COSTRUZIONI AEROMECCANICHE

GRITTI

http://www.aegritti.it

DESCRIZIONE PRINCIPALI TECNICHE

DI TRATTAMENTO DEI FUMI

DEPURATORI

Le principali categorie di depuratori, sono:

a) Camere di calma,
b) Depolveratori a ciclone,
c) Depolveratori a multicicloni,
d) Filtri a tessuto per basse temperature,
e) Filtri a tessuto per alte temperature,
f) Scrubber H_2O,
g) Scrubber a reazione chimica,
h) Colonne a riempimento,
i) Coni Venturi a gola regolabile,
j) Colonne a carboni attivi,
k) Combustori,
l) Impianti di desolforazione con recupero del prodotto,
m) Precipitatori elettrostatici,
n) Impianti di abbattimento per condensazione con eventuale recupero del calore del prodotto,
o) Filtri a candele,

Non esiste il "sistema migliore o peggiore", per ogni specifico problema ciascun sistema può o meno essere idoneo e determinare il successo o l'insuccesso. Per "successo" si intende il rispetto delle vigenti norme di legge e delle più recenti limitazioni imposte dai CRIA regionali(Comitati Regionali contro gli Inquinamenti Atmosferici).

Si deve tenere presente che cambiamenti del ciclo produttivo il più delle volte causano una variazione dei parametri di progettazione del depuratore, imponendo un serio lavoro di modifica ed aggiornamento impiantistico.

Prima di scegliere un depuratore, è necessario consultarsi con un professionista specializzato e far effettuare accurate analisi chimico – fisiche delle emissioni, in modo da evitare l'acquisto di impianti inefficienti, impropri o surdimensionati e, quindi più costosi del necessario.

Una scelta appropriata del depuratore è sufficiente per ripagare l'azienda del costo della consulenza e delle analisi

CAMERE DI CALMA

Le camere di calma costituiscono la forma più elementare di filtrazione. Esse sfruttano essenzialmente la forza di gravità e l'inerzia che agiscono sulle polveri trascinate da un flusso gassoso.

Infatti le polveri tendono, ovviamente, a cedere per gravità e, soprattutto, tendono a procedere rettilinearmente di fronte ad un a brusca variazione di direzione.

Normalmente, quindi le camere di calma sono costituite da vani relativamente ampi, parallelepipedi, con la direzione di entrata dei fumi normale a quella di uscita, in modo da sfruttare l'impatto inerziale.La velocità dei fumi viene mantenuta bassa, in modo da facilitare la decantazione delle polveri e limitare il più possibile il ritrascinamento. Perciò la sezione di passaggio è piuttosto grande rispetto alla tubazione d'entrata. Ricordiamo che la velocità è data dalla portata divisa per la sezione :

$$V = \frac{Q}{S}$$

Pertanto la velocità è direttamente proporzionale alla portata ed inversamente proporzionale alla sezione.

Ecco perché nelle camere di calma si incrementa la sezione: per diminuire la velocità, i cui valori non dovrebbero superare, per un discreta resa , i 3 m/s .

L'efficienza delle camere di calma dipende quindi dalla loro sezione e dalla granulometria delle polveri che, per essere trattenute per decantazione, devono avere dimensioni grossolane, nell'ordine di almeno qualche decimillimetro.

E' uso comune adottare le camere di calma come pre-filtri, ossia per diminuire la concentrazione delle polveri nei fumi prima di immetterli nell'impianto di depurazione vero e proprio.

DEPOLVERATORI A CICLONE

Il principio su sui si basa il funzionamento di un ciclone è il seguente.

Trasformando il moto rettilineo del gas in moto vorticoso all'interno di un cilindo ad asse verticale le particelle di polvere si portano verso le pareti interne del cilindro, con flusso elicoidale rivolto verso il basso per azione della forza centrifuga e della gravità (fig.8)

Il ciclone è costituito da un involucro cilindrico (chiamato "corpo") ,da un tronco ci cono inferiore con la circonferenza minore in basso atto ad accelerare le polveri che scendono dall'involucro,da una presa dei fumi tangenziale alla parte superiore dell'involucro,da un sistema di raccolta delle polveri posto allo sbocco del cono tronco,dal cilindro d'uscita del flusso aeriforme depolverato (fig.9).

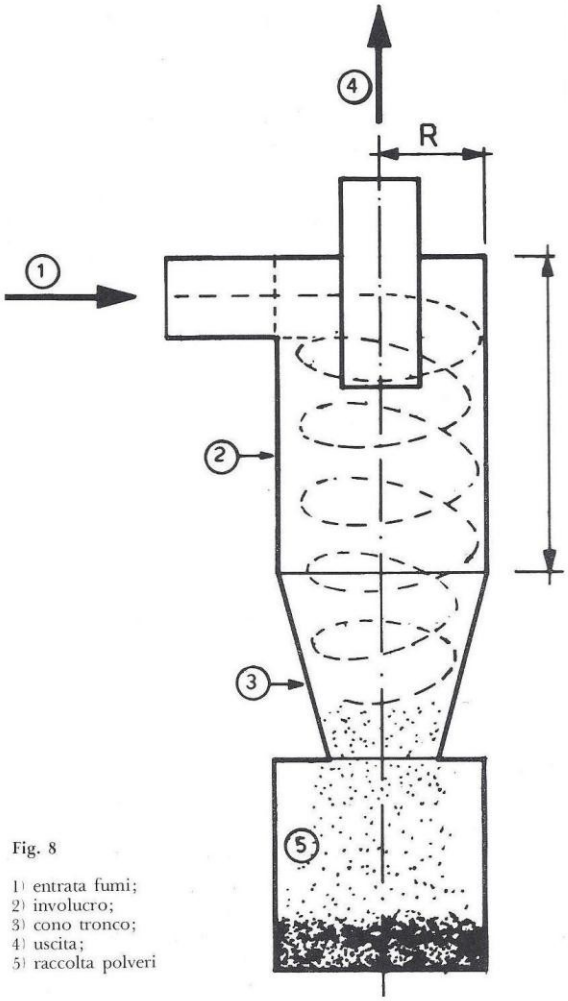


Fig. 8

1) entrata fumi;
2) involucro;
3) cono tronco;
4) uscita;
5) raccolta polveri

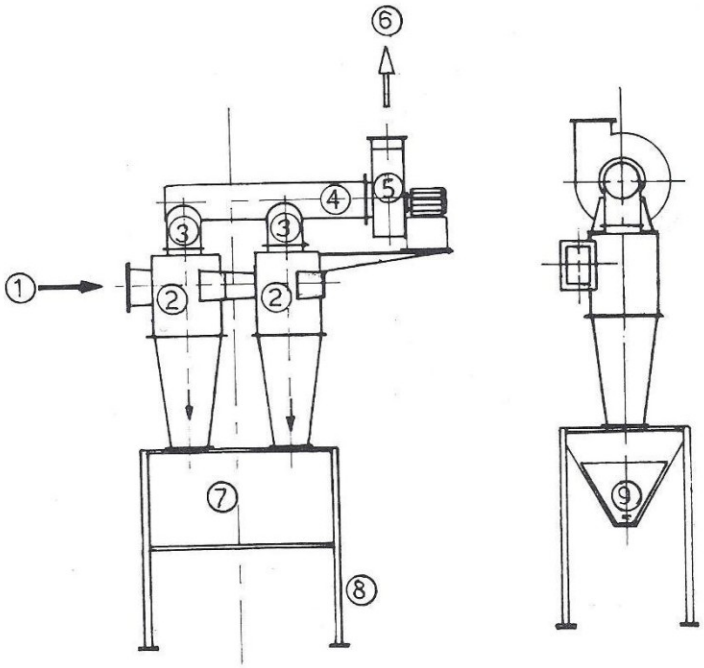


Fig. 9 - Cicloni con sistema di scarico delle polveri

1) tubazione di ingresso fumi; 2) cicloni; 3) tubazioni in uscita dai cicloni; 4) tubazione generale di scarico; 5) ventilatore di aspirazione; 6) zona camino; 7) tramoggia di raccolta polveri; 8) putrelle di sostegno filtro; 9) portello per evacuazione polveri

L'efficienza del ciclone dipende molto dalle caratteristiche delle polveri da abbattere e, naturalmente, dalla progettazione.

Nel dimensionamento si tenda ad elevare il rapporto tra altezza e raggio dell'involucro, per dare una forma il più possibile allungata al corpo cilindrico.

L'efficienza di un ciclone è molto elevata per particelle di granulometria superiore a 20 µ m e massa superiore a 2 Kg/dm^3

Per valori granulometrici e di densità minori l'efficienza di depolverazione tende a decrescere.

Depolveratori a multicicloni

I depolvera tori a multi cicloni (fig.10) sono costituiti normalmente da un sistema di due file parallele di cicloni in linea. Ognuno è del tipo alto per una maggiore efficienza, come si è detto sopra.

Uno dei problemi principali è la perequazione delle velocità nei vari cicloni, ossia la corretta distribuzione dei fumi ciclone per ciclone.

Per ottenere ciò si inseriscono nei collettori di adduzione dei deflettori di lunghezza e inclinazione funzioni della posizione del ciclone. I multi cicloni più sofisticati sono dotati di deflettori parziali regolabili, data l'imprevedibilità, sul piano pratico, dei filtri fluidodinamici.

