

Il trattamento delle emissioni provenienti dalla resinatura di reti in fibra di vetro

L'applicazione di resine sintetiche su reti in fibra di vetro comporta la formazione di una notevole quantità di emissioni di tipo complesso, molto difficili da trattare efficacemente: una nuova tipologia d'impianto ha recentemente dimostrato elevate doti di efficienza ed affidabilità in questa applicazione particolarmente critica.

Le reti in fibra di vetro trovano oggi largo impiego nel settore edilizio, grazie alle notevoli caratteristiche meccaniche che permettono di consolidare intonaci, pavimentazioni e rivestimenti vari. Al fine di stabilizzarne le dimensioni e di proteggerle dall'azione degli agenti alcalini, queste reti subiscono un trattamento di apprettatura a base di miscele di resine sintetiche e additivi diversi, con ricette di varia composizione a seconda del tipo di utilizzo finale.

Questa lavorazione comporta un trattamento termico per accelerare il processo di polimerizzazione ed asciugatura delle resine, effettuato tramite passaggio in forno ad una temperatura compresa tra 200° e 300° C. In questa fase si ha un notevole sviluppo di fumo, caratterizzato da una forte opacità e da numerosi componenti di natura chimico-fisica differente (oltre agli inquinanti provenienti dalle resine sono presenti residui di numerosi additivi come lubrificanti, distaccanti, coloranti ecc.). L'abbattimento dei fumi provenienti dai forni di polimerizzazione si è rivelato un compito pressoché impossibile da ottenere con tecnologie tradizionali (filtri meccanici o elettrostatici, condensatori ad acqua fredda, scrubber ecc., soprattutto a causa dei vistosi fenomeni di "impaccamento" dei residui sulle strutture filtranti.

¹⁾ Resp. Ricerca & Sviluppo

Un importante produttore nazionale, dopo varie esperienze deludenti, si è rivolto a Deparia Engineering per la risoluzione di questo problema. Vista la natura particolarmente critica degli inquinanti, al fine di raccogliere i dati necessari ad una corretta progettazione, è stata predisposta l'installazione di un impianto pilota da applicare sulle emissioni della linea di produzione più impegnativa. Tale impianto, costruito in modo da potere variare temperatura e velocità dei fumi in un tratto di canalizzazione e nel dispositivo di filtrazione, è stato realizzato utilizzando una macchina speciale per impieghi gravosi (KAPPA®), normalmente impiegata per l'abbattimento dei fumi provenienti dai forni per il trattamento della gomma e per altre applicazioni impegnative. Questa macchina è formata da un filtro elettrostatico auto-lavante seguito da uno stadio di abbattimento ad umido, il tutto racchiuso in un'unica struttura metallica compatta.

Lo scopo principale della installazione pilota è stato quello di potere individuare le condizioni migliori per ritardare la polimerizzazione dei residui fino all'incontro dell'aeriforme con la fase umida dell'abbattitore, in modo da evitare la formazione di depositi tenaci nelle canalizzazioni e nel filtro elettrostatico.

Una campagna di prove durata due settimane ha permesso di raccogliere tutti i dati necessari, consentendo inoltre di verificare l'efficacia della soluzione proposta nelle condizioni operative più gravose.

Dati di progetto

Le emissioni sono risultate principalmente composte da polimeri, paraffine, olio tecnico e formaldeide, per una portata variabile da 20.000 a 80.000 Nm³/h, ad una temperatura compresa tra 100° e 200° C. La variabilità di portata e temperatura dipende dal numero di linee produttive contemporaneamente in funzione. Dalle prove sono emerse due esigenze primarie da considerare ai fini del progetto definitivo: la prima consiste nella necessità di mantenere gli elettrofiltri ad una temperatura favorevole alla colatura del precipitato per gravità; la seconda nella esigenza di non perturbare la temperatura di esercizio dei forni di polimerizzazione, evitando variazioni nella portata di estrazione all'inserimento o al disinserimento delle varie linee produttive. Per garantire queste condizioni essenziali, è stato progettato un sofisticato sistema di prelievo dei fumi, costituito da una serie di canalizzazioni corrispondenti alle cinque linee, convergenti in un collettore di ampio volume. Quest'ultimo assolve alla funzione di plenum a depressione costante, mantenuta tramite un sistema a *feedback* con un sensore di pressione il cui segnale è utilizzato per

modulare la velocità dei ventilatori di estrazione. L'uscita del collettore è connessa a due gruppi di filtrazione indipendenti, formati ciascuno da una coppia di macchine speciali combinate di abbattimento elettrostatico / scrubber ad acqua (mod. K-IND[®], dalla struttura simile al depuratore usato nell'impianto pilota). Ogni singola macchina è dotata di un doppio scambiatore di calore ingresso / uscita munito di circuito idraulico con miscela acqua e glicole, pompa di circolazione e valvola modulante con *bypass*: questo sistema, controllato elettronicamente, ha la funzione di mantenere i fumi in ingresso entro l'intervallo di temperatura desiderato, indipendentemente dalla portata.

