

Focolari differenziati secondo il tipo di combustibile

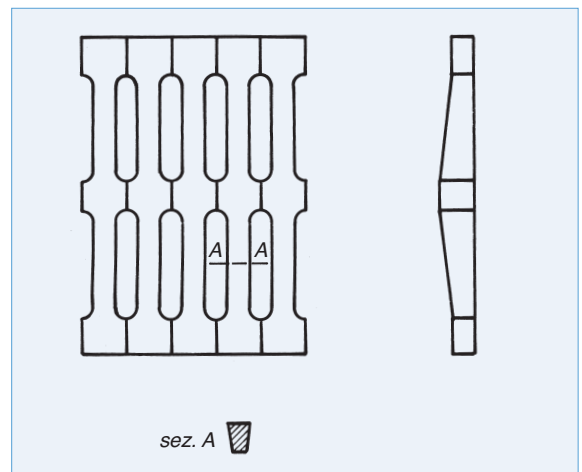
A. Focolari per combustibili solidi

Il combustibile solido viene in genere disteso in strati più o meno spessi (a seconda della produzione di vapore) su una superficie metallica (detta **griglia** o **grigliato**) fornita di opportune aperture attraverso le quali l'aria — proveniente dal disotto — effluisce, e attraversa lo strato di carbone, permettendone la combustione.

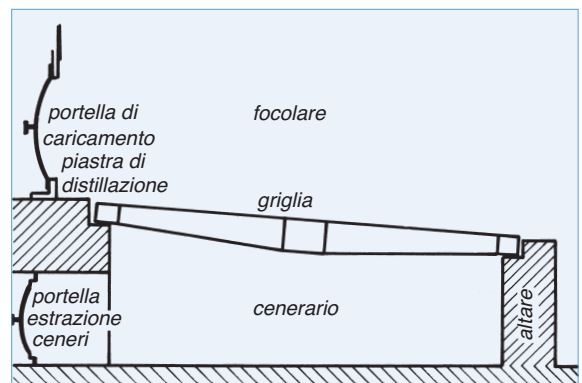
Nei primi focolari, alimentati a mano, la griglia era costituita da un insieme di barre di ghisa (FIGURA 1) indipendenti che, liberamente appoggiate su due muretti di materiale refrattario (FIGURA 2) posti nell'interno del generatore, venivano a contatto fra loro alle due estremità e in corrispondenza del distanziatore centrale, lasciando così degli interstizi attraverso i quali filtrava l'aria comburente. La loro lunghezza non superava in genere il metro, e la sezione era profilata in modo da evitare che qualche pezzo di carbone rimanesse incastrato nelle fessure ostruendo il passaggio dell'aria. Il caricamento avveniva saltuariamente a mano attraverso uno o più portelli situati sul fronte della caldaia; il combustibile semibruciato veniva spinto verso il fondo della griglia, mentre altro carbone fresco veniva deposto sul muretto prossimo al portello (**piastra di distillazione**), dove aveva inizio la fase di combustione dei prodotti volatili in esso contenuti. Le ceneri e gli incombusti di pezzatura minuta precipitavano nella parte sottostante la griglia (detta perciò **cenerario**) attraverso gli interstizi di questa; quelli di dimensioni maggiori, spinti verso il fondo del focolare dalle successive immissioni di carbone, si riversavano oltre il muretto posteriore da dove venivano estratti saltuariamente dal fuochista. La portella del cenerario aveva anche la funzione di regolare l'immissione dell'aria per normalizzare la combustione.

Gli svantaggi di simili focolari a griglia fissa sono abbastanza evidenti:

- la combustione procede con scarsa regolarità, poiché il carbone appena immesso nel forno sviluppa dapprima grande quantità di composti volatili, poi inizia



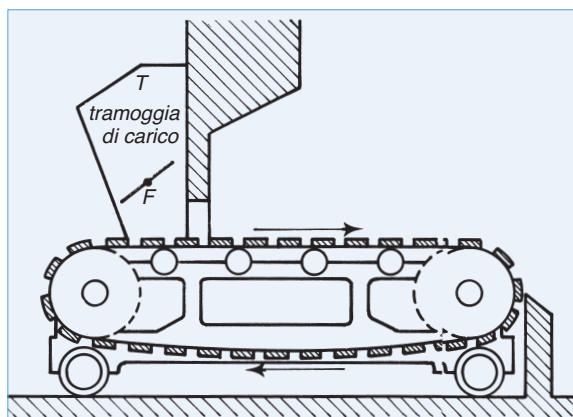
1 Griglia a barre



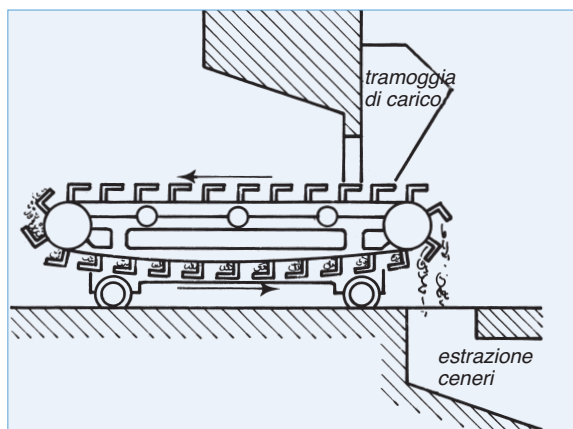
2 Posizione della griglia

la vera fase di combustione della parte solida che decresce gradualmente man mano che il combustibile si consuma;

