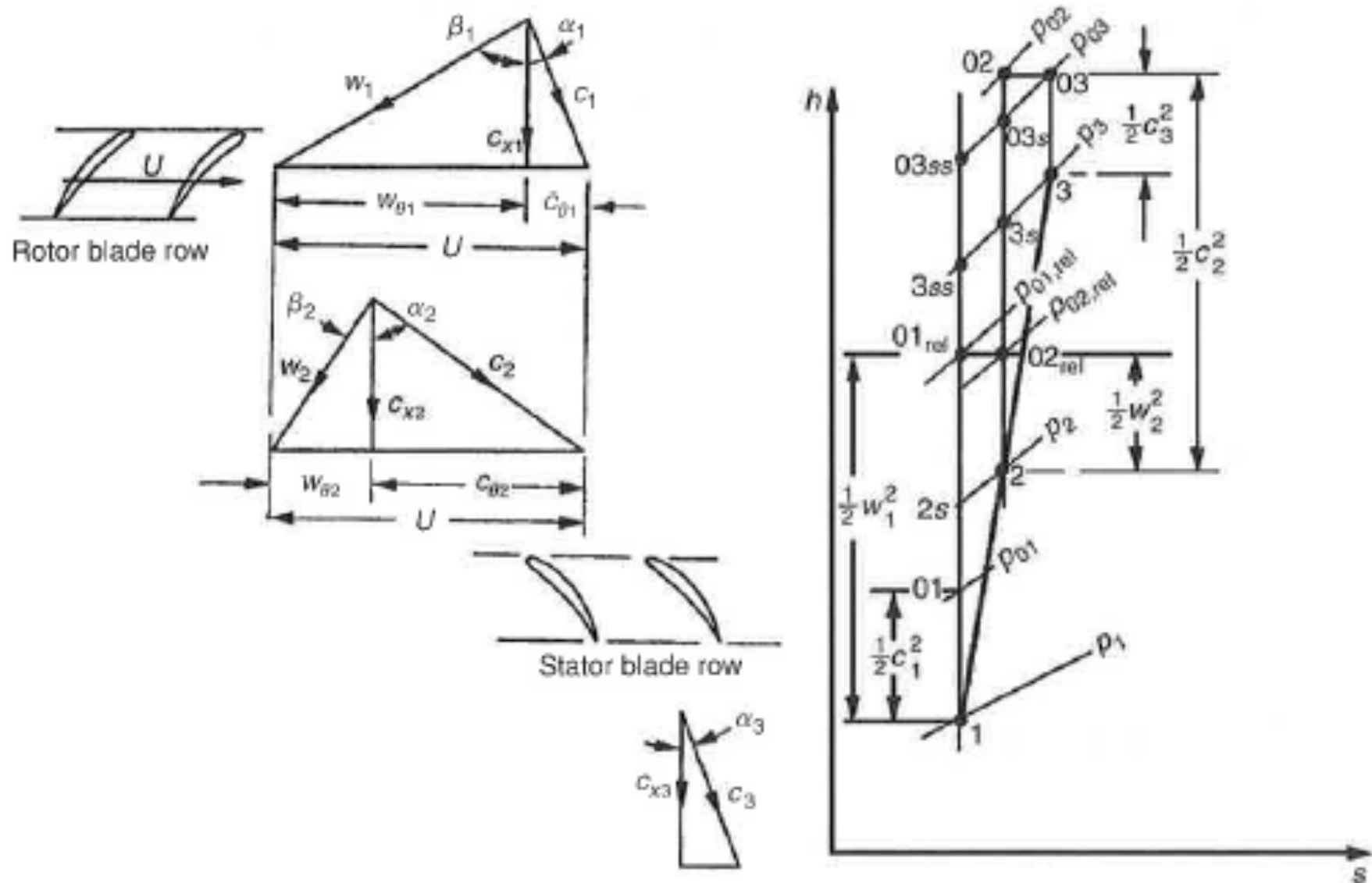


Compressori assiali

Triangoli di velocità



Lavoro in uno stadio assiale

- Il lavoro fatto dal rotore di uno stadio assiale sul fluido è:

$$\Delta W = \dot{W}/\dot{m} = h_{02} - h_{01} = U(c_{\theta 2} - c_{\theta 1})$$

- Nel rotore la rothalpia resta costante, quindi:

$$h_1 + \frac{1}{2} w_1^2 = h_2 + \frac{1}{2} w_2^2$$

- Nello statore l'entalpia totale resta costante:

$$h_2 + \frac{1}{2} c_2^2 = h_3 + \frac{1}{2} c_3^2$$

Rendimento e perdite di stadio

- Il lavoro minimo si può esprimere come:

$$\Delta W_{\min} = \dot{W}_{\min} / \dot{m} = h_{03ss} - h_{01} = (h_{03} - h_{01}) - (h_{03} - h_{03ss}) = \Delta W - T_{03} \Delta s_{stadio}$$

- Consideriamo il rendimento totale/totale:

$$\eta_{tt} = \Delta W_{\min} / \Delta W \cong 1 - T_{03} \Delta s_{stadio} / (h_{03} - h_{01})$$