Descrizione dell'impianto

Ogni canalizzazione è collegata al plenum per mezzo di una valvola pneumatica dapò che si apre non appena i forni corrispondenti hanno raggiunto la temperatura di esercizio. Inoltre, il collettore serve anche ad intercettare buona parte della frazione di inquinanti più facilmente condensabile (paraffina), grazie al brusco calo di velocità dell'aria e alla presenza sul fondo di uno scarico per gravità in guardia idraulica. Tutte le canalizzazioni sono coibentate e dimensionate in modo da mantenere elevate velocità di transito, allo scopo di minimizzare la possibile deposizione di inquinanti.

Ogni gruppo di filtrazione è asservito ad un quadro di comando dotato di doppio micro-controllore (PLC), il primo dedicato alla gestione del ciclo di funzionamento di filtrazione e di lavaggio automatico, il secondo alla regolazione delle funzioni in base alle grandezze analogiche (temperatura -> circuito scambiatore e pressione / portata -> inverter ventilatore).

Il cuore dell'impianto è rappresentato dalla macchina combinata K-IND[®], la cui struttura interna è caratterizzata dalla presenza di un precipitatore elettrostatico seguito da uno scrubber ad acqua. Questa configurazione offre una serie di vantaggi importantissimi: innanzi tutto, si ha uno spettro d'azione molto ampio, in quanto l'elettrofiltro agisce efficacemente sulla frazione corpuscolata degli inquinanti, sia in fase solida che di vapore, mentre lo scrubber agisce sulla fase gassosa per assorbimento chimico. Con gli opportuni accorgimenti, un solo circuito idraulico può essere impiegato per lo scrubber e per il lavaggio periodico dell'elettrofiltro. Inoltre, utilizzando nel precipitatore degli elettrodi specialmente conformati, è possibile arricchire l'aeriforme in transito di elementi come ozono e radicali liberi fortemente reattivi, che possono incrementare l'ossidazione degli inquinanti in fase liquida nello scrubber. Grazie alla particolare struttura della macchina, gli inquinanti abbattuti nell'elettrofiltro vengono raccolti ed espulsi all'esterno durante il

normale funzionamento. I depositi che si formano sugli elettrodi collettori, in presenza di una temperatura ottimale, rimangono fluidi e sono liberi di percolare in una tramoggia dotata di uno scarico in guardia idraulica. Anche la tramoggia viene mantenuta in temperatura da resistenze elettriche termostate, in modo da facilitare lo scarico nel serbatoio sottostante. Poiché gli inquinanti reflui hanno densità inferiore a quella dell'acqua, essi stratificano sulla superficie della guardia idraulica e possono essere facilmente allontanati per mezzo di una pompa di aspirazione del surnatante.

L'aeriforme contenente gli inquinanti residui entra quindi nello scrubber a colonna, dotato di corpi di riempimento plastici ad ampia superficie di contatto e di una rampa di ugelli in controcorrente. Il pH del liquido di processo viene costantemente tenuto sotto controllo da una centralina dosatrice, in grado di alimentare una miscela di reagenti appropriati alla neutralizzazione degli inquinanti in soluzione (in prevalenza aldeidi). Eventuali residui solidi presenti in soluzione sono raccolti in un filtro a cestello metallico dotato di raschiatore rotante, posto in serie al circuito idraulico. L'autopulizia periodica di questo filtro è effettuata contemporaneamente alla emissione di acqua di spurgo, che viene utilizzata per l'allontanamento dei residui. L'aria ormai depurata passa da un separatore di gocce ad alta efficienza ed attraversa lo scambiatore di calore in uscita che ne innalza la temperatura prima di transitare dal ventilatore e dal camino di espulsione in atmosfera. Questo accorgimento permette di limitare la condensazione di vapore acqueo e la conseguente formazione di un pennacchio al camino con temperature ambientali relativamente basse.

