

Industria 4.0: la sfida è aperta

DI ALESSANDRO GOBBI

Da alcuni anni si parla di Industria 4.0 e di quarta rivoluzione industriale: questo nuovo approccio nasce dalla sostanziale necessità di far fronte alle difficoltà che stanno attraversando alcuni settori, come il manifatturiero, a causa sia della crisi economica sia della radicale trasformazione del mondo dei consumi. L'esigenza è quella di una maggiore flessibilità nei processi e nei prodotti.

Per quarta rivoluzione industriale si intende un ulteriore processo di informatizzazione delle industrie tradizionali, come quella manifatturiera, con l'obiettivo di realizzare la 'fabbrica intelligente', o Smart Factory, caratterizzata cioè da una forte capacità di adattamento, configurabilità e alta flessibilità.

Secondo questa logica, le macchine saranno in grado di coordinarsi, comunicare e interagire fra di loro, condividendo informazioni e suddividendosi il lavoro, anche dal punto di vista del calcolo e del controllo.

Le fabbriche, di conseguenza, saranno capaci di produrre senza scarti e senza sprechi di energia. Potranno trasformarsi, comunicare le anomalie e imparare dai propri errori. Saranno in grado di gestire grandi numeri con la massima accuratezza, avendo sempre meno bisogno di un intervento umano.

Una vera e propria rivoluzione, quindi, che sarà possibile grazie alle tecnologie dell'informazione come cloud computing, Internet of Things e molto altro, ma che, al tempo stesso, non potrà prescindere dalle tecnologie proprie del mondo industriale tradizionale, come ad esempio sensori, nanotecnologie, applicazioni di calcolo parallelo, oppure come le varie forme di prototipazione virtuale del processo e del prodotto.

La prima rivoluzione industriale era giunta in seguito allo sfruttamento della potenza di acqua e vapore per meccanizzare la produzione, la seconda era stata il risultato dell'utilizzo dell'elettricità che aveva dato il via alla produzione di massa, e la terza, quella più recente e conosciuta anche come rivoluzione digitale, ha sostanzialmente aumentato il livello di automatizzazione dei processi industriali grazie all'utilizzo di sistemi elettronici e informatici.

In questa quarta rivoluzione industriale, le trasformazioni saranno profonde non solo nel modo di produrre, ma anche nei beni prodotti, nei nostri consumi e nei nostri comportamenti. L'automotive per esempio attraverserà una trasformazione profonda. Secondo Mary Barra, AD di General Motors, l'industria dell'auto cambierà di più nei prossimi dieci anni di quanto non abbia fatto nei precedenti cinquanta. Avremo auto diverse, per il tipo di energia che le alimenterà, per i livelli di sicurezza, di interconnessione con le altre auto e le infrastrutture, per chi le guiderà, per chi le possiederà, per l'uso che ne faremo.

A livello teorico la fabbrica 4.0 di fatto esiste già, ma deve fare ancora molta strada per arrivare a una completa implementazione con i sistemi industriali di oggi. La sfida è aperta.





L'ANALISI CONGIUNTURALE DI FEDERCHIMICA

Chimica in Italia: ripresa moderata nel 2016

Federchimica prevede cifre moderatamente positive per il 2016.

Condizionate, tuttavia, dalle forti incertezze a livello globale. La ripresa appare consolidata in alcuni settori clienti (auto, ma anche plastica, cosmetica e alimentare), mentre rimangono in negativo altri importanti comparti come il tessile-cuoio e le costruzioni.

A CURA DI FEDERCHIMICA

Come di consueto a ogni semestre, Federchimica fa il punto sulla situazione dell'industria chimica in Europa e Italia, profilando lo scenario attuale e intravedendo prospettive di sviluppo. E la parola 'sviluppo', in questo caso, è appropriata: secondo il 'braccio chimico' di Confindustria, infatti, il 2016 dovrebbe essere, pur con molte cautele, un anno in attivo per l'industria nazionale (e comunitaria). Ecco i contenuti principali dell'analisi.

DOMANDA MONDIALE DI CHIMICA

Si prevede a livello globale un ritmo di espansione piuttosto stabile pari al 2,5%.