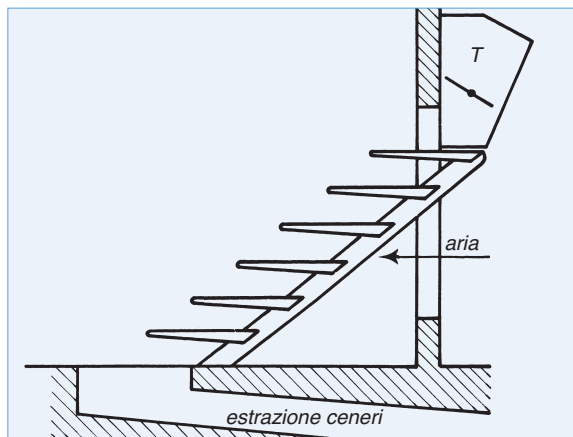
- il caricamento deve essere effettuato saltuariamente (ogni 20 ÷ 30 min) dall'operatore attraverso il portello superiore; ciò è causa di una brusca immissione di aria fredda che aggiunta alla carica di combustibile fresco produce una sensibile riduzione del grado di combustione;
- anche l'estrazione saltuaria delle ceneri e delle scorie provoca immissione di aria fresca con le conseguenze già esposte;



3 Griglia rotante a barre (schema)



4 Griglia rotante ad uncini (schema)



5 Griglia a gradini (schema)

- la necessità di limitare le dimensioni della griglia porta ad accrescere il numero dei focolari e degli addetti al caricamento;
- i depositi e le incrostazioni fra le varie sbarre della griglia riducono progressivamente la sezione di passaggio dell'aria richiedendo una continua opera di pulizia.

La necessità di ottenere una combustione più regolare, evitando il caricamento saltuario, portò ai focolari con griglia automatica, il cui impiego è tuttora molto diffuso negli impianti ove si usa combustibile solido. Il tipo a **griglia rotante** (FIGURA 3) è costituito da due tamburi (uno interno al focolare e l'altro esterno) sui quali si avvolge una griglia articolata composta da due catene e da varie sbarre il cui asse è parallelo a quello dei tamburi. Il tamburo esterno è azionato da un motorino (a bassa velocità) e comanda l'avanzamento della griglia in relazione al grado di combustione richiesto; è chiaro che la velocità di rotazione del tamburo deve essere tale da permettere la completa combustione del carbone disposto sulla griglia, prima che quest'ultima termini il percorso, scaricando le ceneri e gli incombusti oltre il muricciolo M.

L'alimentazione del combustibile è assicurata da una tramoggia (T) posta sul fronte della caldaia e regolata da una serranda a farfalla (F) in modo da lasciar cadere sulla parte anteriore della griglia la quantità necessaria di combustibile. L'aria — come nei forni a griglia fissa — viene insufflata dalla portella del cenerario oppure da opportune aperture laterali e attraverso le barre della griglia si insinua nel combustibile provocandone la combustione. Un altro tipo direttamente derivato dal precedente, adotta delle barre la cui sezione è conformata a « L » (FIGURA 4) in modo che nel compiere l'inversione del moto, ciascuna barra si comporti come un recipiente che accoglie gli incombusti riversati dalla barra precedente e li convoglia sul fronte della caldaia eliminando l'inconveniente della rimozione saltuaria delle ceneri da parte dell'operatore.

La **griglia a scalini** (FIGURA 5) non richiede una dettagliata spiegazione; è composta da tante piastre disposte in piani diversi (tipo gradini), e vibranti perché azio-

nati dall'esterno in modo che il combustibile sollecitato dalle vibrazioni, si sposti lentamente in avanti cadendo poi sul gradino sottostante. Nella **griglia a coclea** (FIGURA 6) l'alimentazione del carbone avviene dalla parte inferiore: una coclea lo preleva dalla tramoggia di carico e lo spinge innanzi costringendolo a innalzarsi fino a debordare lateralmente su due griglie inclinate. Su di esse avviene la combustione che dovrà in ogni caso essere completata mentre altro carbone perviene alla coclea spingendo gli incombusti oltre il bordo delle griglie nel cenerario. Le griglie mobili — di qualsiasi tipo esse siano — riducono sensibilmente i maggiori inconvenienti della griglia fissa, poiché danno luogo a una combustione più regolare e alleggeriscono l'improbabile lavoro del fuochista, fermi restando i principali svantaggi offerti dal combustibile solido e cioè:

- **scarsa elasticità di esercizio della caldaia;**
- **temperatura di combustione relativamente bassa.**

Per rendersi conto di quest'ultima affermazione, basta pensare che, se 1 kg di combustibile sviluppa, bruciando completamente, M_f kg di fumi e una quantità di calore q , indicando con c_{fm} il calore specifico medio dei fumi, deve essere soddisfatta la relazione:

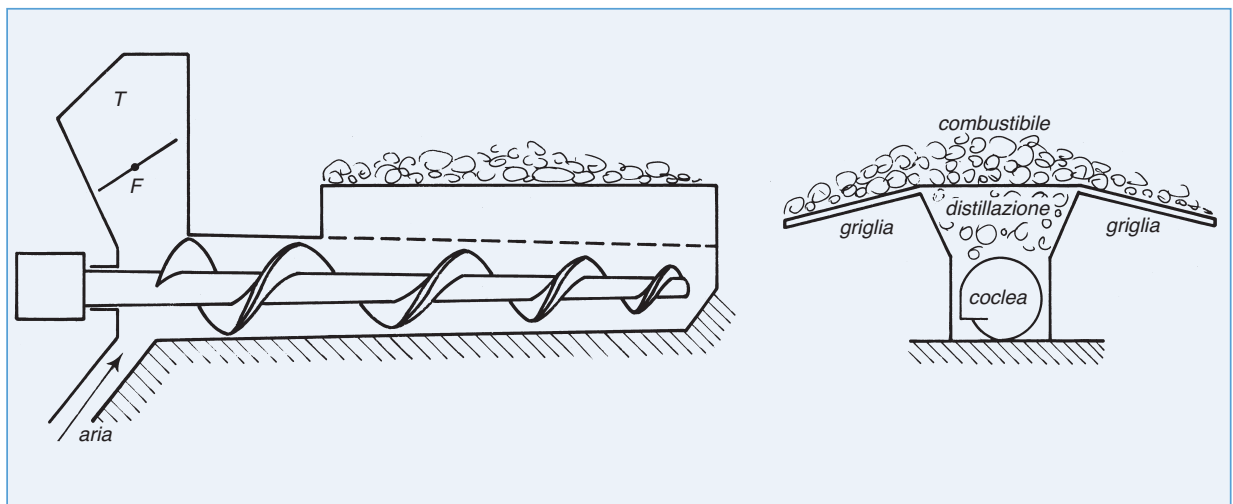
$$q = M_f \cdot c_{fm} \cdot (t_c - t_0) \quad (1)$$

poiché i fumi, ricevendo la quantità di calore suddetta, passano dalla temperatura ambiente t_0 a quella di combustione t_c .