Controllo automatico della portata

Ogni gruppo è dotato del proprio ventilatore centrifugo, alimentato da un inverter; quest'ultimo è regolato da un controllore programmabile, in base ad una serie di parametri. Il parametro fondamentale è rappresentato dal livello di depressione presente nel collettore di raccolta delle canalizzazioni, il cui valore è selezionabile da pannello operatore. In caso di avaria del pressostato nel collettore, il parametro di riferimento è dato dalla identificazione del numero e del tipo di linea produttiva effettivamente in funzione. La regolazione avviene allora in base ai valori storicamente rilevati con il pressostato funzionante. Ogni canalizzazione è collegata al collettore tramite una serranda pneumatica d'apò, che si apre automaticamente quando il forno della rispettiva linea ha raggiunto la temperatura operativa. A valle di ogni ventilatore è inserita una serranda pneumatica di intercettazione (che si chiude automaticamente quando il

ventilatore non è in funzione), seguita da un rilevatore di velocità dell'aria, il cui segnale è utilizzato dal controllore programmabile per calcolare la portata in tempo reale, riportata su pannello operatore. In base alla effettiva necessità, il sistema di controllo può attivare il gruppo principale (*master*) fino alla sua massima portata nominale e quindi il gruppo secondario (*slave*). Per evitare fenomeni di battimento o di risonanza tra i due ventilatori, essi non possono mai girare alla stessa velocità; quando viene richiesta la stessa portata ai due gruppi, il gruppo *master* si fa sempre carico di un 10% della portata dello *slave*, in modo da mantenere una significativa differenza di regime rotatorio. Il ruolo di *master* e *slave* viene scambiato periodicamente tra i due gruppi, in modo da evitare un grado di sporco disomogeneo.

Come si può vedere, si tratta di un sistema relativamente complesso, però in grado di fornire entro pochi secondi la portata necessaria senza provocare alcuna variazione alla temperatura dei forni di polimerizzazione, anche in caso di avaria dei pressostati di controllo.

Controllo automatico della temperatura

Ogni singolo depuratore è dotato di un sistema di regolazione della temperatura dei fumi in ingresso all'elettrofiltro, costituito da una coppia di scambiatori di calore ingresso / uscita, collegati da un circuito sigillato ad acqua e glicole con pompa di ricircolo e valvola motorizzata di regolazione portata tramite *by-pass* parziale. Le temperature del liquido in circolo e dei fumi in ingresso a valle dello scambiatore sono costantemente monitorate da un PLC, che provvede alla regolazione della valvola di *by-pass* in modo da mantenere una temperatura costante nella sezione di precipitazione elettrostatica. Il valore rilevato dalla termocoppia in ingresso è utilizzato anche per gestire la fase di avviamento del ciclo di filtrazione: all'orario impostato di avvio produzione, i ventilatori si mettono in funzione per aspirare aria calda dai forni in riscaldamento, in modo da portare gradualmente in temperatura il filtro elettrostatico prima dell'avvio della fase operativa. In questo modo, tutti i residui addensati sui collettori vengono fluidificati ed allontanati per gravità. Solo al raggiungimento di una soglia prefissata di temperatura si avrà la partenza del ciclo di filtrazione vero e proprio, contemporaneamente all'avvio della produzione e quindi, alla presenza degli inquinanti da abbattere.

Lavaggio automatico dell'elettrofiltro

Come in tutti gli apparati di depurazione, l'operatività del filtro è influenzata dalla quantità di inquinanti trattenuta all'interno delle strutture filtranti: negli elettrofiltri il fattore limitante non è l'eccessiva perdita di carico, come avviene nei filtri meccanici, quanto piuttosto la diminuzione delle distanze di isolamento in aria tra gli elettrodi. Ciò significa che una eccessiva presenza di depositi (*bulk-up*) può determinare delle scariche elettriche in eccesso rispetto a quelle normalmente accettabili (in condizioni ottimali si hanno solo delle scariche sporadiche). Nel nostro caso, gran parte dei depositi viene allontanata durante il funzionamento, con un effetto vantaggioso di autopulizia delle piastre di raccolta. Tuttavia, esiste sempre una frazione di depositi dotati di maggiore aderenza, che permane e si accumula nel tempo, determinando un periodo di normale operatività del filtro oltre il quale occorre intervenire con un lavaggio. Una buona e puntuale esecuzione del lavaggio è indispensabile per garantire nel tempo il funzionamento ottimale del precipitatore elettrostatico. Per questo motivo, le operazioni di lavaggio sono state interamente automatizzate, senza dipendere da un intervento del personale. Dopo un intervallo stabilito in sede di collaudo (tipicamente ogni 8 settimane), viene attivato un ciclo di lavaggio durante il fermo impianto di fine settimana. In ogni gruppo di filtrazione composto da due depuratori industriali K-IND® si ha il vantaggio di disporre di un sistema idraulico di grande capacità (100 m³/h di flusso), normalmente impiegato per alimentare le sezioni di assorbimento ad umido (*scrubber*). Durante il ciclo di lavaggio, l'acqua di processo viene scaricata e rimpiazzata con acqua pulita; quindi si commuta l'uscita della pompa su due rampe di ugelli poste rispettivamente sopra il prefiltro equalizzatore di flusso e sopra l'elettrofiltro; si effettua un prelavaggio con acqua ed un lavaggio con l'aggiunta automatica di uno speciale detergente, quindi si scarica l'acqua di lavaggio e si opera un risciacquo con acqua pulita. Per ridurre al minimo il consumo d'acqua, le operazioni di lavaggio sono condotte utilizzando solo il 50% della capacità totale della vasca di raccolta, mentre l'acqua utilizzata per il risciacquo viene riciclata nel ciclo di filtrazione. Un deposito di stoccaggio temporaneo raccoglie lo scarico del lavaggio, da conferire in seguito ad un impianto consortile di trattamento acque.