In questo quadro, appare il rallentamento della Cina, seppure non drammatico. Peraltro le situazioni di possibile sovraccapacità riguardano solo alcuni settori specifici. Negli Stati Uniti la crescita della produzione proseguirà a tassi robusti (+3,1%) beneficiando di una solida ripresa economica.

Per la chimica europea si prevede un miglioramento solo graduale (compreso tra l'1,0 e l'1,5%) dopo un 2015 in modesta espansione (+0,5%).

La ripresa dell'industria manifatturiera rimarrà condizionata dall'incertezza, il cambio euro/dollaro sosterrà le esportazioni e mitigherà la pressione dell'import insieme ai bassi corsi del petrolio che ridimensionano il vantaggio di costo delle produzioni alimentate a gas, nord-americane e medio-orientali.

IL CALO DEI PREZZI DELLE MATERIE PRIME

Il calo nei prezzi della petrolchimica si è realizzato solo nei mesi più recenti, frenato da condizioni di offerta tese in relazione a fattori destinati a rientrare solo in parte in futuro: oltre alle fermate per *force majeure*, la definitiva chiusura di impianti conseguente alla crisi e flussi di import contenuti. I produttori italiani di chimica delle specialità non hanno beneficiato di un calo significativo e generalizzato dei costi. Oltre alle già citate tensioni, bisogna tenere conto che il petrolio è una materia prima lontana dalla chimica a valle – di conseguenza il calo si manifesta con ritardo e in misura diluita – e che non tutte le materie prime sono riconducibili al petrolio.

Le recenti quotazioni del petrolio, inferiori ai 40\$, sono da considerarsi temporanee in quanto generano rischi di instabilità per l'economia mondiale così gravi da spingere, se necessario, tutti gli attori in gioco (OPEC e non) a trovare un accordo di restrizione dell'offerta. Le previsioni per il 2016 collocano il petrolio intorno ai 45\$ presupponendo il ritorno nella seconda parte dell'anno su livelli analoghi alla media 2015, di conseguenza non si prospettano ulteriori forti spinte al calo dei costi.

LA RIPRESA IN ITALIA

Nel 2015 la produzione chimica in Italia evidenzia un recupero – ancora molto graduale – che vede per la prima volta segnali di risveglio della domanda interna. L'avvio della ripresa appare consolidato in alcuni settori clienti (auto, ma anche plastica, cosmetica e alimenta-

CALO CONTENUTO DEL COSTO DELLE MATERIE PRIME

A fronte del marcato calo delle quotazioni petrolifere, la riduzione nei prezzi dei prodotti petrolchimici di base si è realizzata solo nei mesi più recenti, risultando frenata da due ordini di fattori destinati a rientrare solo in parte nei prossimi mesi:

- condizioni di offerta tese in relazione a fermate temporanee per *force majeure*, ma anche alla definitiva chiusura di impianti conseguente alla crisi (in Europa si è concentrato oltre il 40% delle chiusure a livello mondiale);
- flussi di import contenuti, complici l'euro debole e gli stessi bassi corsi del petrolio che mitigano il vantaggio competitivo delle produzioni alimentate a gas.

I produttori italiani di chimica delle specialità non hanno beneficiato di un calo significativo e generalizzato dei costi per diverse ragioni:

- il petrolio è una materia prima lontana dai loro fattori di costo, di conseguenza il calo normalmente si manifesta con ritardo e in

misura diluita mano a mano che si scende lungo la filiera;

- l'impatto è stato ulteriormente frenato dalle citate tensioni nell'offerta petrolchimica europea;
- non tutte le materie prime sono riconducibili al petrolio, ad esempio le materie prime di origine naturale – come l'olio di palma – hanno subito flessioni molto più contenute (in euro -10% a fronte del -37% del petrolio).

Le recenti quotazioni del petrolio – inferiori ai 40\$ – sono da considerarsi temporanee, in quanto generano rischi di instabilità per l'economia mondiale così gravi da spingere, se necessario, tutti gli attori in gioco (OPEC e non OPEC) a trovare un accordo per la restrizione dell'offerta. Le previsioni per il 2016 collocano il petrolio intorno ai 45\$ presupponendo il ritorno nella seconda parte dell'anno su livelli analoghi alla media del 2015. Di conseguenza non si prospettano ulteriori forti spinte al calo dei costi.