Dalla (1) è facile ricavare il valore di t_c ;

$$t_c = t_0 + \frac{q}{M_f \cdot c_{fm}} \quad (2)$$

e quindi, essendo pressoché invariabile il valore della temperatura ambiente, t_c sarà tanto più alta quanto maggiore è il valore di q e quanto minore è M_f . Poiché q dipende dal potere calorifico inferiore, si prospetta evidente il primo svantaggio del combustibile solido che, nella migliore delle ipotesi, può fornire $29300 \div 33500$ kJ/kg contro i $37700 \div 41900$ di un combustibile liquido; inoltre ogni kg di carbone bruciato richiede una quantità di aria pratica $A_p = A_t \cdot (1 + e)$, dando origine a una massa dei fumi $M_f = A_t \cdot (1 + e) + 1$ dipendente dall'entità dell'eccesso di aria e che nel caso di un combustibile solido può giungere al 100% dell'aria teorica.



6 Griglia a coclea (schema)

A titolo di esempio, calcoliamo la temperatura di combustione entro un focolare in cui supponiamo di bruciare del carbone di tipo medio (litantrace secco); dalle tabelle si ricavano i seguenti valori:

- Potere calorifico inferiore $P_{ci} = 26\,600 \text{ kJ/kg}$
- Aria teorica $A_t = 9,1 \text{ kg/kg}$
- Eccesso d'aria $e = 80\%$
- Calore specifico medio dei fumi $c_{fm} = 1,05 \text{ kJ/kg } ^\circ\text{C}$

Ritenendo che dei 26 600 kJ disponibili, ne vadano dispersi il 20% per perdite varie, rimane:

$$q = 26\,600 - 5320 = 21\,280 \text{ kJ/kg}$$

la massa dei fumi è: $M_f = 9,1 \cdot (1 + 0,8) + 1 = 17,4 \text{ kg/kg}$

e supponendo una temperatura ambiente di 27°C , si ottiene:

$$t_c = 27 + \frac{21280}{1,05 \cdot 17,4} \cong 1193 \text{ } ^\circ\text{C}$$

mentre con l'impiego dei combustibili liquidi e polverizzati si ottengono temperature di combustione oscillanti fra $1200 \div 1500 \text{ } ^\circ\text{C}$.

A parziale vantaggio dei combustibili solidi essi presentano la possibilità di mantenere una certa temperatura entro la camera di combustione ricoprendo la massa di carbone acceso con uno strato di cenere senza interrompere del tutto il processo di combustione; questa particolarità si rivela utile negli impianti navali durante le brevi soste nei porti, poiché, coperti i fuochi, il personale è libero dal servizio, mentre le caldaie mantengono pressione e temperatura sufficienti per essere riportate in breve tempo a regime.

B. Focolari per combustibili liquidi

Negli impianti moderni si è ormai diffuso l'impiego dei combustibili liquidi, salvo quei pochi casi specifici nei quali la disponibilità di carbone nelle immediate vicinanze della centrale lo rende preferibile, per motivi economici, ad altri tipi di combustibile. I vantaggi offerti dai combustibili liquidi nei riguardi di quelli solidi sono molteplici:

- minimo valore dell'eccesso d'aria ($25 \div 35$);
- temperatura di combustione più elevata ($1200 \div 1300^\circ\text{C}$);
- maggior potere calorifico ($39\,800 \div 44\,000 \text{ kJ/kg}$);
- assenza di ceneri o scorie;
- assenza di fumi neri e polverino;
- maggiore elasticità di funzionamento della caldaia;
- facilità di trasporto e minor ingombro per i quantitativi di riserva;
- possibilità di realizzare la regolazione automatica dell'impianto.

Di contro, si possono considerare come svantaggi il costo superiore, la necessità di rifornirsi presso paesi esteri, e l'impossibilità di eliminare la sorveglianza nel caso di brevi interruzioni. Il focolare — che, con una terminologia più appropriata, definiremo adesso **camera di combustione** — si riduce a un ambiente chiuso, rivestito internamente di materiale refrattario, entro cui avviene l'intima mescolanza fra il combustibile iniettato (in genere si tratta di nafta pesante) e l'aria comburente; le dimensioni della camera devono essere tali che i tubi contenenti l'acqua (e anche le pareti) non vengano investiti dalla viva fiamma ma solamente lambiti dai prodotti della combustione. La nafta è un liquido piuttosto denso e viscoso con un punto di infiammabilità intorno ai 120°C ; perché avvenga la combustione,

occorre preriscaldarla fino a $80^\circ \div 100^\circ\text{C}$ e ridurla in goccioline minutissime per aumentare la superficie di contatto con l'aria comburente. Quest'ultimo processo (**polverizzazione**) avviene nell'istante in cui la nafta viene immessa nella camera di combustione attraverso un opportuno organo meccanico (**polverizzatore** o **bruciatore**).

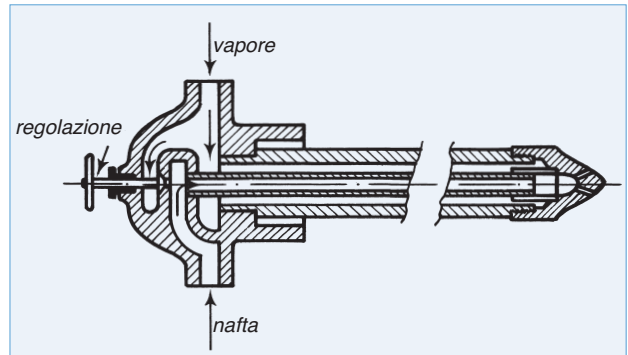
La polverizzazione del combustibile può essere ottenuta con tre sistemi diversi:

- con getto di vapore in pressione;
- con getto di aria compressa;
- con una forte pressione esercitata da una pompa.

