

14 Recipienti per altissime pressioni

I risultati del capitolo precedente dicono che la massima pressione a cui i recipienti a parete spessa possono lavorare è una certa frazione della tensione ammissibile (il 100 per cento secondo il criterio della massima tensione, il 50 per cento secondo il criterio della massima tensione tangenziale). Se è necessario superare queste pressioni occorre servirsi di recipienti di tipo particolare, cioè i recipienti cerchiati, autocerchiati e nastrati.

14.1 RECIPIENTI CERCHIATI

Sono costituiti da due cilindri forzati l'uno dentro l'altro. Il cilindro più interno funge da contenitore del fluido e quello più esterno serve da rinforzo.

Il calettamento deve essere tale da generare una pressione p_c che agisce come pressione interna sul cilindro esterno e come pressione esterna sul recipiente esterno. Per effetto di questa si ha una redistribuzione delle tensioni che porta in conclusione ad uno scarico della parte interna e ad un sovraccarico del recipiente esterno. Il valore di p_c deve essere determinato a priori in base alla pressione di esercizio e alla tensione ammissibile nel materiale, tenendo conto della detta redistribuzione. Il calcolo è facilissimo in quanto non si esce dalla fase elastica e quindi sono pienamente valide le formule di Lamé.

Sia r_i il raggio interno del cilindro interno, r_e il raggio esterno del cilindro esterno e c (raggio di calettamento) il valore nominale del raggio esterno del recipiente interno e del raggio interno del recipiente esterno. In realtà i due ultimi raggi sono diversi tra loro in quanto devono essere tali da costituire un montaggio con interferenza, ma la loro differenza rispetto al valore nominale, che sarà ora determinata, è percentualmente trascurabile (meno di un millesimo).

In fase di esercizio il cilindro interno è soggetto alla pressione interna di esercizio p_i e alla pressione esterna di calettamento p_c ; il recipiente esterno è invece soggetto alla pressione interna di calettamento p_c .

Se si applica il criterio della massima tensione tangenziale occorre calcolare il valore $\sigma_{eq} = \sigma_t - \sigma_r$, che è massimo in corrispondenza dei due rispettivi raggi interni, ossia r_i per il recipiente interno e r_c per quello esterno. Per il primo vale (applicando le formule di Lamé)

$$\sigma_{eq} = 2(p_i - p_c) \frac{c^2}{c^2 - r_i^2}$$

e per il secondo

$$\sigma_{eq} = 2p_c \frac{r_e^2}{r_e^2 - c^2}$$

Si deve verificare preliminarmente che nessuno di questi due valori ecceda quello ammissibile σ_{amm} . Volendo si può ottenere un uguale grado di sicurezza per entrambi i cilindri eguagliando i due valori e così ottenendo

$$p_c = \frac{p_i}{1 + \frac{r_e^2 c^2 - r_i^2}{c^2 r_e^2 - c^2}}$$

Una volta conosciuta la pressione di calettamento occorrente si determini il valore dell'interferenza necessaria per generarla.

Per effetto della pressione di calettamento p_c si ha un restringimento del cilindro interno, in corrispondenza del raggio c , pari a

$$u_i = \epsilon_t c = \frac{c}{E} (\sigma_t - \nu \sigma_r)$$

Le due tensioni si calcolano con le formule di Lamé con $p_i = 0$ (perché siamo in fase di calettamento).

$$\sigma_t = -p_c \frac{c^2 + r_i^2}{c^2 - r_i^2}$$

$$\sigma_r = -p_c$$

Quindi

$$u_i = \frac{p_c c}{E} \left(-\frac{c^2 + r_i^2}{c^2 - r_i^2} + \nu \right)$$

Ovviamente u_i risulta negativo perché il cilindro interno si restringe. Per il cilindro esterno, ragionando analogamente

$$u_e = \frac{p_c c}{E} \left(\frac{c^2 + r_e^2}{r_e^2 - c^2} + \nu \right)$$

Ciò corrisponde ad un allargamento del diametro. Affinchè si abbia il giusto calettamento l'interferenza deve perciò essere

$$\delta = |u_i| + u_e = \frac{p_c c}{E} \left(\frac{c^2 + r_i^2}{c^2 - r_i^2} + \frac{c^2 + r_e^2}{r_e^2 - c^2} \right)$$

Quando si ha la messa in esercizio del recipiente, il cilindro interno è sollecitato dalla pressione interna di esercizio p_i e dalla pressione di calettamento p_c .