FOTO ANDRITZ

re), mentre rimangono in negativo altri importanti comparti come il tessile-cuoio e le costruzioni. Nonostante la generale debolezza del commercio mondiale, l'export chimico italiano mostra una crescita marcata (+3,9% in valore nonostante prezzi lievemente cedenti). Le vendite estere restano molto diversificate a livello geografico, risultando in espansione nel 61% dei paesi, in calo nel restante 39%. Nei mesi più recenti emerge un rallentamento, comunque non drammatico. La produzione chimica in Italia è attesa chiudere il 2015 in crescita dello 0,8% grazie all'export in forte espansione (+4,5% in volume) e al primo rialzo della domanda interna (+1,2%), accompagnati da un consistente aumento dell'import (+4,3%).

IMPORT / EXPORT

Nonostante la generale debolezza del commercio mondiale, l'export chimico italiano mostra una crescita marcata (+3,9% in valore nonostante prezzi lievemente cedenti) in presenza di una ripresa anche dell'import (+2,6%).

Le vendite estere restano molto diversificate a livello geografico:

- sono in espansione nel 61% dei paesi, in calo nel restante 39%;
- brillano le vendite negli Stati Uniti (+15%), in Cina (+13%) e in India (+20%);
- mostrano una certa debolezza nei principali partner europei (Germania -2%, Spagna -2%, Francia +1%);
- calano in Turchia (-6%) e Russia (-10%) anche a causa della svalutazione delle monete locali

LE PREVISIONI

Alla luce di uno scenario esterno denso di rischi, le previsioni per la chimica nel 2016 – in Italia come altrove – presentano un grado di incertezza molto maggiore che in passato. In Italia la crescita della

produzione potrà consolidarsi all'1,4% nell'ipotesi che il quadro internazionale non porti a una più brusca frenata degli Emergenti o all'arresto della ripresa europea.

L'andamento dell'attività è comunque altalenante:

- nei mesi centrali dell'anno, gli acquisti hanno subito una battuta d'arresto a fronte di attese di ribasso nei prezzi di vendita della chimica in seguito al calo delle quotazioni petrolifere;
- in generale le imprese clienti – ancora condizionate da incertezza e vincoli di liquidità – tengono gli stock molto bassi, facendo acquisti solo in presa diretta con il miglioramento della domanda finale.

PROSPETTIVE PER L'INDUSTRIA CHIMICA IN ITALIA

	2014 miliardi di Euro	variazioni in volume		
		2014	2015	2016
Domanda interna	60,6	-0,1	1,2	1,5
Importazioni	34,3	0,8	4,3	2,8
Esportazioni	26,0	2,8	4,5	3,0
Produzione	52,3	0,7	0,8	1,4

CONFRONTO TRA INDUSTRIA CHIMICA E MANIFATTURIERA

	industria chimica	industria manifatturiera
laureati (% su addetti)	19%	9%
personale R&S (% su addetti)	4,2%	2,6%
imprese esportatrici (% su imprese)	55%	21%

ENI VERSALIS, CHI È FONDO SK CAPITAL

Un portafoglio fatto di 9 aziende leader dell'industria chimica e farmaceutica, con un enterprise value aggregato superiore ai 3 miliardi di euro, e un patrimonio di gestione di 1,5 miliardi di dollari. Sono questi alcuni dei numeri cruciali dell'identikit di SK Capital, il gruppo di partecipazioni industriali interessato ad acquisire la controllata di Eni Versalis.

Fondato nel 2007 da Barry Siadat e Jamshid Keynejad, il fondo statunitense conta in portafoglio un pool di aziende che generano 9 miliardi di dollari di ricavi, con un totale di 9.000 dipendenti, 101 impianti produttivi in 32 paesi (tra cui in Italia) ed una rete commerciale in 130 paesi del mondo.

