

# MISCELATORI PROPORZIONALI

## CAPITOLO 4

### SISTEMI DI COMBUSTIONE AD ARIA VENTILATA A BASSA PRESSIONE

La maggior parte dei processi termici industriali richiedono bruciatori con ampia variabilità di portata e capaci di bruciare in camere di combustione in diverse condizioni di contro-pressione positiva. Tali condizioni suggeriscono di adottare pressioni di miscela relativamente elevate e rapporti aria-gas dell'ordine del 75÷100%.

Per ottenere ciò, soprattutto con basse pressioni di gas, è necessario adottare sistemi di combustione ad aria ventilata.

Come già abbiamo avuto modo di spiegare (v. Cap. 1), in una miscela di aria e gas naturale al 100%, per ogni metro cubo di gas naturale ci sono 10 m<sup>3</sup> di aria. Poiché la quantità di aria è maggiore di quella del gas è logico sfruttare l'energia fornita all'aria da un ventilatore per aspirare il gas ed allo stesso tempo ottenere una pressione di miscela adeguata alle necessità del bruciatore.

Il miscelatore "proporzionale" o ad "aria forzata" (v. fig. 6) utilizza appunto l'energia, ottenuta comprimendo l'aria ad alcune centinaia di millimetri di colonna d'acqua, per aspirare il gas e creare una miscela al 100%, o meno, ed inviarla in pressione al bruciatore. Questo miscelatore opera esattamente sugli stessi principi fondamentali dei venturi descritti nel capitolo 2.

Nei miscelatori di tipo "proporzionale" ben progettati con una pressione di aria di 700 mm H<sub>2</sub>O si possono ottenere pressioni di miscela (P<sub>3</sub>) ai nozzoli del bruciatore di 200÷300 mm H<sub>2</sub>O e depressioni in P<sub>2</sub> di 25 mm H<sub>2</sub>O e anche più.

Per ottenere un costante rapporto tra aria e gas ad ogni portata variando la pressione dell'aria, è necessario portare al valore "zero", e cioè al valore dell'atmosfera, la pressione del gas in A<sub>2</sub>. Vi sono apparecchi, i cosiddetti "zeroregolatori" o "zerogovernor", capaci di mantenere costante tale valore neutro di pressione del gas, regolandone la portata in funzione della portata dell'aria di miscelazione. Perché la proporzione tra gas e aria rimanga costantemente equilibrata è necessario che le tre pressioni (quelle dell'aria, del gas e della miscela) e le tre sezioni (passaggio gas, passaggio aria e passaggio miscela) rimangano opportunamente bilanciate e nel giusto rapporto tra loro.

Il numero dei bruciatori applicati ad un determinato processo termico e la loro portata termica sono condizioni caratteristiche del processo stesso. La scelta del miscelatore da applicare al complesso dipende quindi dal giusto dimensionamento dell'area A<sub>1</sub> del miscelatore in rapporto a quella totale dei bruciatori, per cui la portata del miscela-

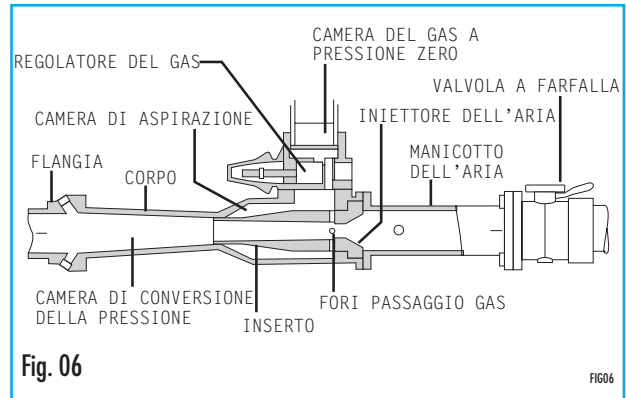


Fig. 06

FIG06

tore deve corrispondere a quella dei bruciatori. In altre parole, il miscelatore avente una determinata sezione A<sub>1</sub> viene selezionato conoscendo la sua portata e conoscendo quella della sezione A<sub>3</sub> dei bruciatori.