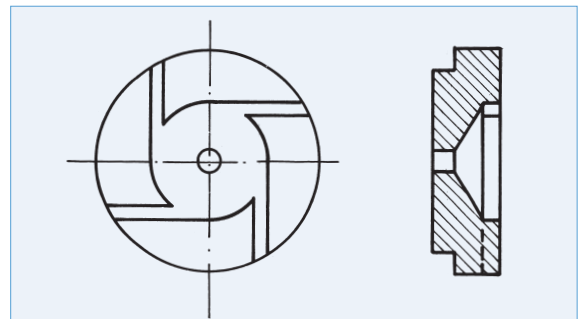
La polverizzazione con getto di vapore viene realizzata dotando il focolare di uno o più bruciatori il cui schema è rappresentato in FIGURA 7; essi sono provvisti di due condotti, attraverso i quali pervengono separatamente il vapore e la nafta, spinta quest'ultima, a bassa pressione, da una piccola pompa. Il vapore, effluendo ad alta velocità, colpisce il liquido e lo disperde in minutissime goccioline nell'interno della camera di combustione; l'aria viene insufflata intorno al bruciatore in modo da investire il getto polverizzato, mescolandosi con il combustibile. Con i bruciatori ad aria compressa, il cui principio di funzionamento è analogo ai precedenti, si ottiene una temperatura più alta nella camera di combustione e un maggior rendimento dell'impianto.

Attualmente il sistema di polverizzazione meccanica è il più diffuso: sottoponendo la nafta, preriscaldata e filtrata, a una pressione variabile fra 15 e 25 bar, e facendola effluire attraverso un piccolo foro praticato in una piastrina (FIGURA 8) che chiude l'estremità del bruciatore, essa si polverizza, per effetto del salto di pressione cui è soggetta. Il getto polverizzato assume una caratteristica sagoma conica in cui le particelle seguono traiettorie pressoché elicoidali in virtù del moto di rotazione a esse conferito dalle incisioni praticate nella piastrina tangenzialmente al foro di efflusso. Un bruciatore di questo tipo è schematizzato in FIGURA 9; il grado di combustione della caldaia può variare con continuità aumentando la pressione della pompa che comprime il combustibile (pompa di spinta) oppure, per variazioni notevoli di carico, sostituendo la piastrina con altra avente il foro di diametro maggiore.

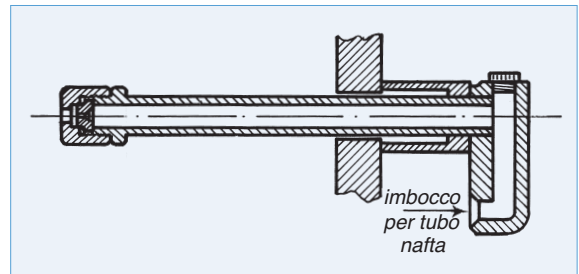
L'aria viene immessa intorno al bruciatore (FIGURA 10), converge verso il centro, e attraversando il diffusore avvolge il cono di combustibile polverizzato conseguendo le migliori condizioni per una buona combustione. In altri tipi di bruciatori l'efflusso elicoidale delle particelle di liquido viene ottenuto inserendo



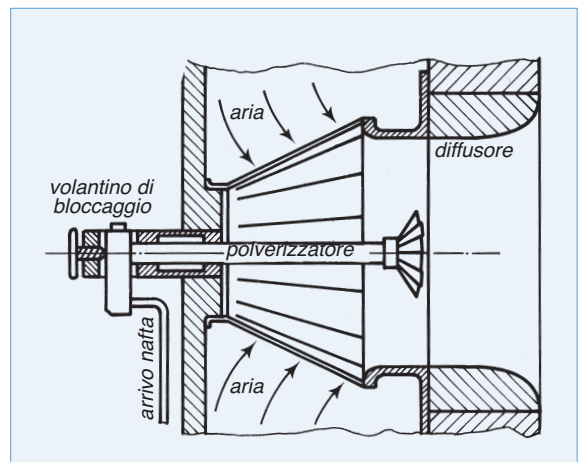
7 Polverizzatore con getto di vapore (schema)



8 Piastrina di chiusura per polverizzatore

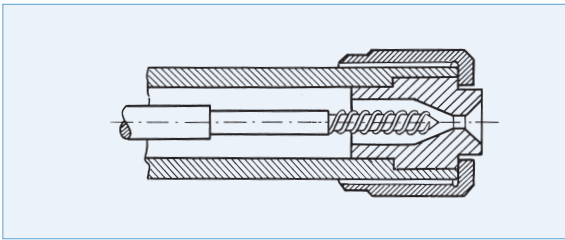


9 Polverizzatore meccanico



10 Apparecchiatura di combustione (schema).

entro l'apparecchio (FIGURA 11) un alberino che porta all'estremità una larga filettatura sul tipo di una coclea, in modo da obbligare il liquido a intraprendere un moto di rotazione sempre più ristretto fino al foro di efflusso; le operazioni di smontaggio e di pulizia, risultano però più complesse tanto da far preferire il polverizzatore a tubo cilindrico.