Il gruppo basa le proprie attività su una struttura finanziaria e patrimoniale supportata da un network di partner finanziatori e di co-investitori leader a livello internazionale. Ciò che guida il business del colosso chimico-farmaceutico è "creare valore attraverso il miglioramento delle performance operative delle aziende in portafoglio, senza la necessità di dover ricorrere ad ingegneria finanziaria". In sostanza, il management di SK "ha obiettivi industriali di lungo periodo in un'ottica imprenditoriale e non da mero investitore finanziario". Fra le aziende attualmente detenute da SK Capital in portafoglio ci sono Ascend (tecnologie e processi per la produzione di nylon, plastiche e fibre sintetiche), Calabrian (biossido di zolfo e relativi derivati), Iba (prodotti radiofarmaceutici utilizzati per processi diagnostici e terapeutici), TPC Group (servizi e prodotti ad alto valore aggiunto derivanti dalla trasformazione delle materie prime petrolchimiche), Addivant (fornitura di additivi), Archroma (prodotti chimici quali coloranti, pigmenti ed emulsioni), Halo Pharma (forme di dosaggio per l'industria farmaceutica), Aeb (ricerca e applicazione dei trattamenti di processo riguardanti la biochimica e l'igiene ambientale per viticoltori, produttori di birra e altri produttori alimentari). (ANSA).

L'incertezza non consentirà di vedere amplificati i frutti della ripresa attraverso un consistente ciclo scorte. La continua crescita dell'export (+3,0%), seppure a ritmi più contenuti del 2015, si accompagnerà al consolidamento della domanda interna (+1,5%). Il miglioramento – diffuso via via a tutti i settori clienti – consentirà di mitigare il forte dualismo che ha caratterizzato gli anni recenti tra le imprese chimiche orientate all'export e quelle dipendenti dal mercato interno. I livelli di attività rimarranno però inferiori a quelli pre-crisi per le PMI attive nei settori – come le costruzioni – più colpiti dalla crisi e a bassa proiezione internazionale.

UN MODELLO DI SOSTENIBILITÀ

La chimica è un settore responsabile e cosciente del suo ruolo nella società, quello di promotrice di sviluppo e benessere. Infatti, l'industria chimica rappresenta un modello di riferimento di sostenibilità in tutte e tre le sue dimensioni, economica, sociale e ambientale:

- offre opportunità di lavoro qualificate alle giovani generazioni (con il 19% di laureati contro una media del 9% e, tra i neoassunti, il 26% rispetto alla media del 18%);
- presenta Relazioni Industriali avanzate, che hanno dato vita ai primi fondi settoriali per la previdenza integrativa e l'assistenza sanitaria nel panorama industriale;
- ha drasticamente ridotto le emissioni in acqua (-65% dal 1989) e in aria (-95%) e ha già superato l'obiettivo dell'UE di taglio delle emissioni di gas serra entro il 2030 (-62% dal 1990);
- fornisce a tutti gli utilizzatori a valle soluzioni innovative per il risparmio energetico e la sostenibilità ambientale, comportando – per ogni unità di CO2 emessa per la produzione – un risparmio più che doppio di emissioni da parte degli utilizzatori;
- rappresenta un'infrastruttura tecnologica perché trasferisce tecnologia e innovazione basata sulla ricerca a tutti i settori manifatturieri utilizzatori, alimentandone la competitività e la sostenibilità.

Valorizzare il ruolo dell'industria chimica significa essere consapevoli della sua importanza come strumento di politica industriale a sostegno del cambiamento, della competitività e della sostenibilità di tutti i settori portanti dell'economia italiana. Il settore adotta da sempre un approccio alla sostenibilità equilibrato nelle sue tre dimensioni (economica, sociale e ambientale) e fondato scientificamente. È però necessario non ostacolarla, anzi sostenerla, attraverso un sistema istituzionale favorevole agli investimenti produttivi e all'attività di ricerca.

L'IMPIANTO ENI VERSALIS DI POLIETILENE A BRINDISI



Un workshop per i giovani laureati

Raccontare il primo passo da neolaureato ad ingegnere in tre città contemporaneamente; Milano, Roma e Salerno. Questo l'obiettivo centrato dell'evento organizzato dal GdL AIDIC Giovani.

DI GRAZIA LEONZIO

Trovare un posto di lavoro attualmente è uno dei problemi dei giovani neolaureati. A tale problematica si è attivata l'AIDIC tramite il gruppo di lavoro giovani (GdL). Da un sondaggio svolto lo scorso luglio, rivolto ai laureandi di I e II livello e neolaureati di II livello con esperienza lavorativa, è emersa l'esigenza di chi si sta laureando di venire a contatto con chi si è laureato e ha trovato lavoro da poco, per capire come ha raggiunto tale obiettivo e quali difficoltà ha incontrato sia nella ricerca del posto di lavoro, sia in azienda

da neoassunto. È quindi presente un forte interesse nell'incontrare esperti impegnati nel campo dell'ingegneria chimica.