Di solito, determinata la pressione di miscela richiesta dai bruciatori per ottenere una certa portata termica, si sceglie il miscelatore che permetta di ottenere la portata uguale a quella dei bruciatori alla pressione di miscela desiderata. La scelta di un miscelatore sulla base delle sezioni può presentare alcune difficoltà a meno che non si conoscano con esattezza i coefficienti di scarico dei bruciatori. Come abbiamo già descritto nel capitolo 2, detto coefficiente rappresenta il rendimento di un orificio; in pratica il suo effetto è come se modificasse l'area effettiva dell'orificio A<sub>3</sub>. Il nozzolo di un bruciatore si comporta esattamente a questi effetti come un orificio, dato che il flusso del fluido che lo attraversa subisce in quel punto una perdita di carico.

I costruttori di bruciatori inseriscono nei loro dati tecnici il sistema di calcolo dei miscelatori in relazione alle aree dei bruciatori. Queste istruzioni devono essere accuratamente seguite.

I miscelatori proporzionali hanno la caratteristica di permettere la regolazione dei due fluidi mediante il controllo su uno di essi. A monte di ogni miscelatore viene normalmente applicata una valvola a farfalla per il controllo della pressione dell'aria inviata all'iniettore del miscelatore stesso. Una valvola di altro tipo viene inserita tra il regolatore atmosferico del gas ed il miscelatore per determinare la sezione A<sub>2</sub> del miscelatore; di solito questa valvola viene fornita con dispositivo di bloccaggio. Una volta stabilita la posizione di questa

valvola, per ottenere il rapporto aria-gas desiderato, non è necessario effettuare ulteriori regolazioni per l'esercizio del miscelatore entro tutto il suo campo di variabilità di portata. Unità di questo tipo permettono generalmente di ottenere un campo di variabilità molto

esteso, mantenendo costante il rapporto tra le pressioni  $P_1$  e  $P_2$ . Ad esempio, con pressione d'aria iniziale di 700 mm H<sub>2</sub>O il campo di variabilità della portata può essere di 16 a 1.

## REGOLATORI ATMOSFERICI (ZERO GOVERNOR)

I regolatori atmosferici o "zero governor" (v. fig. 7) hanno la funzione di ridurre la pressione di un fluido al valore della pressione atmosferica. Sono unità a doppio diaframma in cui il primo, detto diaframma di bilanciamento o di tenuta, ha la funzione di separare la camera di ingresso del gas del corpo del regolatore dalla camera sottostante il diaframma principale; il secondo, detto diaframma principale, serve per equilibrare la pressione di uscita esistente nella camera inferiore del diaframma stesso e la pressione atmosferica esistente nella camera superiore.

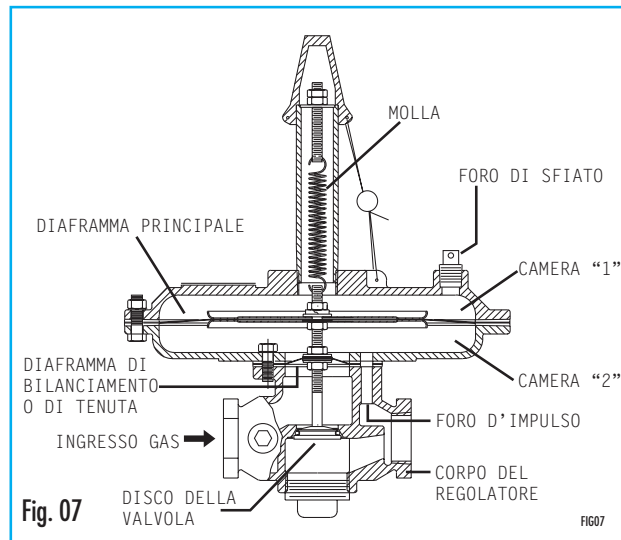
La molla di questi regolatori ha la sola funzione di controbilanciare il peso delle parti mobili interne ed ha una tensione addizionale appena sufficiente a chiudere la valvola.

Il piccolo diaframma di tenuta è dimensionato in modo che la sua superficie sia uguale all'area effettiva del disco della valvola; in questo modo le variazioni della pressione di alimentazione vengono annullate (agli effetti della posizione della valvola) in quanto si contrappongono sulle due superfici uguali.