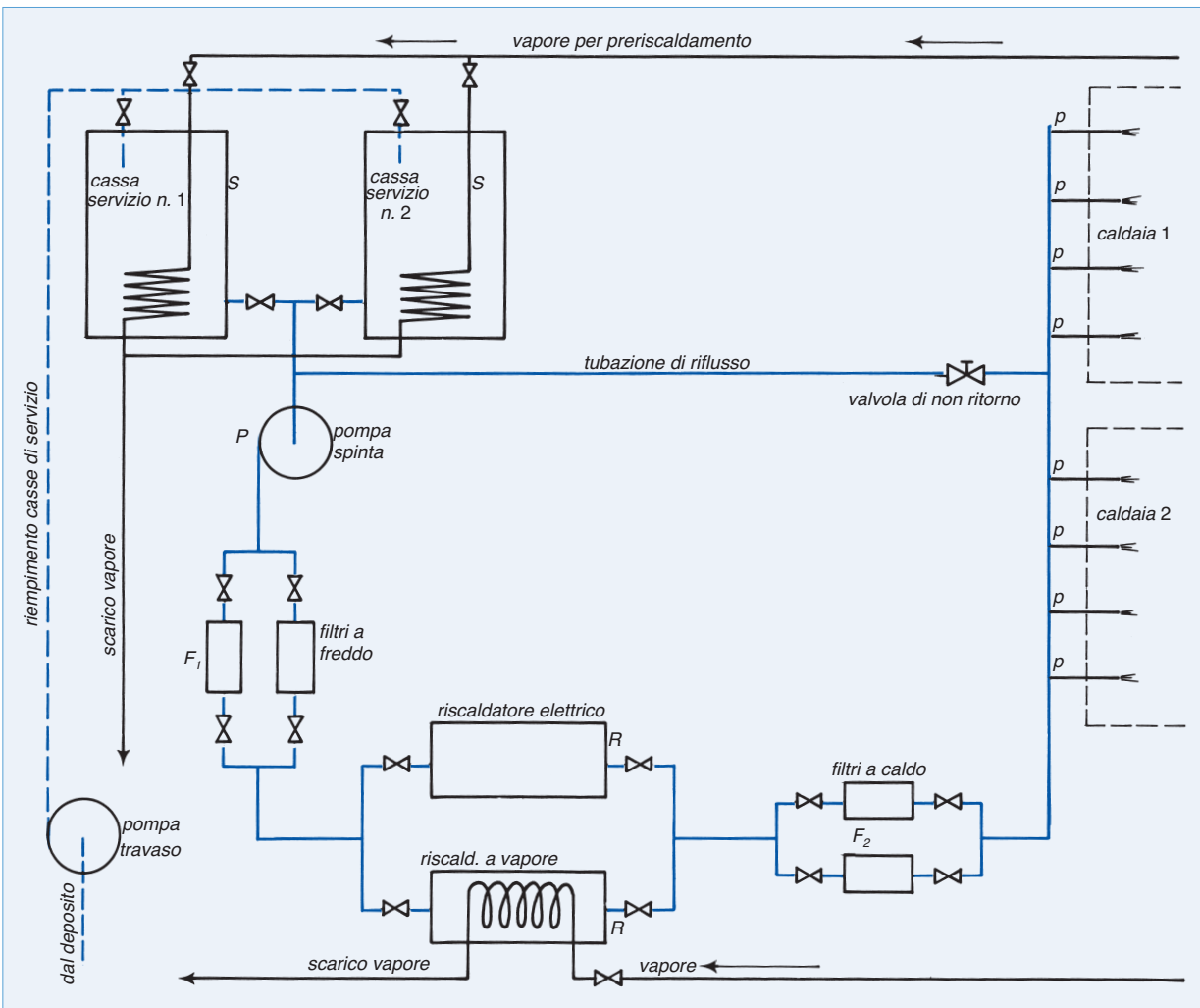
11 Polverizzatore a flusso elicoidale (schema)

Il sistema di polverizzazione meccanica è ormai quasi universalmente adottato nei grandi impianti, sia per la facilità di avviamento e di regolazione, sia per la possibilità di ottenere una combustione completamente automatizzata. L'argomento, pur di sommo interesse, non è però conforme ai fini del presente testo; ci limiteremo a rappresentare in FIGURA 12 uno schema dell'impianto di

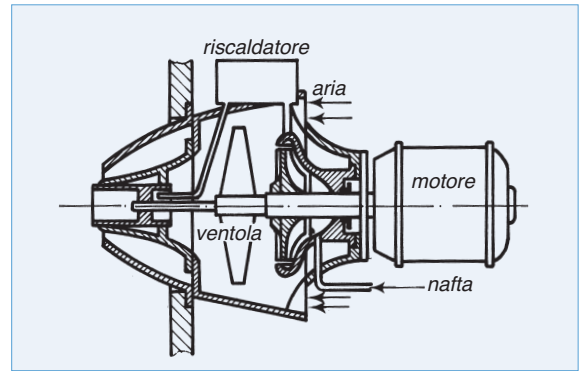
polverizzazione descritto: dal serbatoio di servizio (S), una pompa (P) preleva la nafta e la invia a un filtro F_1 (filtro a freddo) per una prima depurazione; in seguito il combustibile attraversa il preriscaldatore R (a vapore o elettrico) poi incontra una seconda batteria di filtri F_2 (filtri a caldo) che lo privano delle residue impurità, prima di inviarlo ai polverizzatori (p).

La portata della pompa deve essere ovviamente prevista per il massimo consumo di combustibile; ne consegue che, in regime normale, essa fornirà una quantità di nafta superiore a quella richiesta. È necessaria pertanto una tubazione di rifluso-

12 Impianto di spinta per combustibile liquido



so (t), dotata di una valvola di non ritorno, che riconduce l'eccesso di combustibile sull'aspirazione della pompa. Le casse di servizio sono in genere due, predisposte allo scopo di permettere in una di esse la decantazione dell'eventuale acqua contenuta nel combustibile mentre l'altra serve la pompa; giornalmente si invertono le casse per il ripristino della nafta consumata. Nei piccoli impianti, (caldaie per riscaldamento, per piccole industrie ecc.) si adottano sovente dei bruciatori centrifughi che permettono di conglobare in un'unica apparecchiatura tutto l'impianto descritto in precedenza. Lo schema relativo è illustrato in FIGURA 13 e non richiede ulteriori spiegazioni.



