

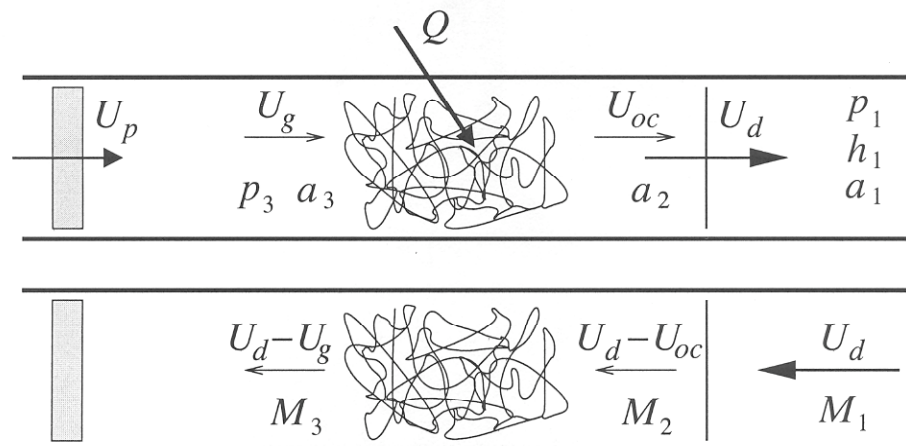
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR

INGENIERÍA DE FLUIDOS

12-02-05

Una detonación es una onda que se propaga a velocidad U_d en un medio reactivo donde la presión, entalpía y velocidad del sonido son p_1 , h_1 y a_1 . En esencia, la estructura interna de la detonación consta de una onda de choque, propagándose a velocidad U_d respecto a la mezcla reactiva, seguida de una zona de reacción química, en la que se añade una cantidad de calor Q por unidad de masa. El paso de la detonación deja al gas moviéndose a velocidad U_g , con presión $p_3 > p_1$ y velocidad del sonido $a_3 > a_1$. Entre las distintas maneras que hay de producir una detonación, se pide estudiar la iniciación por medio de un pistón que se mueve a velocidad U_p en el interior de un conducto. Cuando la velocidad del pistón es superior a un valor crítico $U_p = U_p^*$, la detonación que se forma es forzada, y deja al gas moviéndose a velocidad $U_g = U_p$, con presión p_3 igual a la presión en la pared del pistón, y con un número de Mach **respecto a la detonación** $M_3 = (U_d - U_g)/a_3 < 1$. Para $U_p < U_p^*$ la detonación que se forma se denomina de Chapman-Jouguet, y se caracteriza por tener $M_3 = 1$ con $U_g > U_p$ y $p_3 > p_p$, de forma que entre la detonación y el pistón el flujo se expande de forma no uniforme y no estacionaria. El objetivo de este ejercicio es determinar, para una mezcla reactiva con $Q/h_1 = 1.25$, el valor crítico U_p^*/a_1 por encima del cual la detonación es forzada. Para el análisis conviene utilizar un sistema de referencia moviéndose solidariamente con la detonación (se indican en la parte inferior de la figura las velocidades relativas en dicho sistema de referencia). En particular, se pide:

- Utilizar la condición $M_3 = 1$ para obtener los valores de $M_1 = U_d/a_1$ y de $M_2 = (U_d - U_{oc})/a_2$, donde U_{oc} y a_2 son los valores de la velocidad del gas y de la velocidad del sonido inmediatamente detrás de la onda de choque.
- Utilizar la condición $U_p = U_g$ para determinar U_p^*/a_1 .
- Para el caso $U_p = U_p^*$, calcular el valor de la presión en la pared del pistón $p_p/p_1 = p_3/p_1$.



$$\left(\frac{F(M_3=1)}{F(M_2)} \right)^2 = 1 + \frac{Q}{h_2} = 1 + \frac{Q/h_1}{1 + \frac{\gamma-1}{2} M_1^2}$$

$$M_2^2 = \frac{2 + (\gamma-1) M_1^2}{2\gamma M_1^2 + 1 - \gamma}$$

$$\Rightarrow Q/h_1 = 1.25 \Rightarrow M_3 = 1 \Rightarrow \begin{cases} M_1 = 2. \\ M_2 = 0. \end{cases}$$

$$M_3 = 1 \Rightarrow U_d - U_g = a_3$$

$$\frac{U_p}{a_1} = \frac{U_d}{a_1} - \frac{a_3}{a_1} = M_1 - \sqrt{\frac{T_{03}}{T_{01}} \frac{1 + \frac{\gamma-1}{2} M_1^2}{1 + \frac{\gamma-1}{2} M_3^2}} = 0.90$$

$$\frac{p_p}{p_1} = \frac{p_3}{p_1} = \frac{p_3}{p_2} \frac{p_2}{p_1} = \frac{1 + \gamma M_2^2}{1 + \gamma M_3^2} \frac{8.026}{5+1} =$$