

**RICHIAMI DI  
TERMODINAMICA E FLUIDODINAMICA**

## INTRODUZIONE

Mentre le macchine termiche operano costantemente, nelle turbomacchine la velocità del fluido è fattore dominante che condiziona il processo energetico. Studiare una macchina a fluido implica l'analisi di un flusso, cioè ragionare in chiave di fluidodinamica e termodinamica (termofluidodinamica del flusso). Nella realtà non esiste il flusso monodimensionale e neanche bidimensionale. Se ne può effettuare la schematizzazione solo in via approssimata. Molte turbine assiali si analizzano attraverso un riferimento monodimensionale con un condotto piano (temperatura, pressione, densità). In un condotto attraversato in regime permanente da un fluido è sufficiente analizzare i vari parametri attraverso una ascissa curvilinea, studiarli attraverso un modello unidimensionale invece per i compressori assiali si usa un modello bidimensionale (più complesso). Nelle macchine assoradiali abbiamo bisogno di un modello tridimensionale. Più l'approccio è complesso e più difficile risulta l'approccio teorico che ci porti a determinare delle formule di facile lettura. Quando si studia un fluido la prima cosa che si studia è il suo volume; ad esempio in un condotto attraversato da un flusso dove sono assegnate le superfici limite si determinano le distribuzioni dei parametri che ci interessano: le tre componenti della velocità e lo stato termodinamico del fluido (almeno due parametri). Una volta noto l'efflusso, il campo di velocità, pressione e temperatura ci servono per stabilire le relazioni tra il fluido e l'esterno (potremmo calcolare ad esempio le forze trasmesse tra il fluido e la superficie, le potenze trasmesse, ecc.). Per studiare un efflusso occorre un certo modello matematico cioè equazioni su cui il flusso si regge. Il modello matematico è costituito da quattro equazioni di cui tre scalari :

- 1) L'equazione di stato del fluido  $PV = RT$
- 2) L'equazione delle trasformazioni ( $\rho = \text{cost}$  per i liquidi)  $P = A \rho^m$
- 3) L'equazione di continuità  $\text{DIV}(\rho c) = 0$
- 4) L'equazione meccanica

L'equazione meccanica può essere scelta dall'utente entro certi limiti e a seconda il tipo di flusso. Inoltre possiamo considerare altre equazioni come la seconda equazione della dinamica dei fluidi, l'equazione vettoriale per fluidi non viscosi, l'equazione di Navier-Stokes per fluidi viscosi che si riduce a due equazioni scalari per modelli monodimensionali. Possiamo scegliere anche l'equazione dell'impulso o quella dell'energia. La descrizione del flusso può essere di tipo lagrangiano o euleriano. Dal punto di vista lagrangiano il fine è ricercare per ogni particella l'equazioni orarie quindi seguire la particella fluida e risolvere il campo di velocità del fluido:  $(x_0, y_0, z_0, t_0)$

$$X = (x_0, y_0, z_0, t)$$

$$Y = (x_0, y_0, z_0, t) \text{ coordinate delle particelle}$$

$$Z = (x_0, y_0, z_0, t)$$

Dal punto di vista Euleriano si fotografa dall'esterno il volume e l'oggetto dell'interesse non è costituito dalle singole particelle in moto ma dai punti dello spazio interessato al moto di insieme del fluido e quindi si vede cosa succede in ogni punto (e quindi per ogni punto vengono descritte alcune funzioni di campo vettoriale o scalare come la velocità, la densità, la pressione). Avremo 3 componenti della velocità del fluido  $c_x, c_y, c_z$

$$\begin{aligned}
& c_x(x, y, z, t) \\
c & c_y(x, y, z, t) \\
& c_z(x, y, z, t)
\end{aligned}$$

Esiste un approccio tra le coordinate Euleriane e Langrangiane

$$\begin{aligned}
& f(P, T, \mathbf{r}, c_x, c_y, c_z) \\
\frac{df}{dt} &= \frac{\mathcal{J}f}{\mathcal{J}t} + c_x \frac{\mathcal{J}f}{\mathcal{J}x} + c_y \frac{\mathcal{J}f}{\mathcal{J}y} + c_z \frac{\mathcal{J}f}{\mathcal{J}z}
\end{aligned}$$