13 Polverizzatore centrifugo (schema)

C. Focolari per combustibili polverizzati

Abbiamo già visto quanto incida l'eccesso di aria e sulla temperatura di combustione e indirettamente sull'economia dell'impianto, fino al punto di limitare l'impiego dei combustibili solidi a pochi casi particolari; se però lo stesso combustibile viene frantumato in particelle minutissime, scompare uno dei suoi principali inconvenienti, essendo sufficiente per la sua combustione un eccesso d'aria modestissimo (o quasi nullo) sul valore teorico.

Per rendersi conto di tale differenza sostanziale, è sufficiente ricordare che la reazione di ossidazione è tanto più facile quanto maggiore è la superficie di contatto fra l'elemento combustibile e l'ossigeno dell'aria; riducendo il carbone in minutissima polvere, la superficie totale aumenta al punto da permettere una combustione pressoché perfetta con un minimo valore di e .

Consideriamo infatti un corpo qualsiasi — che per semplicità di calcolo supporremo di forma sferica di raggio R — e suddividiamolo in un numero grandissimo n di piccole sferette di raggio r . Il volume iniziale del corpo è:

$$V_1 = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot R^3,$$

quello di ogni singola sferetta:

$$V_2 = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r^3$$

e non essendo variato il volume totale, deve essere:

$$\frac{4}{3} \cdot \pi \cdot R^3 = n \cdot \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r^3$$

dalla quale, semplificando: $R^3 = n \cdot r^3$; si può dedurre che il rapporto fra i due raggi, ha il valore:

$$\frac{r}{R} = \frac{1}{\sqrt[3]{n}} \quad (3)$$

È facile adesso valutare l'aumento di superficie ottenuto con il processo di polverizzazione; la superficie della sfera iniziale è: $S_1 = 4 \cdot \pi \cdot R^2$, quella di una sferetta: $S_2 = 4 \cdot \pi \cdot r^2$ e, di conseguenza, quella totale: $S = n \cdot 4 \cdot \pi \cdot r^2$

per cui, l'aumento percentuale della superficie di scambio vale:

$$\begin{aligned} \frac{S - S_1}{S_1} &= \frac{n \cdot 4 \cdot \pi \cdot r^2 - 4 \cdot \pi \cdot R^2}{4 \cdot \pi \cdot R^2} = \\ &= \frac{n \cdot r^2}{R^2} - 1 = n \cdot \left(\frac{r}{R}\right)^2 - 1 \end{aligned}$$

ovvero, ricordando la (3):

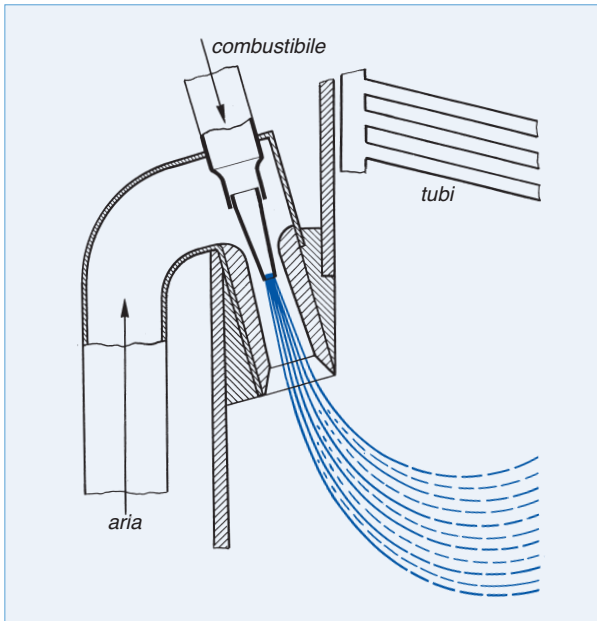
$$\frac{S - S_1}{S_1} = n \cdot \left(\frac{1}{\sqrt[3]{n}}\right)^2 - 1 = \sqrt[3]{n} - 1$$

Suddividendo perciò il pezzo in 1000 piccoli elementi, essendo:

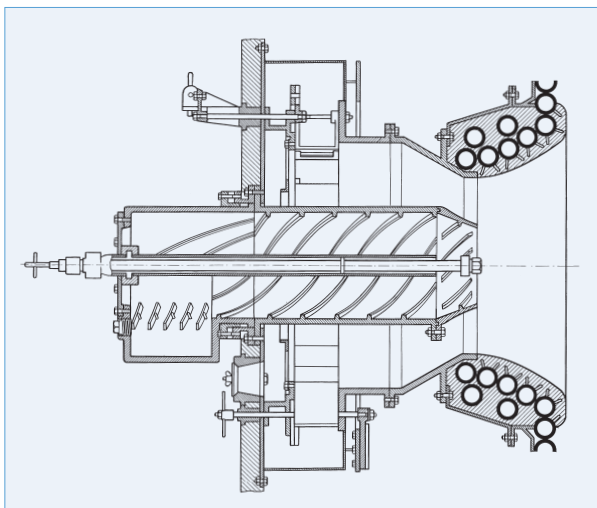
$$\sqrt[3]{1000} - 1 = 10 - 1 = 9$$

si ottiene un aumento della superficie di scambio del 900%.