I fumi che escono dall'alto di ogni ciclone, vengono raccolti in un collettore superiore.

Le perdite di carico

Nei multi cicloni si comincia ad introdurre la problematica delle perdite di carico ossia della resistenza che i fumi incontrano per attraversare il circuito di emissione.

Infatti i depuratori in sé sono delle resistenze fluidodinamiche. Mentre, però, per le camere di calma e i cicloni le perdite di carico si esprimono in pochi mm di colonna d'acqua (e pertanto possono, di solito, essere considerate irrilevanti agli effetti del tiraggio), nei multi cicloni assumono valori rilevanti, nell'ordine delle centinaia di mm. colonna d'acqua.

Pertanto è necessario, di volta in volta, valutare l'andamento dell'efficienza in funzione della perdita di carico; a parità di efficienza è bene scegliere impianti con minor perdite di carico, perché queste si traducono in consumo di corrente.

Secondo un'equazione ricavata sulla base della nostra esperienza, il consumo di corrente nel ventilatore di un depuratore di fumo si calcola con la formula:

$$\frac{\text{portata } (m^3/h) \cdot \text{perdite di carico } (mm\ H_2O)}{10^5}$$

dove HP è la potenza del motore del ventilatore. Tale formula, molto diversa da quelle teoriche, tiene conto di tutti i parametri specifici dei depuratori e che sarebbe qui troppo lungo elencare. Facendo un esempio se si devono erogare 100.000 m^3/h con una perdita di carico di 100 mm., si dovrà applicare al ventilatore con un motore da 100 Hp.

L'efficienza di un depolveratore a multicicloni è direttamente proporzionale alla perdita di carico la quale è inversamente proporzionale al rapporto tra il raggio e l'altezza dell'involucro dell'elemento ciclonico.

Con i depolvera tori a multi cicloni si possono ottenere efficienze buone (fino al 98%) per polveri granulometria superiore ai 15 µ m e densità superiore a 5 Kg/dm^3 , con perdite di carico di circa 150 ÷ 200 mm. H_2O.

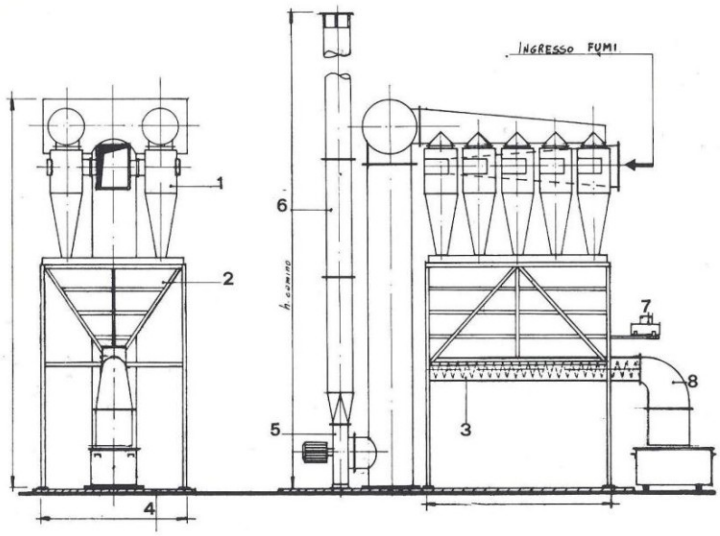


fig.10

1.ciclone 2.tramoggia di raccolta 3.coclea 4.basamento in calcestruzzo 5.ventilatore centrifugo 6.camino di scarico 7.motoriduttore 8.sistema di scarico polveri

FILTRI A TESSUTO

I filtri a tessuto (fig.11) basano il loro funzionamento sul principio elementare in base a cui un fluido convettore di polveri che attraversa un tessuto vi deposita le polveri con granulometria maggiore delle maglie.

In effetti, nei depolvera tori a tessuto industriali l'effetto di filtrazione spesso non è ottenuto soltanto dal tessuto – o più comunemente dal feltro – ma anche, se non soprattutto, dal film di polvere fermatosi che offre un'efficienza molto superiore a quella che si ottiene a tessuto – o feltro- pulito.

I meccanismi in base a cui la particella di polvere viene trattenuta sono piuttosto complessi, a parte l'effetto "setaccio" che il filtro esercita sulle particelle più grossolane.

L'esperienza ha dimostrato che con tessuti aventi necessariamente maglie di qualche decina di micron è possibile filtrare anche polveri di granulometria inferiore ai 5 µ m con efficienza fino al 99,9% e perdite di carico nell'ordine di 100÷200 mm H_2O.

L'efficienza del filtro a tessuto è inversamente proporzionale al "carico specifico".
Il "carico specifico" (C.S.) in un filtro a tessuto è dato dalla quantità di polveri che nell'unità di tempo, attraversa l'unità di superficie.

Per convenzione lo si esprime in : $m^3 \cdot min^{-1} \cdot min^{-2}$

Facciamo un esempio : se in un minuto primo 1 m^2 di tessuto è attraversato da 1 m3 di fumo, avremo:

C.S. = $1\ m^3 \cdot min^{-1} \cdot m^{-2} = 1$

Per ottenere elevate efficienze è opportuno che il C.S. abbia valori inferiori a 2.

I filtri a tessuto possono essere variamente strutturali, ma il tipo comune è il "filtro a maniche " . Esso è costituito da una robusta cassaforma in acciaio di forte spessore (5÷6 mm.) rinforzato con un chassis di putrelle.

Esso si divide in tre zone:

zona di filtraggio , dove i fumi, lambendo dall'esterno le maniche, sono costretti ad attraversare il tessuto e depositarvi le particelle

zona superiore p di evacuazione , dove i fumi vengono avviati al camino dopo essere stati aspirati dall'alto delle maniche

zona inferiore o tramoggia di raccolta, dove le polveri vengono precipitate dai getti di aria compressa che, periodicamente e con ritmo pulsante, vengono soffiati a velocità supersonica in controcorrente.

L'impianto è di solito completato da:

- Serbatoio di aria compressa
- Strumentazione per comando elettronico dell'aria compressa,
- Maniche filtranti con cesti di sostegno e coni venturi superiori,
- Smontaggio delle maniche dal lato gas depurato (tetto),
- Tramoggia di raccolta della polvere
- Raccordo con contro-flangia per entrata gas
- Raccordo con contro-flangia per uscita gas
- Apparecchio di comando elettronico per la depurazione continua delle maniche filtranti con regolazione continua dei tempi d'impulso a tempi ciclici.

- Unità di produzione dell'aria compressa
- Verniciatura con speciali vernici anticorrosive.

I tessuti usati normalmente fibre sintetiche tipo poliesteri, più rara è l'applicazione di fibre naturali, come cotone ecc.

Le temperature di esercizio massime ammesse sono normalmente di circa 140°C, ma con tessuti particolari o feltri sintetici, come il tetrafluoruro di etilene (il noto Teflon di Dupont), è possibile arrivare a temperature di esercizio di 280°C.

A parte la temperatura, occorre inoltre che nei fumi non vi sia la possibilità di trascinamento di scintille o corpi roventi che possano innescare l'ignizione a contatto con il tessuto, per evitare l'incendio della struttura interna del filtro. Per filtrare fumi caldi con questi tessuti è necessario installare a monte del depuratore uno scambiatore termico (eventualmente con recupero di calore) per raffreddare i fumi in entrata nel filtro.

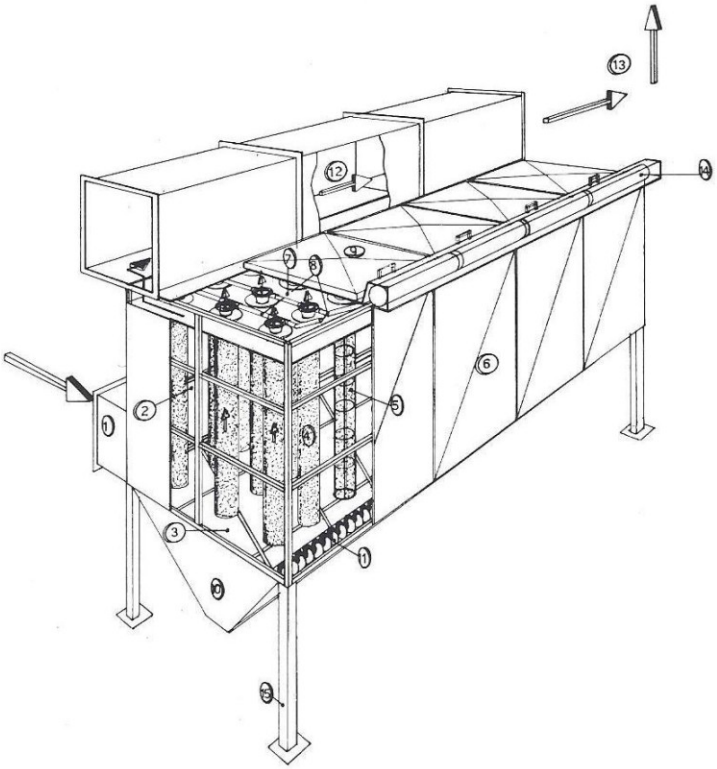


Fig. 11 - Filtro a maniche

1) tubazione ingresso fumi da depurare; 2) zona di filtraggio; 3) zona inferiore o di raccolta polveri; 4) maniche filtranti; 5) cestello portamanica in alluminio; 6) struttura esterna in acciaio; 7) zona superiore, fumi filtrati; 8) tubazioni di distribuzione aria compressa; 9) portelli di servizio; 10) tramoggia per scarico polveri; 11) coclea, per evacuazione polveri; 12) tubazione di scarico gas depurati; 13) zona camino; 14) accumulatore aria compressa; 15) putrelle di sostegno filtro

FILTRI A TESSUTO PER ALTE TERMPERATURE

I filtri a tessuto per alte temperature possono essere impiegati nei casi in cui si abbiamo temperature oltre i 300°C(fino a 700-800°C) o corpuscoli roventi trascinati. Si impiegano maniche tessute con fili di speciale lega d'acciaio, anziché di fibre sintetiche o naturali.