Per rispondere a tale esigenza è stato organizzato un workshop contemporaneamente in tre differenti città italiane il 27 novembre scorso, come evento annuale AIDIC. Le tre città italiane scelte caratterizzate dallo stesso tema e tenute insieme da un collegamento in streaming condiviso sono Roma, Salerno e Milano rispettivamente nelle università della Sapienza (Aula didattica), di Salerno (Aula 106) e Politecnico (Sala Lombardi). La giunta del GdL ha deciso di voler garantire una propria presenza in ognuna delle città prescelte, anche per poter coordinare al meglio i lavori in loco, insieme ad un tecnico, sempre del GdL, che si è occupato invece del collegamento streaming.

Per il collegamento unificato del workshop nelle diverse città è stato scelto un apposito software in grado di permettere una teleconferenza a tre, consentendo di potersi vedere e parlare in tempo reale. In particolare, si è scelto l'uso del software gratuito VSEE (www.vsee.com).

I vari interventi

I rappresentanti AIDIC nelle città di Roma, Milano e Salerno sono rispettivamente Francesco Giuseppe Pardo, Grazia Leonzio e Marco Stoller, tutti membri della giunta, mentre i tecnici sono rispettivamente Marco Maroncelli Cerquitelli, Davide Papisidero, Enrico Leone. Il dibattito è stato gestito da alcuni chairman: Francesco Giuseppe Pardo e Agnese Cicci (per Roma), Grazia Leonzio (per Milano), Marco Stoller e Olga Sacco (per Salerno). Sono stati invitati a parlare ingegneri chimici in gran parte neoassunti, alla loro prima esperienza lavorativa ed al massimo da due anni in azienda, per raccontare la propria esperienza. Gli speaker inviati a raccontare la propria esperienza sono: Paolo Fraquelli della società De Nora, Daniele Mancini della società Technip, Maria Rosaria



Pepe per la società Processi Innovativi, Andrea Iannone libero professionista, Silvia Mele e Sara Sorrentino impiegate in ItalGas. In seguito ai saluti iniziali dalle tre città italiane, il Prof. Marco Stoller ha presentato l'associazione AIDIC, il gruppo di lavoro AIDIC giovani e i suoi obiettivi. Questi ultimi sono: monitorare la condizione dei giovani neolaureati e/o laureati in Ingegneria Chimica; promuovere in proprio iniziative rivolte in particolar modo ai giovani per quanto riguarda lo sviluppo professionale, l'accesso al mondo del lavoro, la conoscenza, l'incontro tra i

soci e l'amicizia; cogliere le opportunità di cooperazione nelle iniziative AIDIC, sia a livello organizzativo che a livello divulgativo. A seguire l'ing. Francesco Giuseppe Pardo ha esposto le modalità di adesione al gruppo di lavoro AIDIC Giovani. Dalla presentazione degli speaker è emerso che la determinazione è un punto importante per trovare un posto di lavoro. La laurea è solo il punto di partenza: infatti bisogna continuare a studiare, aggiornarsi ed integrare le proprie conoscenze tramite Master e Dottorati.

Indicazioni sono state fornite per la scrittura di un buon curriculum e come meglio presentarsi in un colloquio di lavoro. Non bisogna mai smettere di inviare il curriculum pur avendo già un lavoro ed è necessario aggiornarlo sempre. Sono stati suggeriti alcuni compromessi che non è opportuno accettare in tutti gli ambiti lavorativi: non lavorare gratis, non assumersi responsabilità che non competono, non scendere a compromessi che possono ledere la propria vita privata, non permettere a nessun datore di lavoro che si sta facendo un favore per farci lavorare. Il lavoro può essere trovato tramite invio di curriculum, siti specializzati, candidatura spontanea, posizione aperta ed amici dell'università.

Il portale AIDIC Job

Al termine della presentazione degli speaker, il Prof. Marco Stoller, anche presidente del gruppo di lavoro AIDIC Giovani, ha presentato AIDIC Job, portale realizzato da AIDIC al fine di migliorare il contatto studenti, università e aziende e quindi facilitare l'ingresso nel mondo del lavoro. Dopo una tavola rotonda nella quale sono state poste delle domande e curiosità agli ingegneri che hanno partecipato, il workshop si è concluso con un lungo applauso.