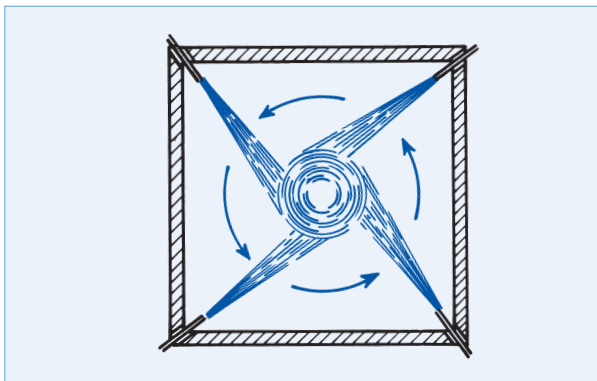
Si può quindi affermare che i combustibili polverizzati godono degli stessi vantaggi illustrati per quelli liquidi e offrono inoltre la possibilità di usufruire di carboni



14 Bruciatore a fiamma rovesciata (schema)



15 Bruciatore a turbolenza



16 Camera di combustione per combustibili polverizzati

scadenti eliminandone le scorie e la percentuale di umidità presente. A parziale svantaggio si può citare il costo d'installazione dell'impianto e l'energia necessaria per il processo di polverizzazione e di essiccazione del prodotto; un altro fattore negativo è costituito dall'eventuale sviluppo di incendi, cosa che non può verificarsi con i combustibili liquidi. Il polverino viene miscelato con una piccola parte di aria (aria primaria) insufficiente per la combustione, convogliato al bruciatore all'uscita del quale viene investito da un secondo flusso di aria (aria secondaria) preventivamente riscaldata in modo da ridurre l'umidità della miscela e facilitare l'ignizione. Condizione necessaria per una buona combustione è che nell'interno della camera si crei un moto vorticoso per un efficace rimescolamento della miscela. I bruciatori per carbone polverizzato si suddividono perciò in due tipi fondamentali:

- bruciatori a lunga fiamma;
- bruciatori a turbolenza.

I primi sono generalmente disposti verticalmente e rivolti verso il basso, in modo che la fiamma si ripieghi verso l'alto irraggiando tutte le pareti della camera di combustione (FIGURA 14); le dimensioni di quest'ultima dovranno essere tali da consentire lo sviluppo completo della fiamma senza che questa tocchi le pareti stesse.

Se il polverino contiene ceneri o scorie, queste fondono e si depositano sulle pareti dando origine a incrostazioni durissime; per evitare tale inconveniente, si predispongono una serie di tubi percorsi internamente da acqua (schermi d'acqua) che affrettano il processo di solidificazione delle scorie impedendone l'aderenza alle pareti. Nei bruciatori a turbolenza il polverino, mescolato con l'aria primaria, assume un moto elicoidale che costringe la miscela a disperdersi secondo un getto conico all'uscita dall'apparecchio (FIGURA 15) ove viene a contatto con il getto di aria secondaria. Questi bruciatori vengono installati in più punti della caldaia in modo che i loro getti, incontrandosi esaltino la turbolenza entro la camera di combustione (FIGURA 16) e talvolta posti su un supporto mobile in modo da poter variare la loro inclinazione sull'orizzontale a volontà dell'operatore.

D. Focolari per combustibili gassosi

I combustibili gassosi presentano gli stessi vantaggi di quelli liquidi e di quelli polverizzati, potendosi, con il loro impiego, ridurre al minimo l'eccesso d'aria e asservire la produzione della caldaia a un sistema di regolazione automatica; nei confronti del polverino si manifesta un ulteriore fattore positivo

non essendo necessaria la complessa installazione delle apparecchiature di frantumazione ed essiccamento nelle immediate vicinanze della centrale termica. Fra i combustibili gassosi, il più diffuso è senz'altro il metano naturale, che viene convogliato nelle località di utilizzazione mediante opportune tubazioni (metanodotti) o, per piccole quantità, entro bombole metalliche; nell'uno e nell'altro caso, il combustibile è sottoposto a una pressione di $40 \div 50$ bar per cui è necessario provvedere dapprima a ridurre la sua pressione fino a valori compresi fra $3 \div 5$ bar, per la rete di distribuzione interna, suscettibile poi di ulteriore riduzione prima di avviarlo ai bruciatori. Frequente è pure l'impiego di combustibili gassosi ottenuti mediante distillazione e gassificazione di combustibili solidi di scarso pregio; vengono così eliminate ceneri, scorie e umidità ottenendo un prodotto discretamente puro e atto a produrre alte temperature di combustione. Per quanto concerne i bruciatori, si può per essi ripetere quanto già esposto per quelli adibiti all'impiego del polverino; ne esistono infatti due tipi principali:

- bruciatori con premiscelazione;
- bruciatori senza premiscelazione.

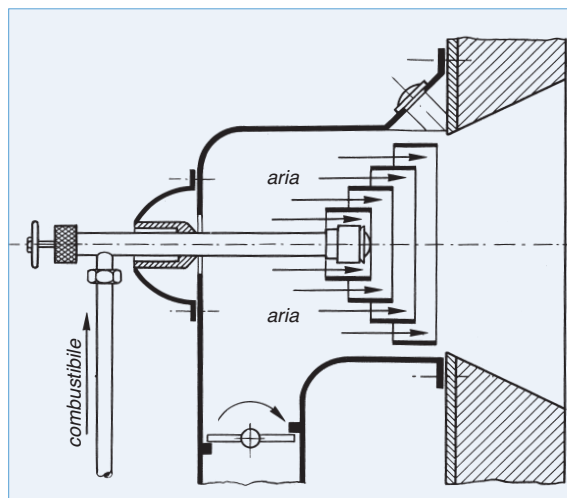
Lo schema di un bruciatore del primo tipo è illustrato in FIGURA 17; l'aria e il combustibile provenienti da due condutture diverse si mescolano entro il corpo centrale del bruciatore e la miscela effluisce dall'estremità accendendosi entro il cono diffusore in materiale refrattario che circonda l'ugello.

Nel bruciatore di FIGURA 18 l'aria investe il getto di gas dopo che questo è uscito dall'apparecchio; una serie di corone metalliche disposte intorno alla bocca di efflusso del bruciatore servono a frazionare il getto di aria permettendo una buona miscelazione fra i due gas.