La camera superiore del diaframma principale è normalmente in comunicazione con l'atmosfera, mentre la camera inferiore è in comunicazione con la camera della pressione regolata a valle della valvola mediante un foro di impulso. Con pressioni uguali nelle camere poste sopra e sotto il diaframma principale, la valvola resta chiusa; quando un miscelatore inizia a funzionare, l'aspirazione creata dal miscelatore diminuisce la pressione nella camera (2). La differenza di pressione che si viene a creare tra le camere (1) e (2) obbliga la valvola a spostarsi verso il basso permettendo così al gas di fluire attraverso il sistema. Il flusso del gas aumenta finché la pressione a valle eguaglia la pressione atmosferica esistente nella camera (1); ciò è possibile perché la pressione a valle, attraverso il foro d'impulso, viene trasmessa nella camera (2) del diaframma.

Aumentando l'aspirazione creata dal miscelatore la pressione a valle della valvola diminuisce, ciò provoca uno scompenso tra le pressioni esistenti nelle camere (1) e (2), obbligando la valvola ad aprirsi ulteriormente fino a riequilibrare il sistema.

Se la molla è tarata in modo tale da compensare il peso delle parti interne, la pressione a valle della valvola sarà sempre uguale alla



pressione esistente nella camera (1) del regolatore. Se in tale camera applicassimo una pressione positiva o negativa, a valle della valvola si creerebbe una pressione di valore esattamente eguale a quella applicata sulla parte superiore del diaframma principale. È per questo motivo che il foro di sfiato della camera (1) non deve essere mai collegato con un tubo di scarico al camino, come viceversa si è soliti fare con normali riduttori di pressione.

I regolatori atmosferici sono apparecchi di precisione. Sono costruiti e montati con particolari criteri e piccolissime tolleranze. La morbidezza del diaframma e la tensione della molla sono caratteristiche molto delicate di questi apparecchi. È difficile difatti ripararli in campo. Normalmente, i costruttori richiedono la restituzione dell'apparecchio guasto, in modo da effettuare in fabbrica le riparazioni necessarie. Ogni modifica o regolazione fatta sul luogo risulta controproducente. La ritaratura della tensione della molla è sconsigliata salvo diverse istruzioni del costruttore.

Esaminando bene la fig. 7 sarà facile capire come una pressione anche minimamente positiva a valle della valvola, costringe quest'ultima a chiudersi. Bastano 0,25 mm H<sub>2</sub>O per provocare il fenomeno.

## INSTALLAZIONI CON MISCELATORE PROPORZIONALE E REGOLATORE ATMOSFERICO

Quando l'iniettore dell'aria di un miscelatore proporzionale è ben dimensionato in rapporto all'area dei bruciatori ai quali esso è collegato, si ottengono sempre buoni e stabili valori negativi della pressione  $P_2$ . L'eccessivo aumento della pressione  $P_3$  provoca una pressione  $P_2$  positiva, causando così anomalie nel funzionamento del regolatore.

Non si deve mai installare un rubinetto tra l'uscita del miscelatore ed i bruciatori, perché l'intervento su di esso varia la pressione  $P_3$  e di conseguenza le condizioni di esercizio di miscelatore e zeroregolatore.

Ogni perdita di carico tra l'uscita del miscelatore ed i bruciatori, provoca un aumento della pressione  $P_3$ . Per questo motivo le tubazioni della miscela devono essere adeguatamente dimensionate; è opportuno inoltre ridurre al massimo il numero di curve, gomiti raccordi e strozzature. Come regola generale è bene limitare tutte queste perdite di carico ad un massimo di 25 mm H<sub>2</sub>O (v. Fig. 8).

In caso di scarsa esperienza con complessi di questo tipo, consigliamo

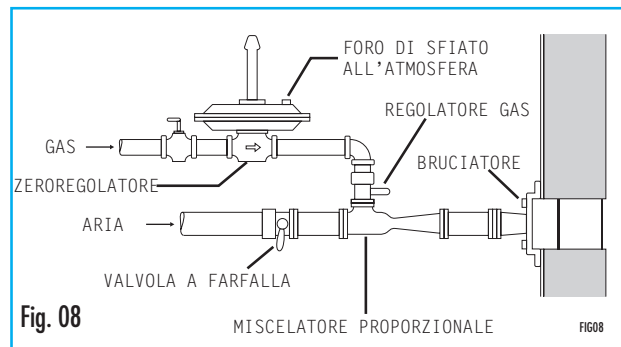


Fig. 08

vivamente di controllare le pressioni  $P_1$ ,  $P_2$  e  $P_3$ . La verifica del buon funzionamento del miscelatore è possibile confrontando i dati rilevati con quanto descritto precedentemente. Se a distanza di tempo si dovessero presentare anomalie, è bene ricontrollare le tre pressioni: è il più semplice e rapido sistema per identificare l'origine dell'inconveniente.