Protezione antincendio

In impianti di questo tipo i principi di incendio devono essere considerati un evento

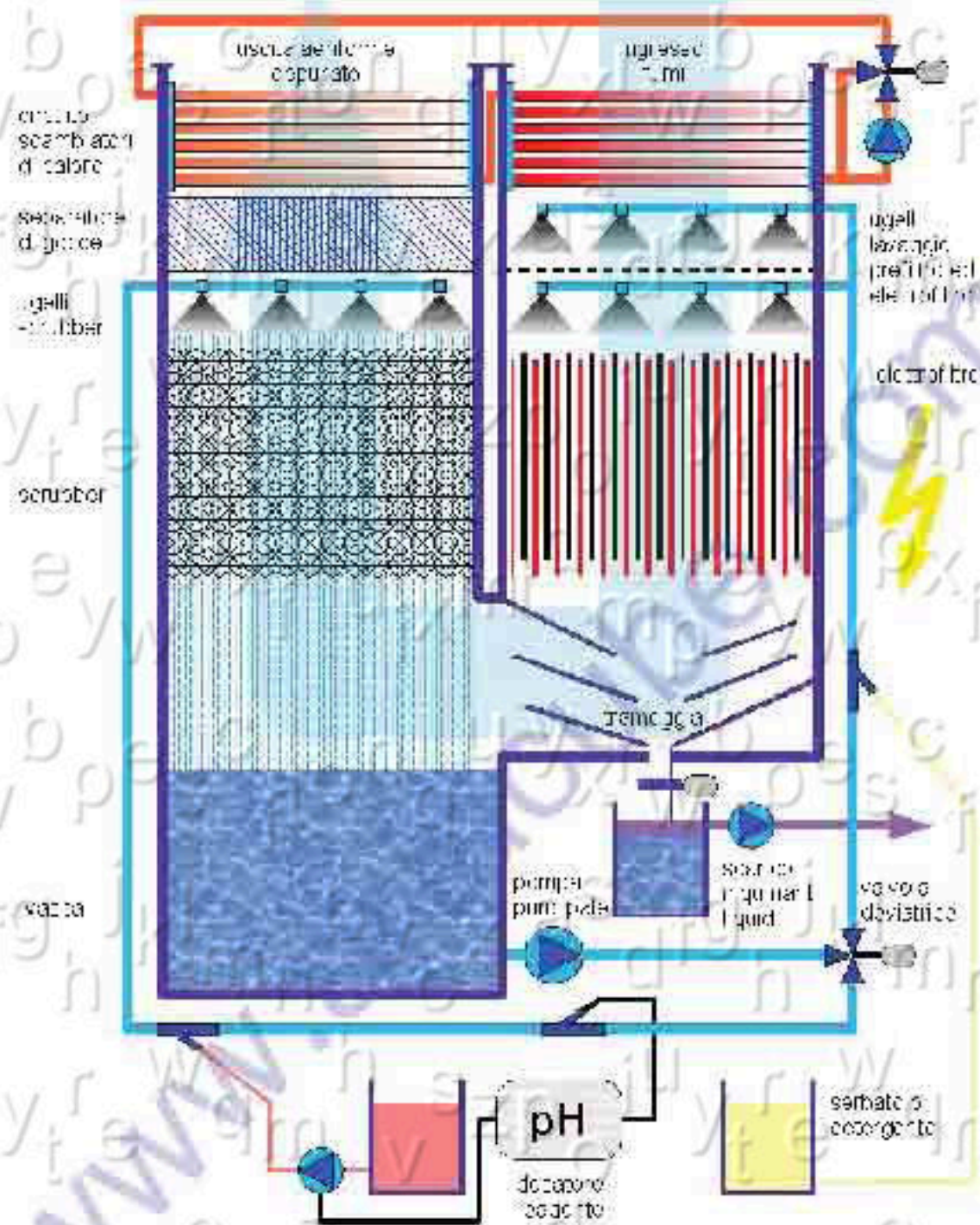
possibile: di conseguenza devono essere messe in atto tutte le misure di prevenzione immaginabili. Un fermo momentaneo dei ventilatori di estrazione dei forni, dovuto ad esempio all'intervento di una protezione termica, potrebbe provocare un repentino aumento della temperatura e la combustione della rete sottoposta a trattamento. In queste condizioni, del materiale incendiato sarebbe facilmente aspirato dall'impianto principale di estrazione e potrebbe determinare l'accensione di depositi nelle condutture o addirittura all'interno di uno dei depuratori. Per questo motivo, l'ingresso di ogni depuratore è protetto da una serranda tagliafuoco ad azionamento automatico, mentre la temperatura all'interno degli elettrofiltri è costantemente tenuta sotto controllo da una serie di sensori antincendio. Un eventuale ed anomalo aumento della temperatura provoca innanzi tutto il blocco dell'alimentazione elettrica e quindi l'irrorazione del prefiltro e dell'abbattitore elettrostatico con l'acqua di processo. Questo intervento può proteggere il depuratore anche da shock termici dovuti a cause differenti dall'incendio, come ad esempio un guasto al circuito idraulico degli scambiatori di calore. Se l'incremento di temperatura supera una ulteriore soglia di sicurezza, interviene l'erogazione di una carica di anidride carbonica contenuta in una bombola da 40 kg posta all'esterno della struttura, azionabile anche manualmente in caso di emergenza.