- Il rendimento totale/statico è dato da:

$$\eta_{ts} = \frac{h_{3ss} - h_{01}}{h_{03} - h_{01}} \cong \frac{h_{03} - h_{01} - (h_{03} - h_{3ss})}{h_{03} - h_{01}} \cong 1 - \frac{0.5c_3^2 + T_3 \Delta s_{stadio}}{h_{03} - h_{01}}$$

Parametri di progetto

- Coefficiente di flusso: $\phi = \frac{c_m}{U}$
- Coefficiente di carico: $\psi = \frac{\Delta h_0}{U^2} = \frac{U \Delta c_\theta}{U^2} = \frac{\Delta c_\theta}{U}$
- Grado di reazione: $R = \frac{h_2 - h_1}{h_3 - h_1}$

Progetto preliminare

- Le schiere del compressore si comportano come diffusori.
- Il coefficiente di carico è legato dalle seguenti relazioni al coefficiente di flusso:

$$\psi = \frac{\Delta h_0}{U^2} = \frac{U \Delta c_\theta}{U^2} = \frac{\Delta c_\theta}{U} = \frac{c_{\theta 2} - c_{\theta 1}}{U} = \phi (\tan \alpha_2 - \tan \alpha_1)$$

- Dai triangoli di velocità risulta:

$$c_{\theta 1} = U - w_{\theta 1}; \quad c_{\theta 2} = U - w_{\theta 2}$$

$$\psi = \phi (\tan \beta_1 - \tan \beta_2) = 1 - \phi (\tan \alpha_1 + \tan \beta_2)$$

Progetto preliminare

- Il grado di reazione si calcola attraverso la relazione seguente:

$$R = \frac{h_2 - h_1}{h_3 - h_1}$$

- Dato che:

$$h_1 + \frac{1}{2} w_1^2 = h_2 + \frac{1}{2} w_2^2$$

- E gli stadi si ripetono: $c_1 = c_3$ e $h_1 - h_3 = U \Delta c_\theta$

- Possiamo scrivere con velocità assiale costante:

$$R = \frac{w_1^2 - w_2^2}{2U(c_{\theta 2} - c_{\theta 1})} = \frac{(w_{\theta 1} - w_{\theta 2})(w_{\theta 1} + w_{\theta 2})}{2U(c_{\theta 2} - c_{\theta 1})}$$

Progetto preliminare

- Dai triangoli di velocità:

$$c_{\theta_1} = U - w_{\theta_1}; \quad c_{\theta_2} = U - w_{\theta_2} \Rightarrow c_{\theta_2} - c_{\theta_1} = w_{\theta_1} - w_{\theta_2}$$

- Quindi:

$$R = \frac{(w_{\theta_1} - w_{\theta_2})(w_{\theta_1} + w_{\theta_2})}{2U(w_{\theta_1} - w_{\theta_2})} = \frac{(w_{\theta_1} + w_{\theta_2})}{2U} = \frac{1}{2} \phi (\tan \beta_1 + \tan \beta_2)$$

- Possiamo scrivere tutto in funzione dell'angolo di uscita relativo:

$$R = \frac{1}{2} + \frac{\phi}{2} (\tan \beta_2 - \tan \alpha_1) \Rightarrow \psi = 2(1 - R - \phi \tan \alpha_1)$$

- Un grado di reazione alto riduce il coefficiente di carico

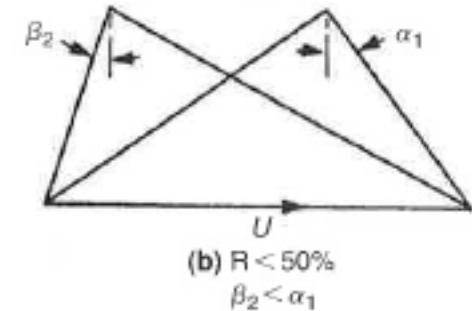
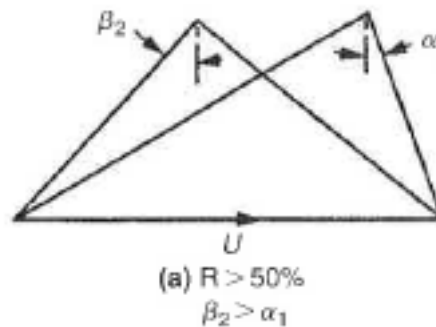
Progetto preliminare

- Il grado di reazione non è un parametro che si può scegliere liberamente.
- Non influenza molto il rendimento.
- Nei compressori molto innovativi R è maggiore di 0.5 e arriva anche a 0.8.