## CAMERE DI COMBUSTIONE IN PRESSIONE

L'uso dei regolatori atmosferici che fin qui abbiamo esaminato si riferiva a sistemi con camera di combustione in pressione neutra, cioè atmosferica. Quando viceversa sono presenti in camere di combustione aventi pressioni negative o positive, il sistema si squilibra in quanto tali pressioni si riflettono sul valore della pressione negativa  $P_2$ . È facile tuttavia riportare il sistema in equilibrio, collegando con una "linea di riferimento" la camera (1) superiore del diaframma principale del regolatore atmosferico con la camera di combustione (vedi Fig. 9).

Così facendo, la pressione negativa o positiva esistente nella camera di combustione è caricata su ambedue le facce dell'orificio  $A_2$  e pertanto il suo effetto si annulla. La linea di riferimento è necessaria con pressioni in camera di  $\pm 2,5$  mm H<sub>2</sub>O. Per il collegamento è consigliabile utilizzare tubo di rame diametro 6÷8 mm.

Quando sistemi di combustione di questo tipo vengono installati su camere di combustione aventi pressioni positive superiori ai 25÷50 mm H<sub>2</sub>O, la pressione di alimentazione al regolatore atmosferico

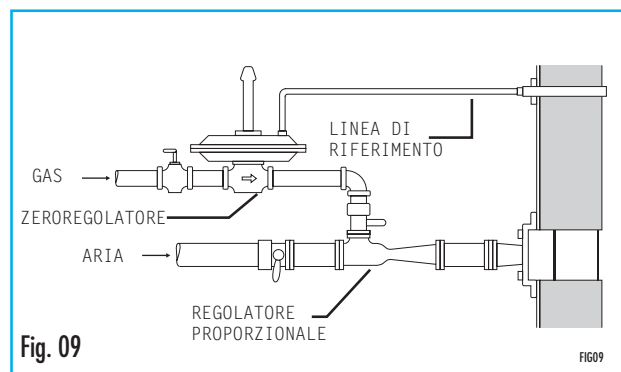


Fig. 09

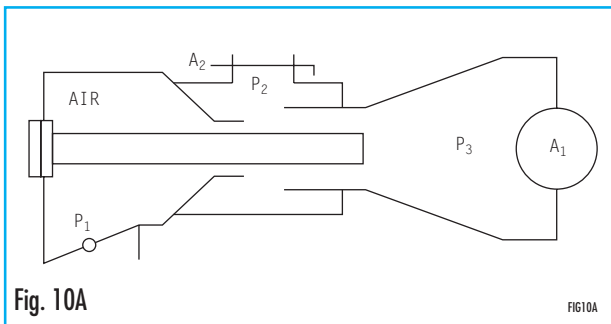
deve essere tale da creare attraverso lo stesso regolatore una perdita di carico di 100 mm H<sub>2</sub>O.

Per esempio, se dei bruciatori dovessero essere installati su una camera di combustione avente una pressione positiva di 150 mm H<sub>2</sub>O la minima pressione di alimentazione dello "zero governor" deve essere di 250 mm H<sub>2</sub>O.

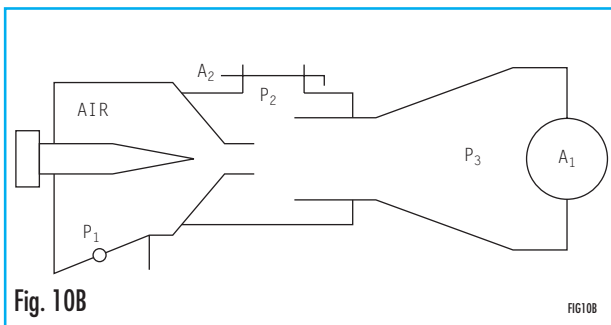
## ALTRI TIPI DI MISCELATORI PROPORZIONALI

I tipi di miscelatori proporzionali fin qui esaminati impiegano iniettori d'aria in  $A_1$  di forma circolare ed hanno l'ingresso dell'aria coassiale con l'uscita della miscela. In questi miscelatori è necessario modificare l'area dell'iniettore ogni qualvolta si debba adattare il miscelatore ad un numero diverso di bruciatori; è un'operazione necessaria per mantenere il giusto rapporto tra le aree  $A_1$  del miscelatore e quelle totali  $A_3$  dei bruciatori. Ciò è di solito ottenuto sostituendo l'iniettore dell'aria, detto "inserto".

Vi sono però alcuni miscelatori proporzionali dove tale operazione è eseguita mediante una semplice regolazione dell'area dell'iniettore.

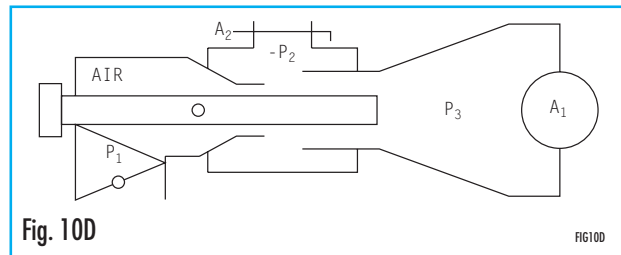
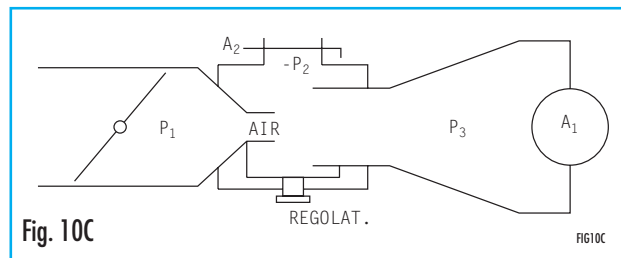


La figura 10A mostra un miscelatore nel quale la regolazione di tale area viene seguita sostituendo un limitatore di sezione di forma cilindrica. Inserendo cilindri di diametro differente nel collo del venturi, si ottengono portate diverse. In questo caso, l'iniettore dell'aria è di tipo anulare.



La figura 10B mostra un miscelatore con un regolatore a spillo inserito per variare la sezione dell'iniettore dell'aria. Nei miscelatori proporzionali non è possibile ottenere soddisfacenti condizioni di esercizio se ad ogni variazione della sezione  $A_1$  non corrisponde una proporzionale variazione della sezione a valle dell'iniettore. In teoria esiste un solo rapporto ideale tra la sezione dell'iniettore  $A_1$  e la sezione  $A_2$  del collo del miscelatore.

La figura 10C mostra ad esempio un miscelatore con sezioni  $A_1$  e  $A_2$  di forma rettangolare in cui i lati superiori e i lati verticali sono fissi



mentre quelli inferiori sono mobili e regolabili attraverso una vite che agisce contemporaneamente sulle due sezioni mantenendone costante il rapporto.

Uno degli ultimi tipi della sempre crescente famiglia dei miscelatori proporzionali è indicato dalla figura 10D. In questo caso le sezioni  $A_1$  e  $A_2$  sono fisse. Il tubo centrale è vuoto per tutta la lunghezza che interessa le due sezioni. I fori praticati sul tubo permettono all'aria di fluire anche all'interno del tubo stesso. La funzione del tubo regolatore è quella di variare la pressione in  $P_3$ . Inserendo maggiormente il tubo in modo da avvicinare i fori alla sezione  $A_1$  dell'iniettore, la pressione  $P_3$  diminuisce; arretrandolo invece si ottiene un aumento della pressione  $P_3$ .

Come abbiamo in precedenza fatto notare, variando la pressione  $P_3$  si varia anche la pressione negativa  $P_2$ . Ciò facendo si regola la capacità del miscelatore pur mantenendo costante il rapporto tra le sezioni.

I due miscelatori variabili indicati in 10C e 10D sono apparecchi molto elastici capaci di compensare perdite di carico accidentali nella tubazione della miscela e possono essere impiegati allorché si debbano installare valvole di esclusione sui singoli bruciatori. Hanno la facoltà quindi di adattarsi ad una ampia variazione dell'area di uscita dei bruciatori.

Tutti questi apparecchi utilizzano regolatori atmosferici per l'alimentazione del gas a pressione atmosferica all'orificio  $A_2$ . Una volta stabilita la portata dell'orificio  $A_1$ , il sistema di combustione può essere regolato mediante valvole a farfalla sulla tubazione dell'aria. Questa operazione si esegue nello stesso modo sia per i miscelatori a capacità fissa che per quelli a capacità regolabile.