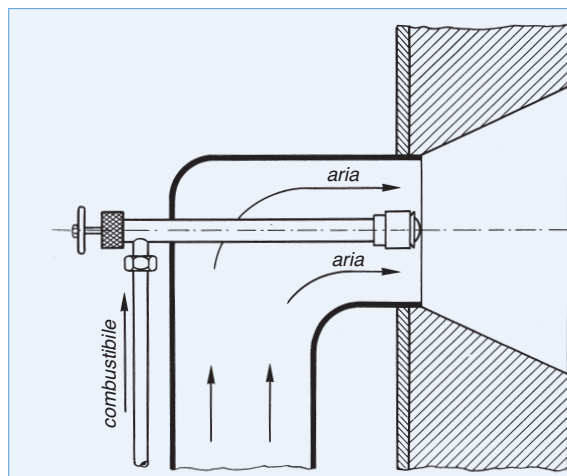
Caratteristica è la disposizione di FIGURA 19 nella quale è schematizzato un bruciatore per metano di forma anulare al centro del quale è possibile piazzare un comune polverizzatore funzionante a nafta ottenendo una combustione mista regolabile a volontà da parte dell'operatore; il principio è sufficientemente chiaro da non richiedere ulteriori spiegazioni.

Sottolineiamo che con la combustione gassosa si conseguono altissimi valori della temperatura di combustione sia perché è minimo l'eccesso di aria richiesto dal combustibile, sia perché gas e aria comburente si prestano egregiamente a subire un forte preriscaldamento iniziale.

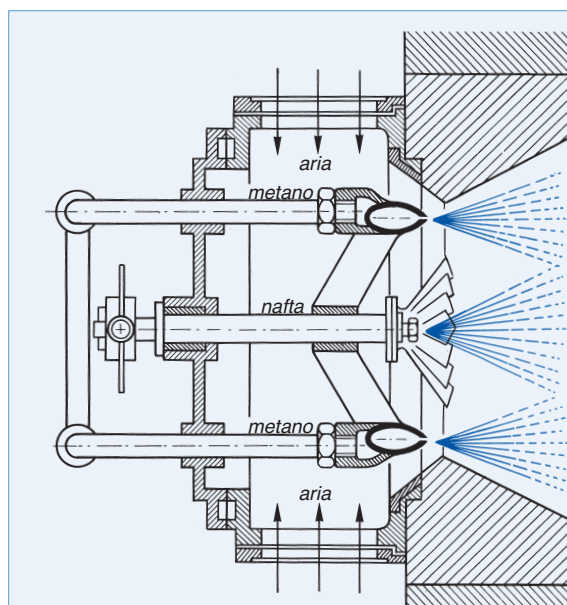
L'alta temperatura di combustione da un lato costituisce un vantaggio poiché consente un miglior sfruttamento del calore prodotto e perciò un maggior rendimento del generatore, ma da un altro punto di vista può



17 Schema di bruciatore a premiscelazione



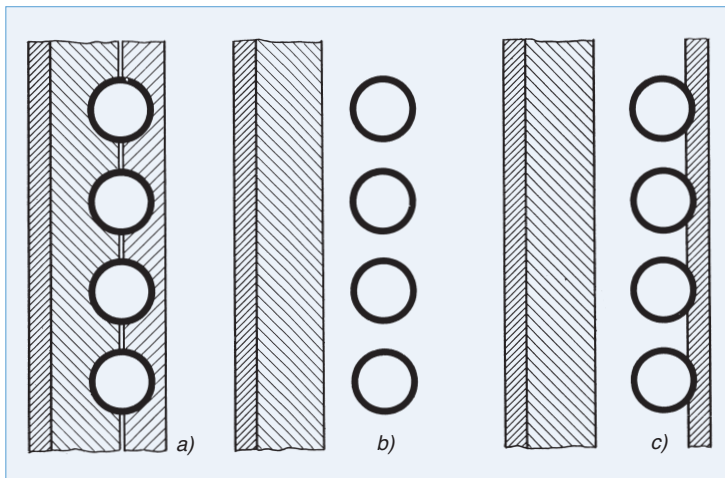
18 Schema di bruciatore senza premiscelazione



19 Bruciatore per combustione mista nafta-metano

avere influenza negativa sulla durata delle pareti interne che, pur essendo costituite in materiale refrattario, si deteriorano rapidamente a contatto con i fumi caldissimi. In questi casi si predispone un'adeguata schermatura delle pareti interne sistemando a protezione di esse una serie di tubi molto vicini fra loro e percorsi internamente dall'acqua della caldaia; questi complessi di tubi vengono generalmente denominati **schermi d'acqua** e, oltre a impedire che il refrattario sia soggetto a forti sollecitazioni termiche, costituiscono un ulteriore fattore positivo per il rendimento della caldaia in quanto il calore da essi assorbito viene trasmesso al fluido da vaporizzare. Per quanto concerne la disposizione degli schermi d'acqua, si prospettano diverse possibilità:

A. tubi annegati entro il refrattario che riveste le pareti; il sistema è molto economico ma non offre la massima protezione del materiale di rivestimento (FIGURA 20a);

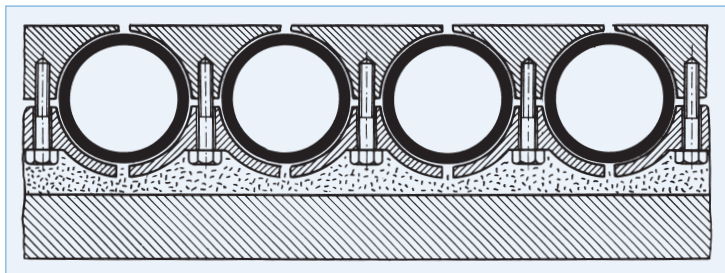


20 Installazioni diverse degli schermi d'acqua

B. tubi posti davanti le pareti; buona la protezione ed efficace il recupero del calore (FIGURA 20 b);

C. tubi appoggiati a una piastra in ghisa; costituisce la migliore soluzione per l'alto effetto schermante e per il miglioramento dell'irraggiamento interno (FIGURA 20c);

D. sistemi più complessi, quali le **pareti Bayley** (FIGURA 21) che offrono i migliori risultati pur avendo un costo sensibilmente elevato.



21 Pareti Bayley per schermatura della camera di combustione