Gestione dell'impianto

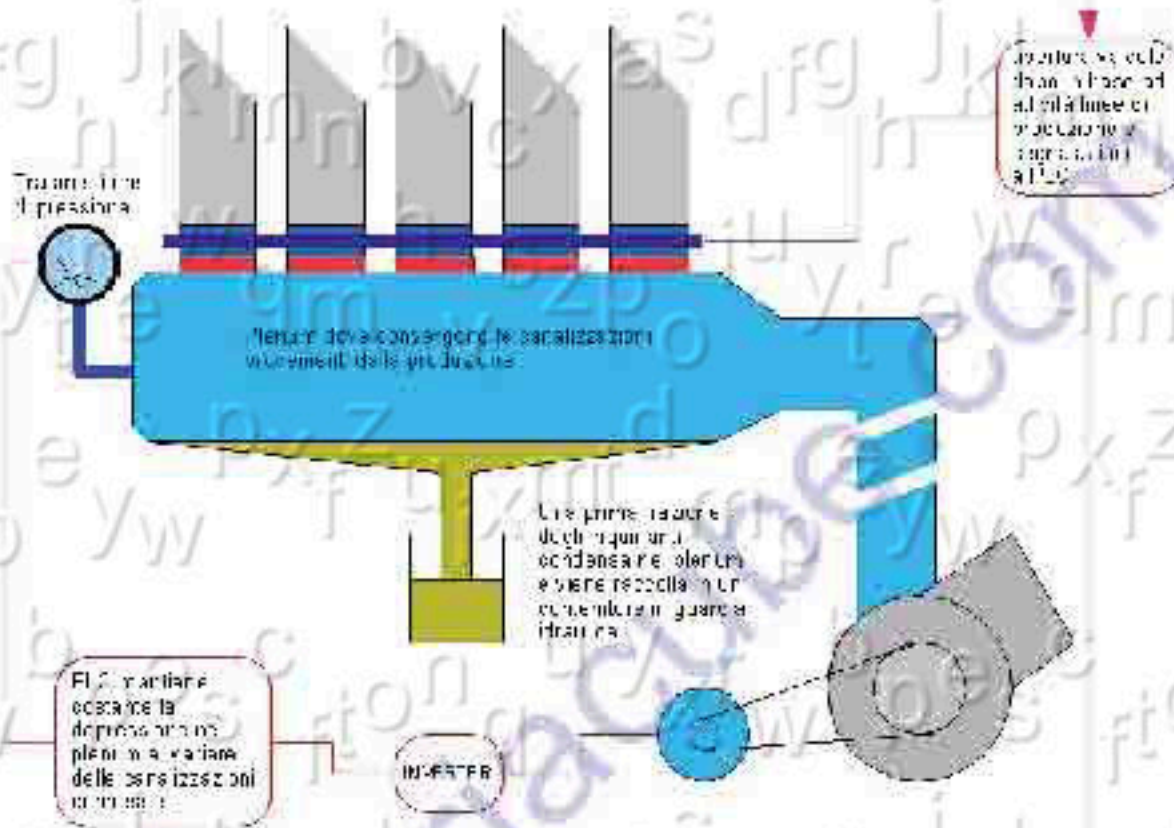
La gestione può essere indifferentemente manuale o automatica: in genere la gestione manuale si utilizza solo per interventi straordinari o di manutenzione. In condizioni normali non è necessario alcun intervento da parte del personale. L'impianto si predispone automaticamente all'avviamento nei giorni e negli orari stabiliti da un orologio-calendario, attivando il ciclo di riscaldamento, e quindi di filtrazione, in corrispondenza all'effettiva attivazione dei forni. Allo stesso modo il ciclo di filtrazione viene disattivato dopo il raffreddamento di tutte le linee di produzione. La ripartizione della portata tra i due gruppi avviene in base al numero di linee attivate: il gruppo *master* si avvia per primo e comanda la partenza del gruppo *slave* solo in caso di necessità. L'unica operazione manuale da effettuare consiste nel riempimento del serbatoio del reagente per la correzione del pH dell'acqua di processo.

Il ciclo periodico di lavaggio è invece attivabile in qualunque momento al di fuori del tempo di programmazione della filtrazione, cioè nelle ore notturne dopo la fermata della produzione o durante il fine settimana, e richiede il solo riempimento manuale del

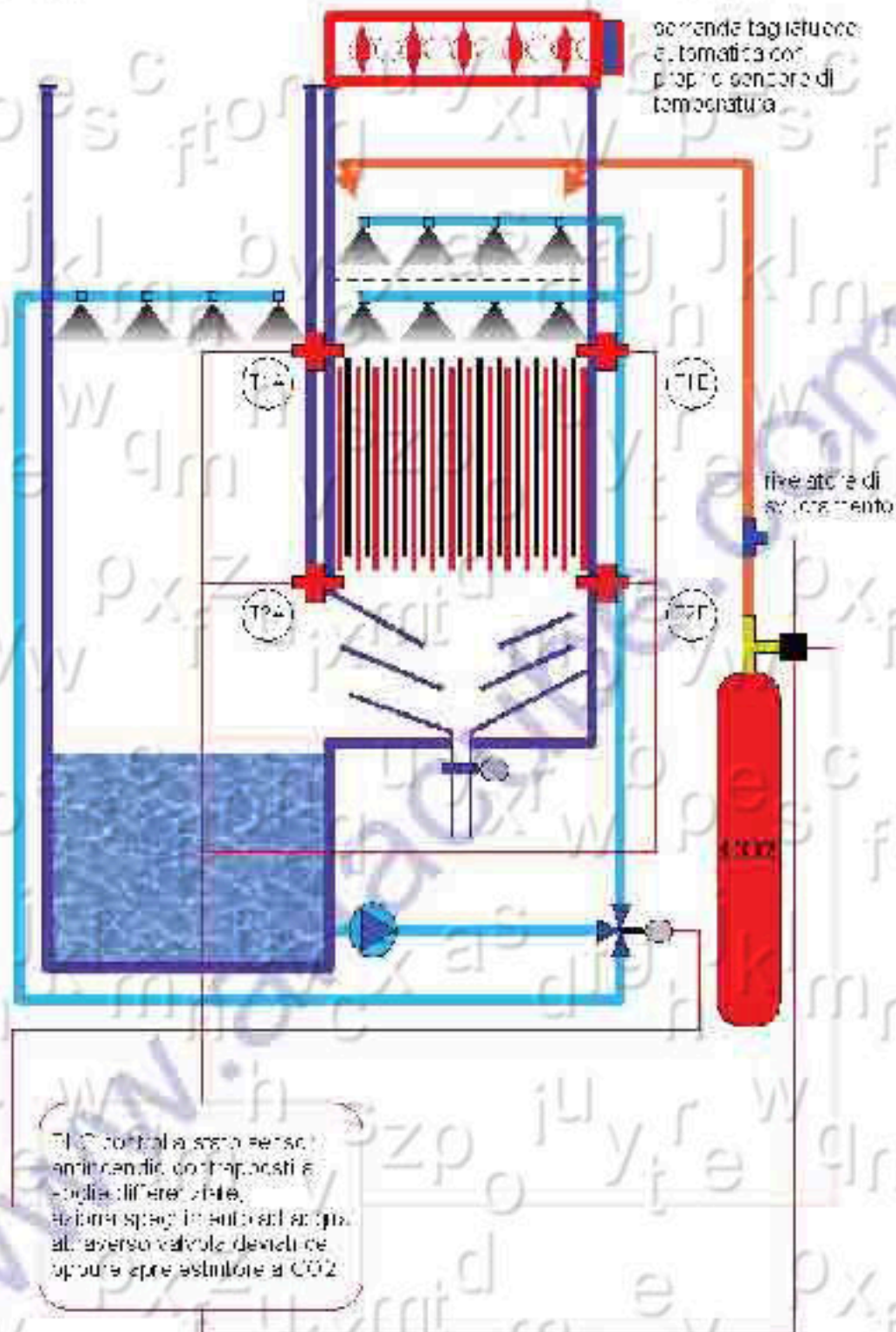
serbatoio del detergente. Durante il periodo invernale, fuori dai normali cicli di funzionamento, l'acqua di processo viene fatta comunque circolare ad intermittenza, in modo da evitare possibili danneggiamenti alla pompa ed alle valvole del circuito idraulico.



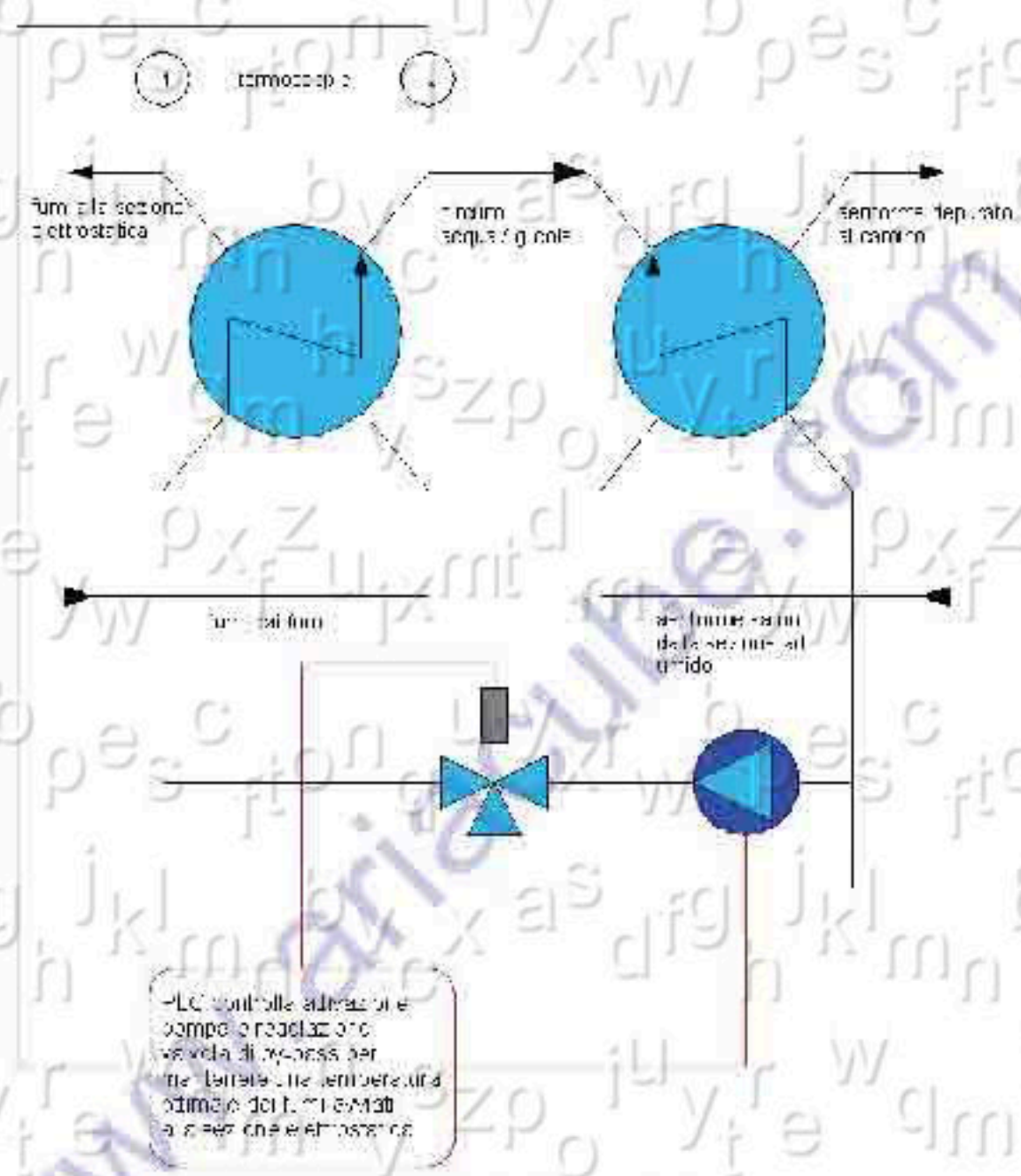
L'eletrólisis crea il cloro che è un agente disinfettante e ossidante. Inoltre, il cloro reagisce con i nutrienti organici e inorganici presenti nell'acqua, formando composti clorati e clorati. Il cloro reagisce con i nutrienti organici e inorganici presenti nell'acqua, formando composti clorati e clorati. Il cloro reagisce con i nutrienti organici e inorganici presenti nell'acqua, formando composti clorati e clorati.



Per esigenze di produzione, le linee per la resina naturale e reti possono essere attivate o disattivate in qualunque momento. L'aspirazione dei fumi deve avvenire regolarmente e senza variazioni, qualunque sia il numero di linee in attività, per non causare perturbazioni né a temperatura del fono di polimerizzazione. Questo scopo è stato raggiunto facendo convergere le canalizzazioni provenienti dalle singole linee in un plenum mantenuto a depressione costante. Un controllore programmabile apre o chiude le singole valvole di ammissione in base allo stato di attività della linea corrispondente, mentre la velocità del ventilatore di estrazione viene continuamente regolata per mantenere costante il valore di depressione nel plenum. In questo modo, la portata delle singole aspirazioni rimane costante in ogni situazione. Allo stesso tempo, il plenum provvede alla diluizione di inquinanti che condensano a causa della brusca diminuzione di velocità determinata dal cambio della sezione e il condensato viene raccolto nella temperatura della struttura è adeguatamente controllata. Il vuoto per gravità in un contenitore in guardia idraulica. Anche il condensato che si forma e lo conduttore plenum per gravità, in modo da mantenere le condizioni in ottime condizioni di qualità.



In una applicazione come questa, il rischio di incendio non deve essere sottovalutato: il impianto potrebbe facilmente aspirare dai forni una porzione di prodotto in fiamme. La sirena tag infuoco permette di impedire la propagazione dei principi di incendio, mentre un doppio sistema di spegnimento (ad acqua e ad anidride carbonica) viene azionato automaticamente in caso d'aumento incontrollato della temperatura all'interno del latero filtratore della tecnologia a scocca degli inquinant.



Per mantenere una temperatura costante ed ottimale del liquido elettrolitico, la sezione di pre-riscaldamento è dotata di un sistema di riscaldamento formato da due scambiatori di calore, possibilmente a circolazione forzata e medi di ogni singolo circuito. Il sistema di riscaldamento deve essere tale da consentire una buona fluidità del "pre-riscaldato", in modo da ottenere un continuo processo di lavamento delle piastre di raccolta. In questo modo, occorre prevedere un pre-riscaldatore da temperature aggressive che potrebbe danneggiare il valore scottato ai fini di processo, viene ridotto all'ambiente di lavoro, questo, che da velocità e l'espansione di camino per un tempo a normale di essere accudito solo nel periodo invernale ("antiscottati" "pennacchi").



L'impianto di abbattimento nel suo insieme. In particolare, dall'alto possiamo vedere il collettore coibentato che porta i fumi all'ingresso dei quattro depuratori, attraverso le serrande tagliafuoco (di colore blu). Più sotto sono visibili gli scambiatori di calore (di colore grigio). Frontalmente ad ogni macchina sono applicati a sbalzo gli alimentatori ad alta tensione per gli elettrofiltri, al di sotto dei quali sono alloggiati le bombole di CO₂ dell'impianto antincendio (in rosso).



Un collettore a sezione variabile distribuisce i fumi ai due gruppi di due depuratori, attraverso giunti flessibili per alte temperature e serrande tagliafuoco dotate di motore pneumatico. In primo piano vediamo uno degli scambiatori di calore in uscita e i collettori che convogliano l'aeriforme depurato a uno dei due ventilatori d'estrazione (non visibili nella foto).



Il plenum a depressione costante al quale convergono le canalizzazioni di aspirazione corrispondenti alle singole linee produttive. Ogni canalizzazione è collegata tramite una serranda pneumatica d'apò, che si apre solo all'avviamento della propria linea. In posizione sottostante è visibile un contenitore di raccolta dei condensati posto in guardia idraulica. Tutte le strutture sono adeguatamente coibentate per mantenere i fumi in temperatura.



Il pH nell'acqua di processo viene regolato tramite una centralina di controllo che comanda separatamente una pompa dosatrice per ogni gruppo. I coperchi di colore giallo che si possono vedere in alto e a sinistra, costituiscono le chiusure di sicurezza che impediscono l'accesso agli elettrofiltri in presenza di alta tensione.