TESSUTI FILTRANTI PER ALTISSIME TEMPERATURE

Questo feltro è chimicamente inerte e ha efficienza di filtrazione analoghe a quelle normalmente impiegati per la depurazione di fumi e aria, Inoltre non è soggetto ad abrasioni nemmeno da parte di polveri granulate con elevati gradi di durezza.

Le caratteristiche sono dovute al fatto che si tratta di un feltro a base di leghe metalliche, prive di metalloidi.

Si apre così la possibilità di fare filtri a maniche con bassissimi carichi specifici, ossia con grandi superfici filtranti in modo da ottenere meno di 1 $m^3/min \cdot m^2$ - poiché la sicurezza di non dovere sostituire o cambiare le maniche compensa il maggiore costo di installazione comportato da filtri più grandi, che attualmente vengono spesso evitati non tanto a causa dei costi di installazione quanto per la gravosità della sostituzione annuale delle maniche confezionate con i tessuti tradizionali.

Adottando carichi specifici inferiori al valore 1 – ossia quantità del fluido relative a superfici date di tessuto filtrante inferiori a 1 metro cubo per ogni metro quadro durante un decorso di tempo pari a 1 minuto primo – si possono ottenere efficienze di filtrazione elevatissime.

I filtri a maniche sono filtri "depolvera tori", ossia possono filtrare polveri, non abbattere gas.

Spesso, perciò si effettua per via chimica la trasformazione di un gas in una polvere in modo da poter effettuare la filtrazione con filtri a tessuto o altri depolveratori. Esempio del gas di fluoro, che viene trasformato in floruro di calcio mediante additivazione con idrato di calcio in reattori a ciclone e, successivamente, filtrato,

dato che il sale di floruro di calcio è facilmente filtrabile con carichi specifici di circa 1 $m^3/min \cdot m^2$.

SCRUBBER AD ACQUA

Gli scrubber (fig.12) si basano sul principio del lavaggio dei fumi con acqua. La depurazione si ottiene per due vie: la via chimica e la via fisica

Con la prima l'inquinante reagisce chimicamente con l'acqua e viene sottratto ai fumi, precipitando.

Con la seconda l'acqua funge da mezzo di abbattimento di polveri, senza reagire chimicamente con esse.

La depurazione chimica ha bisogno che i tempi di contatto siano più lunghi possibili, in modo da facilitare la reazione e diminuire la probabilità che alcune molecole attraversino il depuratore senza reagire.

Per ottenere, invece, l'abbattimento fisico si cerca di incrementare la violenza d'impatto fra l'acqua e il fluido gassoso, in modo da rendere l'azione la più efficace possibile. Il metodo più logico è incrementare la velocità dei fumi.

L'abbattitore fisico ad umido per eccellenza è il cono Venturi, proprio perché in esso la velocità dei fumi viene aumentata notevolmente in equicorrente o in controcorrente con il getto d'acqua polverizzata da un sistema di ugelli. Da un punto di vista tecnologico i coni Venturi in controcorrente, benché più economici come costo di installazione,sono considerati superati dai coni Venturi in equicorrente a flusso discendente, date le minori perdite di carico a parità di efficienza e quindi al minor consumo di energia.

Un buon tipo di scrubber, atto ad ottenere sia reazioni chimiche sia abbattimento fisico è lo scrubber a "impingement", che sfrutta l'agglomerazione delle particelle per lambimento, da cui consegue l'eventuale reazione chimica.

Il filtro a umido, scrubber, è una composizione di coni Venturi ad alta efficienza di spray e di camere di abbattimento a bagni d'acqua.

Esso è costituito da una robusta camera d'acciaio circolare suddivisa in quattro zone:

1) Zona di ingresso dei fumi o zona spray
2) Zona di accelerazione Venturi
3) Prima zona di abbattimento,
4) Seconda zona di abbattimento,
5) Zona di separazione gocce,
6) Zona di uscita e di scarico dei fumi.

All'ingresso del filtro i fumi, dopo essere stati sottoposti all'azione dello spray, entrano nella prima camera di abbattimento dove è situato il bagno d'acqua mantenuto a livello da un apposito sistema, attraversano il liquido e vengono immessi dal basso in un cono Venturi che li convoglia nella prima zona di calma ,qui vengono lavati da acqua che precipita dalla camera sovrastante. I fumi oltrepassano quindi una lamiera forata, che li distribuisce equamente su tutta la superficie, per arrivare nella camera superiore. Qui attraversano il liquido della vasca situata sotto il secondo cono che dà accesso alla camera superiore di separazione gocce e di qui al sistema di raccordo finale e alla tubazione di scarico posta sopra il filtro.

Le parti dove la temperatura dei fumi può scendere sotto il punto di rugiada e dove vengono accelerati i fumi stessi (ossia i cilindri e i coni) sono costruite con acciaio di spessore adeguato e resistente all'aggressione chimica e alle pressioni di esercizio.

Le camere di abbattimento sono dotate di opportuni portelli di manutenzione. Sul lato del filtro è posto un sistema di controllo del livello del liquido filtrante, che viene regolato da un sifone secondo il meccanismo di "troppo pieno", oppure da sistema a saracinesca.

I fumi, come sopra menzionato, entrando nel tubo Venturi vengono spruzzati con acqua polverizzata in modo da sfruttare al massimo l'effetto meccanico di abbattimento e la velocità dei gas (80-120 Km/h).

Questi subiscono un'accelerazione dal basso verso l'alto, che fa precipitare per inerzia le particelle nel bagno d'acqua sottostante. L'efficacia del sistema è migliorata dalla turbolenza del getto d'acqua polverizzata conseguente all'azione dell'elettroventilatore d'aspirazione.

Quest'ultimo è posto in posizione idonea, ed è dotato di impianto di raffreddamento. L'entrata dell'acqua avviene attraverso ugelli spruzzanti posti a lungo condotte toroidali sulla circonferenza delle tubazioni di entrata fumi nello

scrubber e lungo alcune sonde spray inserite nelle successive camere di calma di cui è composto il depuratore.

Nell'ultima parte del filtro è predisposta una zona di separazione gocce a pareti con assi indidenti. La parte concernente gli acceleratori in acciaio inossidabile scelto di volta in volta in funzione delle aggressioni chimiche a cui sarà soggetto:

La gola del cono Venturi è regolabile in modo da ottenere velocità variabili fino a 300 Km/h.

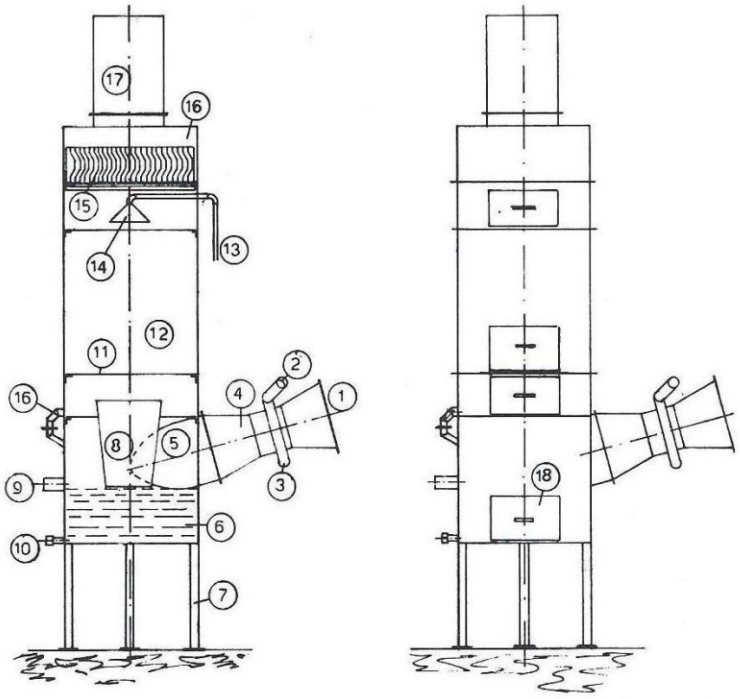


Fig. 12 - Filtro adsorbitore a umido

1) entrata gas nel filtro; 2) entrata acqua di lavaggio; 3) toroide distributore con ugelli; 4) cono venturi; 5) entrata tangenziale; 6) bagno d'acqua a livello; 7) struttura di sostegno; 8) 1° cono impingement tronco; 9) scarico principale; 10) scarico ausiliario o di spurgo; 11) telaio con rete; 12) zona a corpi di riempimento; 13) tubazione per lavaggio zona superiore; 14) cappa spruzzante; 15) zona di separazione gocce; 16) zona di convogliamento all'emissione; 17) tubazione di emissione; 18) portelli di ispezione

SCRUBBER A REAZIONE CHIMICA

Spesso , per abbattere mediante uno scrubber una sostanza inquinante trascinata da un gas o da un vapore, non è sufficiente la sola acqua.