- $R=0.5 \rightarrow \alpha_1 = \beta_2$

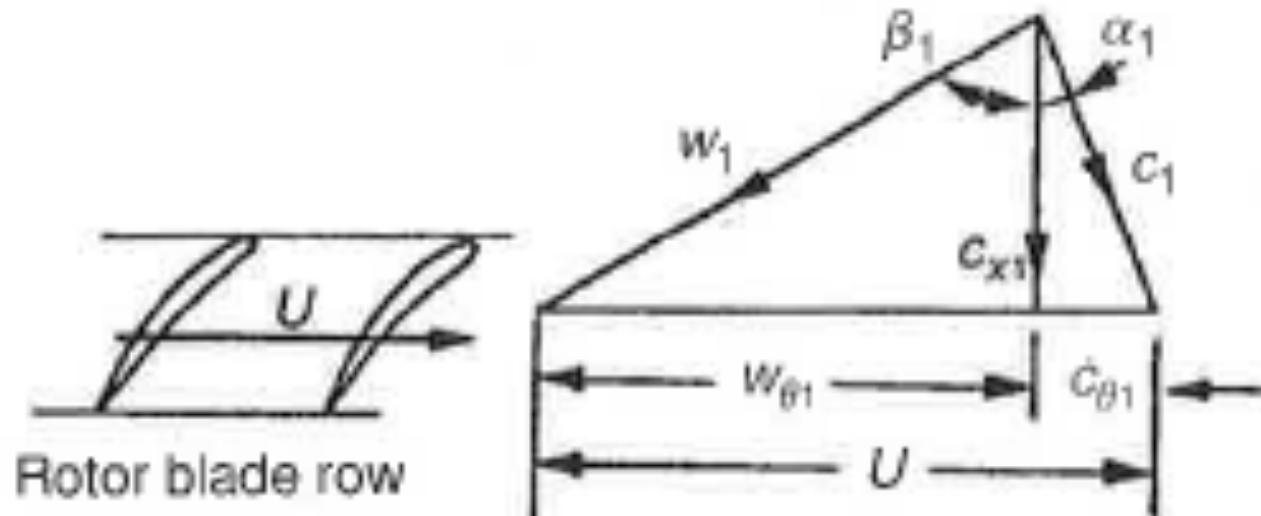
- $R > 0.5 \rightarrow \alpha_1 < \beta_2$

- $R < 0.5 \rightarrow \alpha_1 > \beta_2$



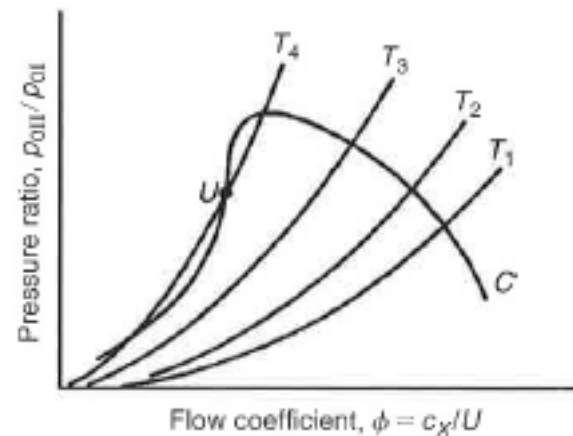
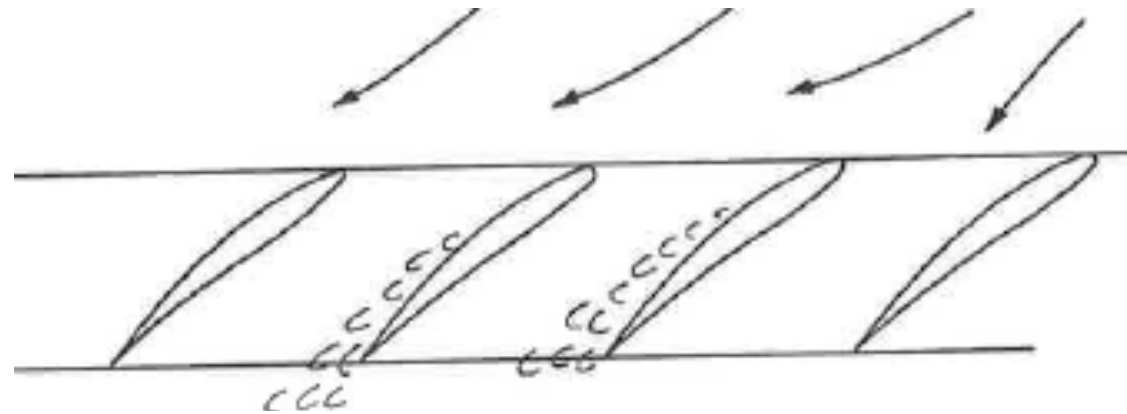
Progetto preliminare

- Per ridurre il numero di Mach in ingresso al rotore si usa dare una prerotazione alla velocità in ingresso di 20-30°



Stallo e pompaggio

- Quando ci sono variazioni di incidenza positive, si può generare il fenomeno dello stallo.



Curva caratteristica

- In generale per un compressore, la somma degli angoli della velocità assoluta in ingresso rotore e della velocità relativa all'uscita del rotore è costante e indipendente dall'incidenza. $\tan \alpha_1 + \tan \beta_2 = k$
- La relazione che lega il coefficiente di carico con quello di flusso diventa quindi:
 $\psi = 1 - \phi k$

Curva caratteristica

- Fissati i due coefficienti nelle condizioni di progetto, possiamo calcolare i triangoli di velocità e quindi le seguenti curve:

