



Principio di funzionamento

Sia posto un osservatore fisso con la girante, alla base di una pala (diametro interno della girante). L'osservazione inizierà, secondo il senso di rotazione, dall'arco di aspirazione del gas. Per tutta la durata di tale arco l'osservatore vedrà il liquido di servizio (anello liquido) allontanarsi, cioè salire. Terminata l'aspirazione, inizierà l'arco di compressione del gas, durante il quale l'osservatore vedrà il liquido avvicinarsi, cioè scendere, fino a quando inizierà l'arco di scarico del gas; al termine del quale egli si troverà immerso completamente nel liquido. L'osservatore rimarrà immerso nel liquido fino alla ripresa del successivo arco di aspirazione. Si può così affermare che, per l'osservatore, in moto con la girante, il liquido funziona come un pistone: allontanandosi aspira, avvicinandosi comprime e scarica.

La figura mostra un compressore a doppio effetto: ad ogni giro si hanno due aspirazioni e due compressioni e scarico. Con tale costruzione risultano equilibrati i carichi sulla girante dovuti alle pressioni di esercizio. L'albero di un compressore portante una girante a sbalzo (simile ad una normale pompa centrifuga) sarebbe così caricato solo del peso della girante.

Macchine ad anello liquido

Vi sono macchine ad anello liquido a singolo effetto. Il principio di funzionamento è lo stesso; la costruzione in tal caso prevede la cassa circolare, in cui circola l'anello liquido, e la girante montata su un asse eccentrico rispetto a quello della cassa. Ripetendo l'osservazione come nel caso precedente, si avranno un'aspirazione e una compressione-scarico ogni giro. Si impiegano singoli effetti allorché le pressioni di esercizio sono basse, allo scopo di non sovraccaricare l'albero con girante a sbalzo.

Pompe del vuoto e modesti compressori a singolo effetto: 0,15 ... 1,5 bar – Portata: 250 ... 24.000 m³/h

Compressori a doppio effetto monostadio (una girante): 0,9 ... 5 bar – 200 ... 2.500 m³/h

Compressori a doppio effetto bistadio (due giranti in serie): 1 ... 10 bar – 250 ... 1.000 m³/h

Un impianto di elettrolisi di salamoia clorata, dopo il lavaggio (fatto con acqua) e la deumidificazione di Cl_2 gassoso (fatto con pioggia di acido solforico concentrato), fornisce ad un compressore ad anello di H_2SO_4 di concentrazione 96...98% ($\gamma=1830 \text{ kg/m}^3$), una portata netta di 30 t/giorno di Cl_2 secco ($\mu=70 \text{ kg/kmol}$), alle seguenti condizioni: aspirazione $p_1 = 0,95 \text{ bar}$ e temperatura $t_1 = 30^\circ C$, scarico $p_4 = 4,5 \text{ bar}$.

La temperatura di scarico del gas, che è la stessa temperatura dell'anello circolante nel compressore, dovrà essere mantenuta $< 40^\circ C$. A temperature d'esercizio $> 40^\circ C$ il H_2SO_4 concentrato aumenta la sua capacità di corrosione; la ghisa meccanica impiegata, per i diversi componenti del compressore, verrebbe danneggiata.

I dati di progetto del compressore sono dunque:

$$\text{portata} = 30 \text{ t} / 24 \text{ h} = \frac{30000 / 24 \cdot 8314 \cdot (273 + 30)}{70 \cdot 95000} = 475 \text{ m}^3 / \text{h}$$

$$\text{differenziale di pressione } \Delta p = 4,5 - 0,95 = 3,55 \text{ bar} \Rightarrow \rho_p = 4,5 / 0,95 = 4,74$$

Temperatura H_2O di raffreddamento disponibile $t_i = 25^\circ C$

Determinare: potenza assorbita del compressore, potenza del motore elettrico, potenza termica dello scambiatore di calore H_2SO_4 (lato mantello) - H_2O (lato tubi).

Soluzione

Il compressore ad anello liquido è una macchina a $V=\text{cost}$ con la quale si comprime un gas isotermicamente. Si assume la temperatura di funzionamento del compressore $t_o = 40^\circ C$. Si assume inoltre che la compressione avvenga a $40^\circ C$ (max). Pertanto la portata volumetrica effettiva del compressore sarà

$$(1) \text{ portata effettiva} = V = 475 \frac{273 + 40}{273 + 30} = 506 \text{ m}^3 / \text{h}$$

$$(2) \text{ compressione isoterica } p_1 V_1 = p V \Rightarrow \text{potenza teorica di compressione} = \int_1^2 V dp = \\ = \int_1^2 p_1 V_1 \frac{dp}{p} = p_1 V_1 \ln \frac{p_2}{p_1} = 95000 * \frac{506}{3600} * \ln 4,74 = 21 \text{ kW}$$

Il collaudo in sala prove (impiegando aria e acqua) registra una potenza assorbita = 60 kW.

Motore elettrico = 75 kW - 980 RPM - Dunque il rendimento del compressore = $\eta = 21/60 = 0,35$.

Nella fase di scarico, insieme al gas Cl_2 , viene scaricata anche una certa quantità di H_2SO_4 . Si progetta la macchina con archi di compressione e scarico tali che il flusso di H_2SO_4 consenta un $\Delta t \leq 10^\circ C$ del H_2SO_4 .

La miscela gas-acido viene scaricata in un serbatoio-separatore, dalla parte superiore del quale si consegnerà il gas alla pressione di progetto, e dalla parte inferiore si preleverà l'acido da immettere in uno scambiatore di calore per essere raffreddato e reimpresso nel compressore (ved. figura).

$$\text{Portata dell'anello liquido} = 60 \frac{\text{kJ}}{\text{s}} = Q * 1,422 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^\circ C} * (40 - 30)^\circ C \Rightarrow 4,22 \text{ kg/s} * \frac{3600}{1830} = 8,30 \text{ m}^3 / \text{h}$$

Scambiatore di calore a fascio tubiero.

potenza termica = 75 kW E' buona ingegneria assumere la potenza termica = potenza elettrica disponibile

Nel mantello (M) H_2SO_4 , nei tubi (T) H_2O . Flussi controcorrente. I dati di progetto sono:

$$\text{lato } H_2SO_4: \quad t_{in}^M = 40^\circ C \quad t_{out}^M = 30^\circ C \quad Q_{H_2SO_4} = 10 \text{ m}^3 / \text{h}$$

$$\text{lato } H_2O: \quad t_{in}^T = 25^\circ C \quad t_{out}^T = 28^\circ C \quad Q_{H_2O} = 22 \text{ m}^3 / \text{h}$$

$$\Delta t_{medio} \text{ logaritmico} = \frac{(40 - 28) - (30 - 25)}{\ln \frac{(40 - 28)}{(30 - 25)}} = 8^\circ C$$