In questi casi nell'acqua – che sempre viene riciclata in modo da consentire dell'inquinante e quindi la depurazione e lo smaltimento, essendone vietato lo scarico diretto – vengono aggiunti determinati additivi chimici atti ad ottenere la reazione idonea all'assorbimento della molecola inquinante.

Vediamo alcune delle più comuni depurazioni mediante scrubber a reazione chimica.

a) Fumi contenenti gas cloro (Cl_2) : si depurano con soluzione di acqua e soda, ottenendo cloruro di sodio e acqua.
b) Fumi contenenti SO_3 : si depurano con soluzione di acqua e idrato di calcio, ottenendo solfito di calcio e acqua.
c) Fumi contenenti vapori HCl: si depurano con soluzione di acqua e soda, ottenendo cloruro di sodio e acqua.
d) Fumi contenenti vapori di fluoro: si depurano con acqua e idrato di calcio, ottenendo fluoruro di calcio.
e) Fumi contenenti acido fluoridrico: si depurano con acqua e soda, ottenendo fluoruro di sodio.
f) Vapori contenenti ftalati o Dimetilformammide: si depurano con acqua e olio in presenza di corpi di riempimento in polipropilene, ottenendo un'emulsione da cui sarà recuperabile lo ftalato per disemulsionamento o la DMF per distillazione.

In questi processi è indispensabile che la temperatura dell'acqua venga mantenuta sotto i 20°C. in modo da evitare che l'inquinante evapori. La temperatura si può mantenere bassa o aumentando la massa d'acqua in circolazione, in modo da limitare il ΔT ottenibile con le calorie fornite dai fumi, oppure inserendo nel circuito un impianto di refrigerazione. In caso di funzionamento per 24 ore /giorno la prima delle due soluzioni è possibile con due circuiti in parallelo che funzionano a turni alternati di 8 ore. Questi processi sono idonei solo per vapori e sostanze con punti di ebollizione elevati. In caso contrario il vapore sfugge alla "cattura".

g) Vapori contenenti residui organici maleodoranti: si possono deodorare con soluzione di acqua e ipoclorito di sodio.

Esistono numerose altre possibilità di intervento chimico nel processo di depurazione mediante scrubber.

COLONNE A RIEMPIMENTO

Abbiamo già visto nei paragrafi precedenti che l'adsorbimento di numerose chimiche è condizionato dal tempo di contatto adsorbente (acqua o soluzione filtrante) e adsorbato – absorbato (molecole inquinanti). A parità di volume dell'involucro in cui avvengono i fenomeni di disinquinamento, il tempo di contatto reale aumenta riempiendo l'involucro con opportuni "corpi" la cui funzione è di ottenere flussi equamente distribuiti in tutti i punti dell'involucro sia dei fumi del liquido filtrante.

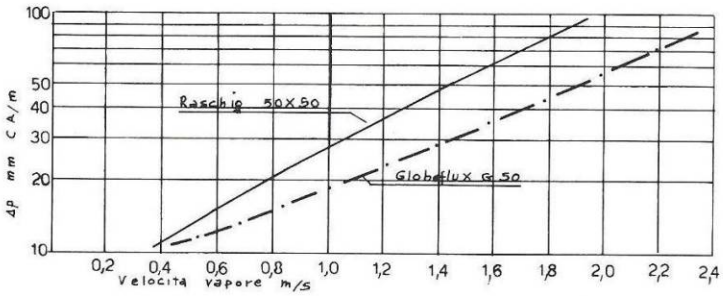
I corpi di riempimento usati più comunemente sono i classici "anelli di Raschig" , costituiti da anelli di vario spessore con la sezione riempita da raggi, in modo da ottenere una elevata superficie di passaggio pur con un elevato grado di riempimento del vacuum dell'involucro. Vi sono però corpi di riempimento, come il "Biofill" (fig.13), più moderni ed a più elevato grado di riempimento (fino a 200 m^2/m^3) con minori perdite di carico (50 mm/m^3). Una derivazione delle colonne di riempimento sono le cosidette "zone a letto flottante", costituite da involucri limitati inferiormente da una griglia piatta e superiormente da una griglia convessa.

Il volume così delimitato viene parzialmente riempito per circa 1/4-1/5, con sferette cave in polipropilene aventi un diametro di 2-3 cm.

L'acqua viene spruzzata dall'alto da un sistema di ugelli, in controcorrente rispetto al gas. In tal modo le sferette, spinte in alto dal gas e in basso dall'acqua e dalla forza di

gravità, si mettono a “flottare” rimescolando gas e acqua e facilitando la commistione delle due fasi e dei vari componenti.

Le colonne a letto flottante hanno minori perdite di carico delle colonne di riempimento, ma sono adatte più alla depolverazione che l’absorbimento chimico, data la minore superficie di contatto.



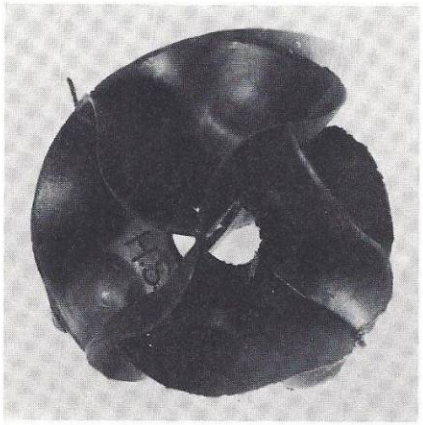


Fig. 13 - Filtri biologici a percolazione Biofill

1) diametro del corpo 70 mm; 2) superficie 135 m^2/m^3; 3) peso specifico 35 kg/m^3; 4) volume libero 96%; 5) materiale polipropilene; 6) pezzi/m^3 4200

CONI A VENTURI A GOLA REGOLABILE

La gola Venturi è regolabile mediante un sistema di registrazione.

La sezione è inversamente proporzionale alla perdita di carico che si vuole ottenere:

$$S = k \cdot \frac{1}{}$$

Il fattore di correzione dipende principalmente dalla viscosità del fluido e dalla proporzione dei tronchi di cono asimmetrici.

Bisogna tendere a perdite di carico più elevate nel caso della depurazione da polveri. Per la depolverazione si tende ad arrivare a far salire la colonnina d'acqua fino a 200-300 mm.

Si tende a perdite di carico meno pronunciate nel caso della degasificazione specifica di un fluido, quando dal fluido vettore si estrae un gas specifico mediante absorbimento chimico.

In quest'ultimo caso il Δp tende a non superare il limite dei 100 mm. H_2O.

Il cono Venturi, dopo l'abbattimento , deve essere filtrato attraverso un separatore di gocce, per evitare dal camino di una pioggia inquinante.

Il separatore di gocce, nel caso del cono Venturi agente in contro-corrente, quando cioè il getto di acqua è spruzzato in senso opposto al verso del fluido da depurare, è costituito da una batteria di lamelle in acciaio disposte a zig-zag, ciascuna ortogonalmente rispetto alla successiva. Il funzionamento del cono Venturi in contro-corrente .

Nei coni Venturi caratterizzati da flusso di fumi concorde col getto dell'acqua spruzzata dagli ugelli la separazione viene ottenuta in cicloni cilindrici ascensionali. Infatti, nel Venturi equicorrente il flusso, per avere a favore la gravità, deve necessariamente procedere dall'alto verso il basso e quindi i fumi per uscire devono essere diretti dal basso verso l'alto. Se al fluido in uscita si dà una direzione tangenziale alla circonferenza della sezione circolare dell'involucro d'evacuazione , si ottiene un ciclone, lungo la spirale del quale le gocce si separano dal fluido e piovono nella parte inferiore del separatore, normalmente foggiata a imbuto.

Nella figura 14 b vi è lo schema tipico dell'impianto di depurazione a venturi – equicorrente con separatore a ciclone ascensionale.

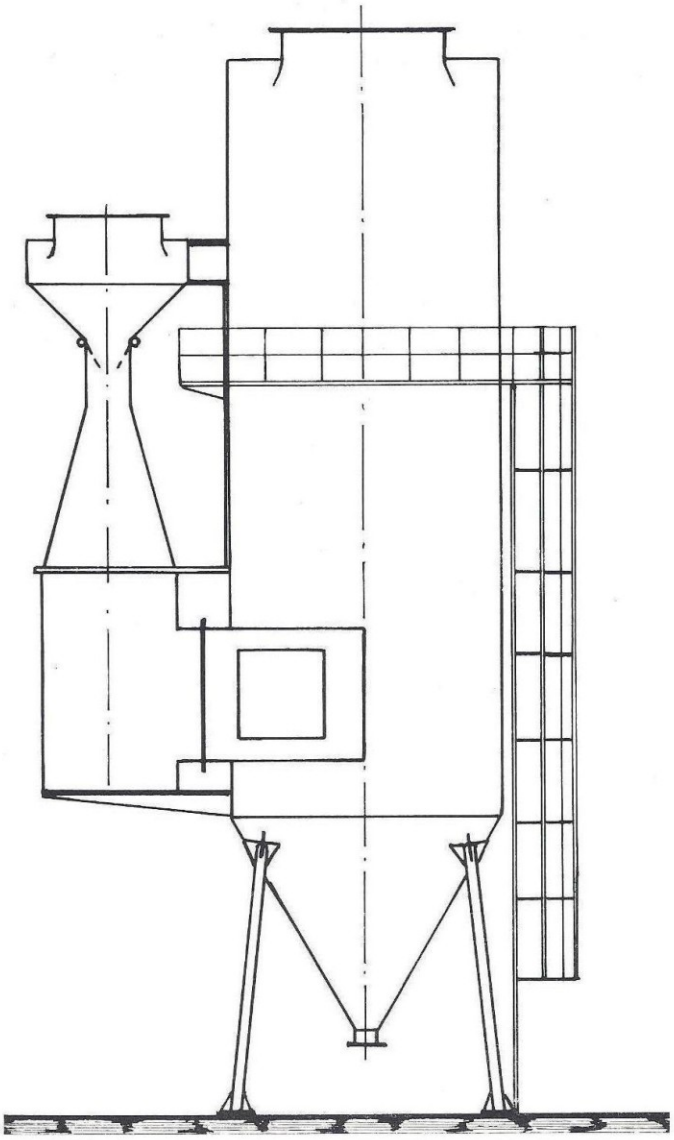


Fig. 14b

C

OLONNE A CARBONI ATTIVI

Si tratta di carboni che possono essere ottenuti in forma granulare o in polvere. I granuli normalmente usati hanno diametri variabili da pochi decimi di millimetro a 5 mm.

Rispetto al carbone normale il carbone attivo ha maggiore porosità, in modo da aumentare la superficie disponibile per l'adsorbimento del vapore o del liquido inquinante. Un granulo di carbone attivo osservato al microscopio è come una spugna,dove i tubercoli che affiorano alla superficie sprofondano nel nucleo del granulo diramandosi in numerose derivazioni. In sezione questi tubercoli, con tutte le loro derivazioni, sono come radici di alberi. Sono proprio questi tubercoli a rendere disponibile un'elevatissima superficie di contatto per la sostanza da adsorbire.

Esistono carboni attivi con superfici di porosità superiori a 1000 m^2/cm^3

Tabella relativa ad un tipo di carbone attivo in commercio.

CARBONI ATTIVI	
M2BET N2 :	1000
D :	0,5
Adsorbimento CCl4 :	30% (minimo)
Granulometria :	1 ÷ 5 mm.
Spettro di porosità :	10 – 50 Ängstrom
Umidità :	6%
Inerti :	3%
Colore :	nero
Origine :	vegetale
Attivazione :	termochimica
pH in H2O:	6

Il vapore, passando attraverso uno spessore di carboni attivi con tempi di contatto sufficienti, viene liberato per adsorbimento sui carboni della sostanza che ha affinità per l'adsorbente.

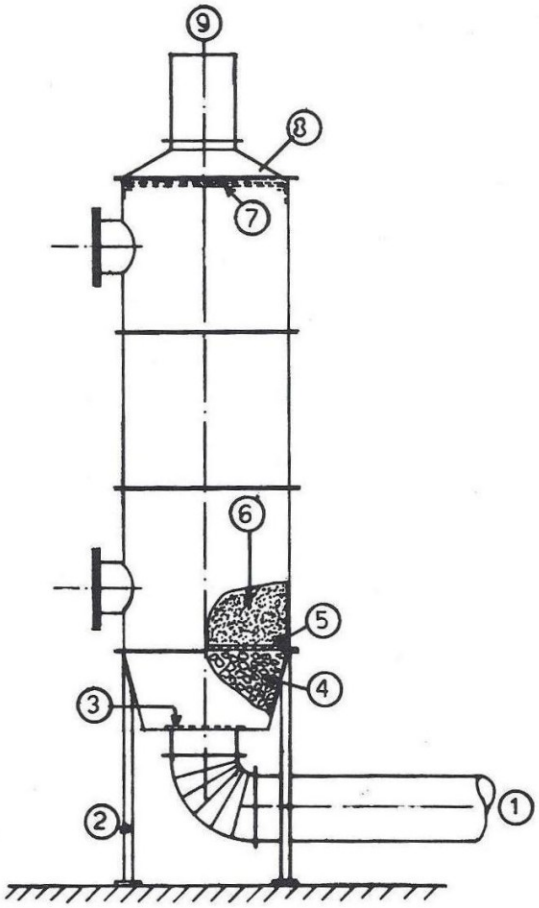


Fig. 15 - Impianto di depurazione a carboni attivi

1) tubazione di ingresso fumi; 2) struttura di sostegno; 3) rete; 4) letto di ghiaia; 5) rete; 6) carboni attivi; 7) rete antitrascinamento; 8) cono di raccordo; 9) emissione

Di solito i carboni sono contenuti in “colonne” di acciaio inox attraverso cui il fluido viene fatto passare. Le colonne devono prevedere ampi e comodi boccaporti sia per le necessarie ispezioni che per il cambio dei carboni (fig.15)

I carboni possono essere a “perdere” oppure “rigenerabili”.

I carboni a perdere vengono cambiati a intervalli a seconda della concentrazione e del tipo del’adsorbato.

La soluzione è valida solo per bassissime concentrazioni inquinanti

La rigenerazione corrisponde al recupero dell’adsorbato, ottenuto facendo attraversare la colonna –con impianto fermo- da vapore acqueo a temperatura superiore di circa 20°C alla temperatura di ebollizione del liquido adsorbato. In tal modo l’adsorbato evapora (“strippaggio”) e viene inviato in un condensatore dove avviene il recupero.

Per turni di lavoro di 24 ore/giorno si ricorre a colonne in parallelo: l’impianto è regolato da un sistema di by-pass tale che una colonna va in strippaggio per rigenerarsi, i fumi da depurare vengono inviati in un’altra colonna.

L’adsorbimento con carboni attivi è conveniente nei casi in cui si recuperano solventi con prezzi di mercato elevati. In tal caso il costo di esercizio, piuttosto elevato, a causa del consumo di carboni, vapore, elettricità (si hanno perdite di carico di 200 ÷ 300 mm.H_2O , viene abbondantemente coperto dal recupero prodotto.

Un’altra forma di rigenerazione, idonea solo per bassissime concentrazioni di inquinanti, è la riattivazione del carbone saturato dopo periodi nell’ordine di qualche mese. L’opera di riattivazione del carbone, consistente nel riassaggio o nel “roasting-furnace”, viene effettuata da tutti i migliori produttori di carbone attivo, ma non sempre è possibile.

Spesso infatti i carboni, dopo mesi di adsorbimento senza strippaggi, sono ridotti irrecuperabili a causa della mineralizzazione nei pori di sostanze estranee agglomerate intimamente con il nucleo.

COMBUSTORI

Nel campo della depurazione i combustori hanno la funzione di ossidare le sostanze carboniose organiche inquinanti, trasformandole in anidride carbonica, vapore acqueo, azoto.

Il combustore (fig.16) è costituito da una camera di combustione cilindrica suddivisa in tre settori e cioè:

- Primo settore di combustione
- Secondo settore di post – combustione
- Terzo settore di evacuazione

Esternamente il combustore è rivestito da una corazza di acciaio spessa 5 mm, intelaiata in uno chassis di putrelle d'acciaio.

Il forno (fig.17) è rivestito di materiale così suddiviso:

- Un primo spessore di isolante microporoso coibente avente densità 0,6 , atto all'abbattimento totale della temperatura;
- Un secondo spessore di refrattario al 42% di Al_2O_3 atto ad un abbattimento intermedio della temperatura del forno, data l'elevata conducibilità della struttura interna;
- Un terzo spessore refrattario di altissima qualità, atto a mantenere la spinta termica in tutta la superficie del forno a contatto con i gas da bruciare e resistente alla alte temperature raggiunte nel forno (900/1400°c) a ritmo pulsante.

Questo refrattario scelto di volta in volta in base alle caratteristiche chimico-fisiche dei fumi.

La prima camera di combustione, come facilmente si può rilevare della fig.16, ha il volume maggiore poiché l'accensione e la zona della combustione più violenta avvengono nella prima parte del forno.

Nella prima camera sono quindi previste fiamme pilota con funzione sia preriscaldamento sia di pilotaggio e combustione avviata.

Anche la seconda camera di combustione è dotata di fiamma pilota che entra in funzione assieme a quelle precedentemente descritte; in essa si ottiene la post-combustione.La terza camera di combustione, la più piccola, ha soltanto la funzione di raccogliere ed evacuare i gas esausti.

Questi arrivano quindi al camino che è rivestito per i primi metri di materiale refrattario.

Le camere sono divise l'una dall'altra da elicoidi.

Ogni bruciatore pilota è dotato di spioncino a cannocchiale per ispezionare la fiamma pilota durante il funzionamento.

I gas accendono al forno mediante due testate a cono tronco. La testata posteriore è interamente sbullonabile per l'eventuale manutenzione delle strutture interne. Al camino è applicato un ventilatore di tiraggio a induzione con cono Venturi interamente in acciaio austenitico AISI 310.

Sempre al camino, viene applicata una valvola di sicurezza per eventuali sfoghi anti-esplosione che avverranno verso l'alto senza pericolo.

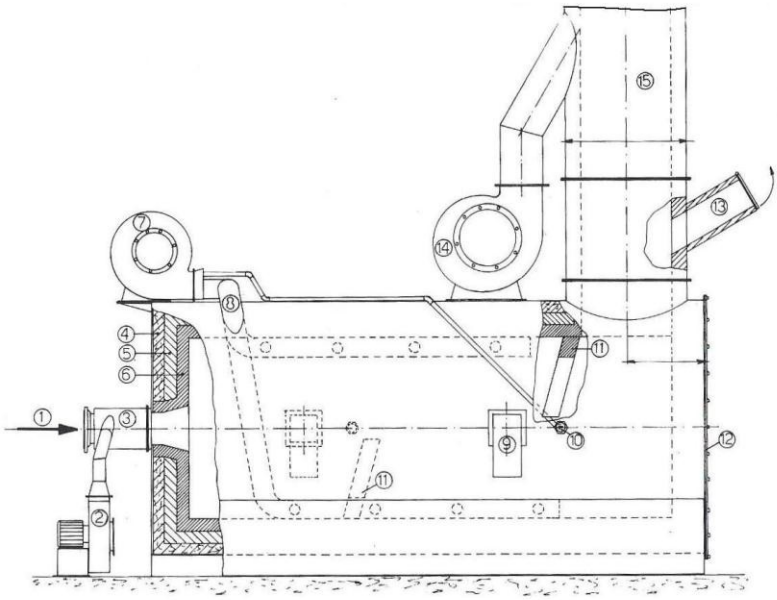
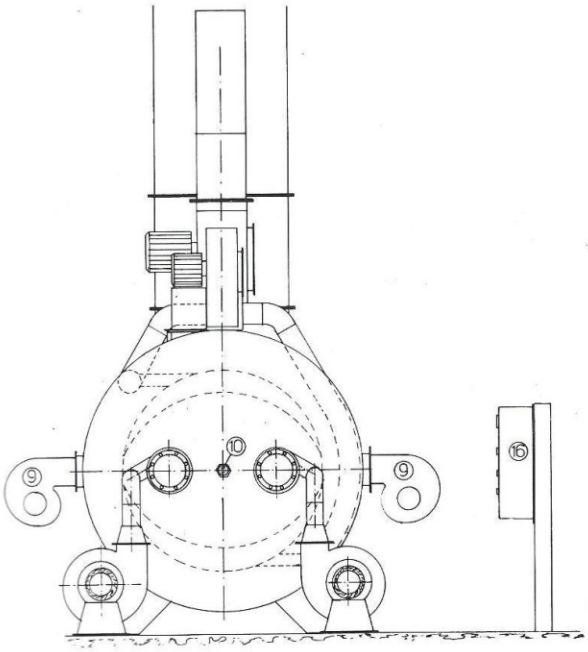
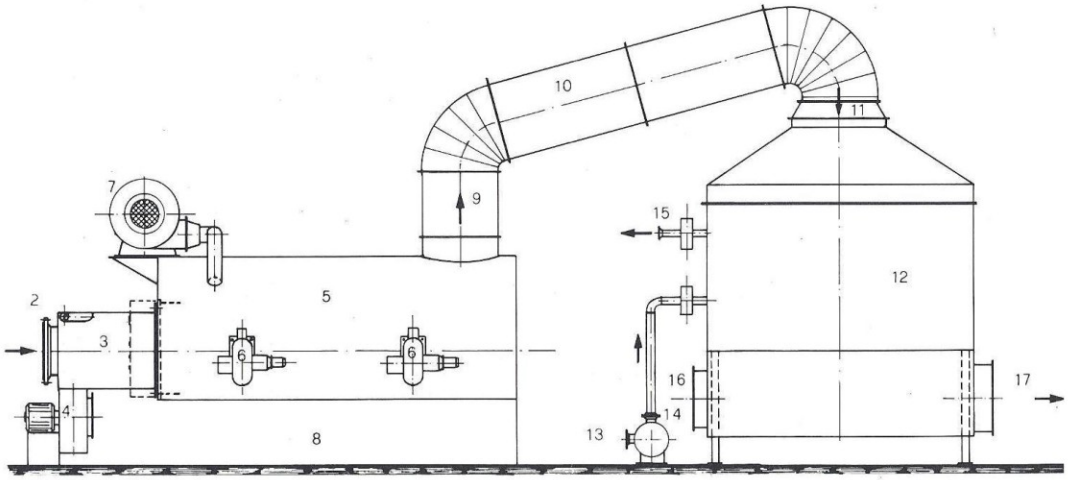

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
11
12
13
14
15

Fig. 17 - Forno combustore di gas

1) entrata gas con flangia di collegamento; 2) ventilatori per testate di miscelazione; 3) testate di miscelazione gas – aria; 4) strato esterno di isolante; 5) strato intermedio di refrattario; 6) strato di refrattario ad altissimo tenore di alluminio; 7) ventilatore per insufflaggio interno; 8) tubazioni convogliatrici dell'aria di insufflaggio; 9) bruciatori; 10) spie in vetro della camera di combustione; 11) diaframmi interni; 12) testata posteriore dell'impianto smontabile; 13) valvola di sfogo; 14) ventilatore aspiratore; 15) camino; 16) quadro elettrico di comando impianto




10
11
7
9
15
12
2
5
3
6
6
16
17
4
14
8
13

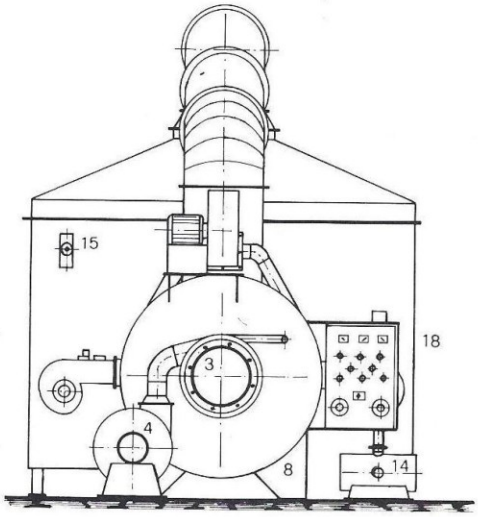


Fig. 18 - Combustore e recuperatore di calore

1) entrata nel combustore; 2) flangia di raccordo; 3) testata di miscelazione; 4) ventilatore di alimentazione testata di miscelazione; 5) combustore per la pirolisi di molecole tossiche; 6) bruciatori; 7) ventilatore alimentazione aria al combustore; 8) staffe d'appoggio del forno a tutta lunghezza; 9) tubazione di uscita dal combustore; 10) tubazione di collegamento tra il combustore e la caldaia; 11) raccordo conico di entrata nella caldaia; 12) caldaia a recupero ad olio diatermico da 2.500.000 kcal/h; 13) entrata olio diatermico DN 100; 14) pompa per iniezione nella caldaia dell'olio diatermico; 15) tubazione di uscita olio diatermico DN 100; 16) ispezione; 17) uscita gas freddi dalla caldaia; 18) quadro elettrico generale di comando (posizionato come a disegno)

Ciascuna delle due testate è dotata di un proprio ventilatore che fornisce l'aria di combustione. La portata è regolabile.

L'aria secondaria di combustione è fornita da uno dei tre ventilatori che imprime al getto d'aria un'accelerazione tangenziale in modo da ottenere, lungo la camera di combustione, un flusso elicoidale dei fumi verso il camino.

I condotti che portano i gas alle testate sono normalmente dotati di due valvole per bloccare il flusso o consentirne l'accesso al forno, a seconda delle condizioni di esercizio che comunque non dovranno mai approssimarsi alla fase di pericolo.

Le due testate sono montate su grandi flange in modo da creare altri passi d'uomo in caso di smontaggio.

Ogni testata, detta anche turbina termica, è costituita da un cono Venturi nella cui strozzatura è inserita una turbina statica, con invito a cono contro – venturi.

I fumi dopo aver assunto per azione della turbina un moto rotatorio detto swirl, accedono alla seconda zona del cono Venturi, dove si miscelano con aria che entra dai numerosi fori posti nella seconda zona del Venturi.

A tale aria un ventilatore centrifugo imprime un'accelerazione tangenziale proprio nel senso di swirl della turbina.

Il gas, così arricchito d'aria, come esce dal cono Venturi viene investito immediatamente dalla fiamma del bruciatore e, successivamente, da un violento flusso d'aria rotante in senso opposto al senso di swirl.

Si ottiene così una violentissima turbolenza accompagnata da alta temperatura, il che è garanzia di una perfetta ossidazione dei gas.

La turbina termica raggiunge temperature superiori ai 1200°C che garantiscono la non emissione in atmosfera di prodotti intermedi di combustione.

Tutte le operazioni di marcia, arresto e controllo vengono concentrate su un quadro di comando, in esecuzione stagna se all'aperto, con possibilità di rinvio a distanza di segnali e comandi.

Il pregio dei combustori è la loro affidabilità, determinata dalla semplicità del concetto. **Il loro difetto è l'elevato costo di esercizio derivante dal consumo di combustibile reso necessario dal ΔT da ottenere per decomporre con certezza le sostanze organiche. Il costo di esercizio può essere però talvolta limitato dal recupero del calore mediante caldaie a tubi di fumo, dove il calore dei gas di scarico del combustore viene sfruttato per produrre acqua calda o vapore, o per riscaldare olio diatermico.**

Nella figura 18 vi è uno schema classico di applicazione di recuperatore di calore a combustore.

COMBUSTORI CATALITICI

L'aspetto negativo dei combustori è costituito dall'elevato consumo di energia. **Per limitare i consumi è stata affinata la tecnologia della combustione catalitica.** Essa consiste nello scaldare i fumi fino a temperature molto più basse di quelle dei normali combustori e nel fare attraversare ai gas dei catalizzatori che innescano, a temperature da 250 a 400°C, reazioni di ossidazione, per le quali, in assenza di catalizzatore, sarebbero necessarie temperature da 800 a 1200°c.

Un catalizzatore può essere definito come una sostanza che facilita una reazione chimica , rimanendo inalterato. L'uso del catalizzatore è una tecnica sperimentata per ridurre in modo notevole le temperature di combustione.

E' possibile notare dalla figura 19 ove sono riportate due curve tipiche della combustione di sostanze organiche. Esse si riferiscono alla conversione del toluene rispettivamente per combustione catalitica con catalizzatore monolitico HO-NEYCAT , platino su supporto ceramico a nido d'ape.

In figura 19 si può osservare:

1) Il repentino aumento della percentuale dei vapori di toluene convertiti in anidride carbonica e vapore d'acqua, appena si raggiunge la temperatura di ignizione sul catalizzatore
2) Per raggiungere la stessa efficienza di conversione, usando la combustione a fiamma diretta occorrono temperature nettamente più elevate
3) L'eliminazione del composto combustibile volatile procede in modo simile con ambedue i metodi all'inizio del riscaldamento mentre, nel momento in cui si raggiunge la temperatura di ignizione sul catalizzatore, col metodo catalitico c'è

un notevole aumento dell'efficienza di rimozione senza ulteriore aumento di temperatura.
Il rapporto fra le temperature alle quali avviene la combustione usando il metodo catalitico e quello a fiamma diretta è uguale per quasi tutti i casi, per cui i costi di esercizio dei due metodi stanno nello stesso rapporto.

Per il trattamento dello stesso flusso gassoso la combustione con catalizzatore monolitico al platino su supporto ceramico a nido d'ape richiede soltanto circa la metà del combustibile necessario per la combustione a fiamma diretta.

Il calore dei gas di scarico dal catalizzatore può essere recuperato, mediante uno scambiatore aria /aria , per pre-riscaldare il gas inquinato in entrata al catalizzatore stesso, riducendo ulteriormente in tal modo il consumo di combustibile ausiliario. In certi casi di arriva con il calore recuperato a sostituire integralmente il combustibile ausiliario, ottenendo un processo auto-sufficiente una volta che il sistema è stato portato a regime.

IMPIANTI DI DESOLFORAZIONE

La desolforazione è un processo importante soprattutto perchè la carenza progressiva di petrolio a basso tenore di zolfo costringerà ad utilizzare combustibili sia liquidi sia solidi a tenore di zolfo sempre più elevato.

Un esempio in proposito può essere fornito dal carbone.

Normalmente il carbone ha tenori di zolfo superiori al 2%: quello italiano (Sulcis) spesso superiori al 4%. La combustione di materiali solforati genera anidride solforica (SO_3) e, soprattutto, anidride solforosa (SO_2). E' quindi importantissimo che in Italia venga affinata la tecnologia di desolforazione, in modo da evitare che allorchè vi sarà necessità di tali impianti si debba ricorrere, come purtroppo spesso accade, al supporto di tecnologie estere aggravando la bilancia dei pagamenti.

Tale processo è applicabile sia per piccole portate di fumi ,sia per portate rilevanti

L'impianto è costituito dallo scrubber che funge da reattore. In esso il gas contenente SO_2 entra in contatto-reazione con due additivi alcalini, di cui il primo è solfito sodico che , a contatto con l'anidride solforosa in soluzione acquosa, si trasforma in bisolfito di sodio. Questa reazione procede finchè la soluzione si

esaurisce. A questo punto si rigenera la soluzione con il secondo additivo alcalino è costituito da una sospensione concentrata di CaOH.

Si ottengono così, solfito di calcio, una sostanza insolubile che precipita e solfato di calcio,in misura minore ,del solfato di sodio che si forma per ossidazione del solfito.

Anche il solfato di calcio, insolubile, precipita. Infine si ottiene nuovamente solfito sodico in soluzione. Quest'ultima soluzione è riciclabile nel processo, Si è cercato in precedenza di ottenere della SO_2 impiegando coma alcali calcare e calce, ma con esiti negativi in servizio, a causa degli intasamenti del circuito derivanti dalle incrostazioni.

Uno dei vantaggi descritti è che precipitati sono vendibili sul libero mercato e pertanto costituiscono una fonte di introito atta a limitare i pur pesanti costi di esercizio da mettere in bilancio. L'impianto tipo è costituito dallo scrubber a due stadi alcalini e da un complesso circuito chiuso di soluzioni atto a separare il precipitato dalla soluzione riciclabile. Quest'ultima finisce in una vasca dotata di un sistema di pompe per riciclaggio. I precipitati vengono estratti dalle vasche di caduta da un sistema a pale mosse da un ingranaggio; allo scarico vengono raccolti da un trasportatore e, da qui, vanno all'imballaggio in fusti o sacchi e, quindi , al commercio.

PRECIPITATORI ELETTROSTATICI

I precipitatori elettrostatici sono depuratori di polverio particolarmente efficaci ma, con una opportuna condensazione preventiva, possono esercitare la loro efficacia anche per quanto concerne la captazione di vapori.

I precipitatori elettrostatici esercitano la captazione a livello elettronico, hanno un'efficienza di depurazione rilevante anche per granulometrie submicroniche, con perdite di carico inferiori ai 100 mm H_2O.

Nella figura 20 vediamo lo schema di un precipitatore elettrostatico del classico tipo a piastre.

In ogni cabina è contenuto un filtro elettrostatico del tipo a piastre metallizzate disposte parallelamente alla corrente dei gas e opportunamente distanziate l'una dall'altra. Tra le piastre vi sono gli elettrodi alimentati con corrente continua negativa.

Tra le piastre passano i fumi per il loro trattamento. Una rete di alimentazione in corrente elettrica raddrizzata ad alta tensione collega gli elettrodi emissivi e crea una scarica continua di tipo ionizzate (effetto corona) , un “vento elettrico” che provoca l’associazione delle polveri alle cariche positive o negative, costringendole ad agglomerarsi sulle piastre (positive) o sui fili (polo negativo).

Gli elettroni liberati nella vicinanza dell’elettrodo emittente sono trasmessi alle particelle in sospensione le quali migrano verso le piastre a massa (anodo) dove si raccolgono, mentre le particelle più fini , soggette alla “valanga” positiva degli ioni, migrano verso i fili (catodo). I fili sono alimentati dalla corrente continua dell’alimentatore, ed essendo il loro circuito perfettamente isolato, non possono che scaricare gli elettroni nello spazio tra i fili e le piastre dove passano i fumi. Ecco il motivo per cui alle particelle di polvere contenute nei fumi si associano cariche ionizzanti. Le piastre e i fili sui quali si agglomera la polvere sono , rispettivamente , percosse e fatti vibrare periodicamente da scuotitori automatizzati e vibratori. Il materiale captato cade in tramogge sottostanti mentre il gas, privato delle particelle corpuscolari, avanza verso il camino.

Le tramogge sono dotate di sistemi motorizzati per estrarre le polveri. L’alimentazione elettrica è fornita da uno o più alimentatori completi di trasformatori, raddrizzatori, regolatori automatici di voltaggio e di tutte le necessarie apparecchiature di sicurezza e controllo.

Il trasformatore , i raddrizzatori e tutti i componenti e tutti i componenti ad alta tensione sono rinchiusi in contenitore a bagno d’olio, allo scopo di essere mantenuti perfettamente isolati e raffreddati , oltreché inattaccabili dagli agenti atmosferici ambientali.

Tutti gli altri componenti elettronici ed elettrici sono programmati mediante apposita scheda. In tal modo, in caso di guasto di un componente, è sufficiente cambiare la scheda relativa che regola automaticamente voltaggio e intensità durante il lavoro del precipitatore.

Qualora per un qualsiasi motivo il precipitatore va in corto circuito, un dispositivo automatico provvede a reinserire mediante regolazione di tensione ed intensità, fino a raggiungere nuovamente i valori ottimali.

I precipitatori elettrostatici hanno un'efficienza notevole, per polveri o vapori purchè la loro resistività non superi il valore di $2 \cdot 10^{10}$Ω . cm e non sia inferioe al valore di 10^5·Ω.cm. Pertanto la precipitazione elettrostatica è sconsigliabile sia per polveri aventi elevata resistività, come porcellana, silice, allumina, dolomite, sia per polveri altamente conduttive. La resistività come noto, è anche funzione della temperatura: spesso perciò si portano le temperature a livelli tali da ottenere i valori di resistività più appropriati

Altri modi per influire sulla resistività sono:

- Modificazione dei valori di umidità mediante vaporizzazione dei fumi.
- Iniezione di NH_3 nel flusso di gas.

L'efficienza dei precipitatori è direttamente proporzionale al tempo di permanenza delle polveri nel campo elettrico e, di conseguenza , inversamente proporzionale alla velocità dei fumi nella cabina filtrante. Per ottenere elevate efficienze è necessario che la velocità sia compresa tra 0,7 e 1,4 m/sec. E che il tempo di permanenza della molecola nel filtro sia di almeno 4÷5 secondi.

Per quanto concerne i dielettrici si sono recentemente effettuati numerosi esperimenti. Le conclusioni attuali possono essere sintetizzate come segue:

a) ANODI: Le piastre tendono ad essere corrugate con sezione ad "omega" , in modo da rendere vorticoso il moto laminare lungo l'asse longitudinale del filtro e favorire la permanenza delle polveri nel capo elettrostatico, oltre ostacolare il ritrascinamento delle polveri durante la percussione dei martelli in fase di percussione;
b) CATODI:si tende a sostituire i fili con bandelle a punte emissive. I primi aumentano l'effetto corona, ma le seconde eliminano le rotture dei fili che causano numerosi interventi di manutenzione.

Nei precipitatori con portate superiori ai 50.000 m^3/h si tende a dividere in sezioni il campo elettrico, ossia a "sezionare " il filtro.

La sezionatura consiste nel dividere il filtro in tanti filtri elettrostatici indipendenti , ciascuno con un proprio alimentatore.

Ogni sezione si definisce “campo elettrostatico” o, più semplicemente, “campo”. Questa struttura consente un esercizio più affidabile, in quanto se un campo va in corto circuito o, comunque, in manutenzione gli altri in azione.

I precipitatori possono essere a 2 campi in serie , oppure a 4 campi di cui due in serie e due in parallelo, oppure a 6 campi con tre coppie in serie, a 8 campi con 4 coppie in serie, a 10 campi con 5 coppie in serie, a 12 campi con 4 terzetti in serie e così di seguito**. Le temperature ottimali di esercizio è bene non superino i 270°C.**

Il costo dei precipitatori elettrostatici è molto elevato ed è determinato dal forte costo dei gruppi di regolazione elettronica, nonché dalla grande resistenza e precisione della carpenteria.

fig.20 - Schema generale di un precipitatore elettrostatico

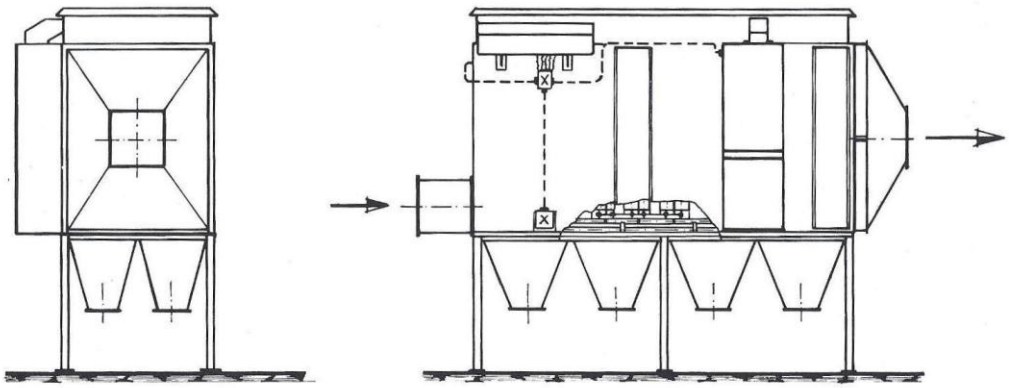
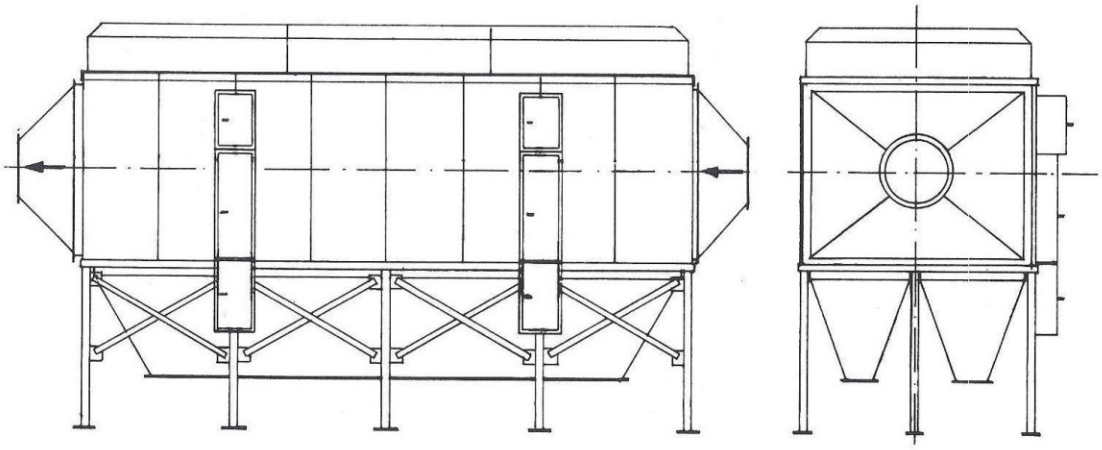


Fig. 21 - Precipitatore elettrostatico



IMPIANTI DI ABBATTIMENTO PER CONDENSAZIONE CON EVENTUALE RECUPERO DEL CALORE E DEL PRODOTTO

Quando l'inquinante da abbattere è un vapore caratterizzato da alto punto di ebollizione, si può tentare l'abbattimento, anche solo per condensazione, in uno scambiatore di calore aria-aria, aria- acqua. L'effetto indotto dalla condensazione è il riscaldamento del circuito di raffreddamento, con conseguente possibilità di recuperare il calore così immagazzinato nell'aria o nell'acqua, a seconda del tipo di scambiatore adottato.

Altro beneficio della depurazione per condensazione è la possibilità di recupero integralmente il prodotto condensato.

Il limite è costituito dalla bassa efficienza di abbattimento per punti di ebollizione inferiore ai 150°C, dato il ritrascinamento di nebbie all'uscita. Il più delle volte i condensatori vengono applicati a monte di scrubber o di precipitatori elettrostatici per aumentare l'efficienza dato che , come abbiamo visto , l'efficienza degli scrubber e dei precipitatori elettrostatici nei confronti dei vapori è inversamente proporzionale alla temperatura.

Occorre tenere presente, nella scelta dei materiali di costruzione dei condensatori, le corrosioni verificabili in fase condensa.

FILTRI A CANDELE

Si tratta di una derivazione dei filtri a maniche, particolarmente adatta per vapori e sali a bassa concentrazione e sostanze affini.

L'involucro è del tutto simile a quello dei filtri a maniche, solo che al posto delle maniche vi sono le candele filtranti. Queste sono costituite da un recipiente cilindrico forato avente nella parte esteriore il setto filtrante fissato da una rete metallica che forma, rispetto al cilindro forato, un cilindro coassiale .

Il setto filtrante è costituito da materiale poroso tipo porcellana , farina fossile compressa e calcinata, carboni attivi, fibra ceramica, ecc.

Il filtro a candele si impiega solo se il materiale filtrato riesce a percolare bene spontaneamente ed è in basse concentrazioni , così da evitare gli intasamenti, che costituiscono il punto debole di questo depuratore.

In compenso l'efficienza è molto elevata: si arriva al 99,6% per una perdita di carico di 300÷400 mm.H_2O , purchè il carico specifico non superi i 2 $m^3 \cdot min \cdot m^{-2}$.

SISTEMI DI EVACUAZIONE DEL FILTRATO

E' molto importante che i depuratori vengano tenuti costantemente puliti dagli accumuli di polvere o di condensa – vapori, in modo da limitare il carico inquinante alle sole particelle e aerosol in sospensione. In tal modo si impedisce che avvenga il cosiddetto "reintrainmet" ossia il ritrascinamento del precipitato di nuovo verso l'emissione.
L'evacuazione delle polveri o delle condense deve avvenire IN CONTINUO , per eliminare integralmente la possibilità di accumulo.
L'evacuazione in continuo delle polveri si ottiene con tramogge poste sotto gli involucri. Sotto le tramogge si applica in esecuzione stagna un sistema di trasporto a coclea e valvola rotativa. Se le portata sono limitate di possono applicare alle tramogge valvole rotative che scaricano direttamente in contenitori.
Per eliminare la formazione di condense, è necessario che il filtro venga riscaldato, fino ad ottenre la temperatura al di sopra del punto di rugiada,mediante termoresistenze o con calore di recupero

CAMINI

La velocità in uscita dei fumi deve essere piuttosto elevata (superiore ai 9 m/s) in modo da incrementare il valore di "altezza equivalente" e pertanto allontanare il rischio del looping ossia, in determinate condizioni atmosferiche , della ricaduta a terra dell'emissione.
E' raccomandabile la consulenza di un esperto ,in modo da evitare soluzioni improvvisate