha = \frac{C_u}{C}$$

$$M = \rho Q[(r_2 x C_2 \cos\alpha_2) - (r_1 x C_1 \cos\alpha_1)]$$

A potência é: $P = \omega M$:

$$P = \rho Q[\ (\omega r_2 x C_2 \cos\alpha_2) - (\omega r_1 x C_1 \cos\alpha_1)]$$

Como: $U_1 = w\ r_1$

$$U_2 = w\ r_2$$

$$P = \rho Q[\ U_2 C_2 \cos\alpha_2) - (U_1 x C_1 \cos\alpha_1)]$$

$$P = \rho Q(\ U_2 C_{2u} - U_1 C_{1u})$$

Considerando que o caudal que passa na turbina é o caudal efectivo, a potência acima é a potência hidráulica:

Máquinas Hidráulicas

$$P_h = \rho Q_{ef}(U_2C_{2u} - U_1C_{1u})$$

$$P_h = \gamma Q_{ef} H_{ef} = \rho Q_{ef}(U_2C_{2u} - U_1C_{1u})$$

$$\gamma \eta_h Q_{ef} H = \rho Q_{ef}(U_2C_{2u} - U_1C_{1u})$$

$$\eta_h g H = U_2C_{2u} - U_1C_{1u}$$

ou em termos de velocidades específicas:

$$u_2 c_{2u} - u_1 c_{1u} = \frac{\eta_h}{2}$$

Esta equação é válida quer o fluido seja compressível ou não, quer haja perdas ou não.

Máquinas Hidráulicas

Pode também escrever-se que:

$$\frac{u_2 c_{2u} - u_1 c_{1u}}{\eta_h g} = H$$

De um modo geral as bombas são projectadas de modo a que o momento da quantidade de movimento na secção de entrada da roda móvel seja nulo:

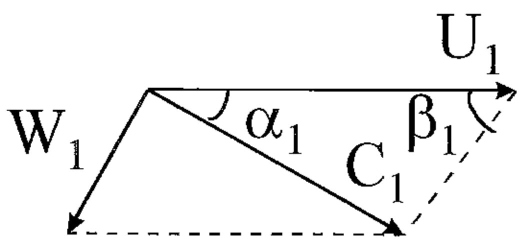
$$\frac{u_2 c_{2u}}{\eta_h g} = H$$

Nas turbinas passa-se o oposto:

$$\frac{u_1 c_{1u}}{\eta_h g} = H$$

Máquinas Hidráulicas

Segunda equação de Euler, ou equação do escoamento.



$$W_1^2 = U_1^2 + C_1^2 - 2U_1C_1\cos\alpha$$

$$W_2^2 = U_2^2 + C_2^2 - 2U_2C_2\cos\alpha_2$$

Tem-se também que:

$$C_{1u} = C_1\cos\alpha$$

$$C_{2u} = C_2\cos\alpha_2$$

Obtendo-se:

$$W_1^2 = U_1^2 + C_1^2 - 2U_1C_{1u}$$

$$W_2^2 = U_2^2 + C_2^2 - 2U_2C_{2u}$$

Donde:

$$U_1C_{1u} = \frac{U_1^2 + C_1^2 - W_1^2}{2}$$

$$U_2C_{2u} = \frac{U_2^2 + C_2^2 - W_2^2}{2}$$

Introduzindo na 1ª equação de Euler:

$$\eta_h gH = U_2C_{2u} - U_1C_{1u}$$

Máquinas Hidráulicas

Obtem-se a 2ª equação de Euler:

$$\frac{C_2^2 - C_1^2}{2g} - \frac{U_2^2 - U_1^2}{2g} + \frac{W_1^2 - W_2^2}{2g} = \eta_h H$$

Ou em termos de velocidade específicas:

$$c_2^2 - c_1^2 + u_2^2 - u_1^2 + w_1^2 - w_2^2 = \eta_h$$

Nota: as duas equações de Euler (a da potência e a do escoamento) não são distintas pois deduzem-se uma da outra).

Movimento em turbilhão livre (movimento livre de um líquido num volume oco de revolução)

A 1ª e 2ª equação de Euler incidiu no espaço ocupado pela roda motora, onde se efectuam as trocas de energia entre o líquido e a turbina. Deve também estender-se aos espaços de revolução situados a montante (espaço ocupado pelo distribuidor e o compreendido entre este a roda móvel) porque a incidência do líquido na roda móvel depende do comportamento havido naquele espaço.

A função fundamental do distribuidor é regular a potência da turbina. Fechando-se ou abrindo-se aquele, diminui-se ou aumenta-se a potência desta, alterando-se também os ângulos de incidência e velocidades do líquido. Há uma posição do distribuidor (abertura de máximo rendimento) para o qual o líquido não é desviado pelo distribuidor e poder-se-ia considerar (o distribuidor) como inexistente. Nesta posição as pás do distribuidor encontram-se orientadas segundo a direcção natural do escoamento (***escoamento em turbilhão livre***).

O estudo dos escoamentos nos espaços ocos de revolução (ou contendo pás que não dirijam o líquido) faz-se através das equações de Euler. Não havendo pás que perturbem o movimento do líquido, o momento motor transmitido é nulo:

$$M = 0 = \rho Q(r_2 C_{2u} - r_1 C_{1u})$$

$$C_{1u}\, r_1 = C_{2u}\, r_2 \;\Rightarrow$$

$$C_u r = C^{te}.$$

Equação de Euler incompleta.

Máquinas Hidráulicas

Ao movimento com estas características ***denomina-se movimento em turbilhão livre***.