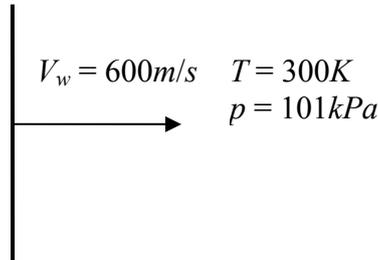


SHOCK WAVES

Moving shock wave

Si consideri un'onda d'urto che si muove con una velocità $V_w = 600\text{m/s}$ in un fluido in quiete. Si vogliono conoscere le proprietà del fluido a monte ed a valle dell'onda d'urto, essendo note la temperatura e la pressione del fluido a monte dell'onda:

- $T = 300\text{K}$
- $p = 101\text{kPa}$



Il mach dell'onda in moto vale:

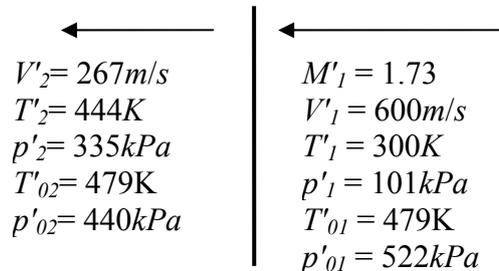
$$M_w = \frac{V_w}{\sqrt{\gamma RT}} = \frac{600}{\sqrt{1.4 \cdot 287 \cdot 300}} = 1.73$$

Si consideri il sistema di riferimento che si muove con velocità pari a $-V_w$; nel nuovo sistema di riferimento, l'onda d'urto è ferma, mentre il fluido a monte e a valle dell'onda ha una velocità rispettivamente pari a:

- $V'_1 = 0 - V_w = -V_w$
- $V'_2 = V_2 - V_w$

mentre sono note le seguenti grandezze:

- $T'_1 = 300\text{K}$
- $p'_1 = 101\text{kPa}$



Ovviamente il mach del fluido a monte sarà pari a:

$$M'_1 = M_w = 1.73$$

Utilizzando le tabelle per le NSW è possibile conoscere i seguenti valori:

- $p'_2/p'_1 = 3.32$
- $T'_2/T'_1 = 1.48$
- $\rho'_2/\rho'_1 = 2.25$
- $p'_{02}/p'_{01} = 0.843$
- $p'_1/p'_{01} = 0.194$
- $T'_1/T'_{01} = 0.626$

Da cui si possono ricavare le seguenti grandezze:

- $V'_2 = V'_1 \cdot \rho_1/\rho_2 = 267\text{m/s}$
- $p'_{01} = p'_1 \cdot p'_{01}/p'_1 = 522\text{kPa}$
- $T'_{01} = T'_1 \cdot T'_{01}/T'_1 = 479\text{K}$
- $T'_2 = T'_1 \cdot T'_2/T'_1 = 444\text{K}$
- $p'_2 = p'_1 \cdot p'_2/p'_1 = 335\text{kPa}$

- $p'_{02} = p'_{01} \cdot p'_{02}/p'_{01} = 440 \text{ kPa}$

Nel sistema di riferimento in cui l'onda è in moto si ha:

$$V_2 = 600 - 267 = 333 \text{ m/s}$$

Ricordando che le condizioni statiche del fluido sono invarianti al variare del sistema di riferimento (in quanto, per definizione, esse sono misurate con uno strumento che si muove alla velocità del fluido), possiamo concludere che:

- $T_1 = T'_1 = 300 \text{ K}$
- $p_1 = p'_1 = 101 \text{ kPa}$
- $T_2 = T'_2 = 444 \text{ K}$
- $p_2 = p'_2 = 335 \text{ kPa}$

per cui:

$$M_2 = \frac{V_2}{\sqrt{\gamma R T_2}} = \frac{333}{\sqrt{1.4 \cdot 287 \cdot 444}} = 0.778$$

Utilizzando le tabelle è possibile conoscere i rapporti:

- $p_2/p_{02} = 0.66$
- $T_2/T_{02} = 0.89$

Da cui si ricava:

- $p_{02} = p_2 \cdot p_{02}/p_2 = 508 \text{ kPa}$
- $T_{02} = T_2 \cdot T_{02}/T_2 = 499 \text{ K}$

Infine, poiché il fluido a monte dell'onda d'urto è in quiete:

- $p_{01} = p_1 = 101 \text{ kPa}$
- $T_{01} = T_1 = 300 \text{ K}$