Altri obiettivi dell'evento organizzato sono stati la diffusione del gruppo di lavoro AIDIC giovani e aumentare il numero degli iscritti all'AIDIC.

SOFTWARE PER ENGINEERING

Valutare il tempo minimo per reazioni a semi-batch

In una reazione chimica condotta in un reattore semibatch, la valutazione analitica del tempo minimo di reazione è complessa in quanto, durante il processo, sono variabili il volume del batch e le caratteristiche della miscela di reazione. Si propone una nuova soluzione analitica, valida se la cinetica di reazione è controllata dal dosaggio.

DI LUIGI GRIPPA, MICHAEL J. GENTILCORE

Un *reattore semibatch* è un reattore discontinuo che opera secondo una sequenza:

- carico di tutti i reagenti meno uno e chiusura del reattore
- condizionamento termico
- reazione chimica
- eventuale spegnimento
- apertura e svuotamento
- lavaggio.

I *reattori semibatch* vengono preferiti ai reattori batch quando esiste il rischio concreto che si possa verificare una reazione fuggitiva (*runaway*). In un reattore semibatch tale reazione è impedita in quanto

il reattore opera in difetto di un reagente. Molte reazioni chimiche fortemente esotermiche vengono da tempo condotte in semi-batch: all'inizio il primo reagente viene caricato nel reattore, il secondo reagente viene aggiunto gradualmente nel tempo, allo scopo di evitare il rischio di aumento incontrollato della temperatura, e di innesco di possibili reazioni di runaway. Si presenta una semplice nuova correlazione che valuta, sulla base della capacità di scambio termico del reattore, il tempo richiesto per il dosaggio del secondo reagente, la sua portata, la capacità refrigerante richiesta. Si evidenziano le condizioni impiantistiche affinché il processo sia sicuro; in sostanza, occorre evitare ogni accumulo del secondo reagente.



FOTO DOTTIKON

UN PROCESSO PIÙ AFFIDABILE E SICURO

Nel caso di una reazione chimica fortemente esotermica e caratterizzata da una cinetica veloce, l'esecuzione in semi-batch è molto più affidabile e sicura del processo a batch, in quanto minimizza la quantità di energia disponibile per una potenziale reazione di runaway, e mantiene una possibilità di controllo in casi come il "loss of cooling", quando il reattore diviene adiabatico.

Si consideri una reazione da condurre in modo isoterma alla temperatura t_c , alimentando all'inizio tutto il reagente M in fase liquida o in soluzione, e dosando successivamente il reagente N (liquido, solido o gassoso); G rappresenta l'eventuale sviluppo di sottoprodotti gassosi.



In un tipico processo a semi-batch, all'inizio si carica tutto il reagente M, il solvente, altri chemicals (catalizzatore, etc.); si porta il reattore nelle condizioni di inizio reazione (omogeneità, temperatura, pressione, etc.); si dosa il reagente N, con la massima portata compatibile con lo scambio termico, per mantenere costante la temperatura. La reazione è condotta in modo isoterma, raffreddando se esotermica, scaldando se endotermica.

La valutazione analitica del tempo minimo di reazione è complessa in quanto durante il processo sono variabili il volume del batch (e quin-

di la superficie utilizzata per lo scambio termico), le caratteristiche della miscela di reazione, in specie la densità, la temperatura di uscita dalla camicia. Si propone una nuova soluzione analitica, valida quando la cinetica di reazione è controllata dal dosaggio, cioè N reagisce rapidamente dopo l'introduzione, e sono valide tutte le assunzioni elencate di seguito.

TEORIA

A livello geometrico, assumo che il vessel sia verticale cilindrico con fondi bombati, con camicia sul fondo inferiore e sulla parete cilindrica, agitato. Il livello è sempre nella parte cilindrica del vessel, e nella zona incamicciata; è indipendente dall'agitazione, cioè reattore con frangionde, senza vortici. La correzione "a" tiene conto delle interruzioni della camicia; valori tipici 98% nella camicia anulare, per tener conto del bocchello dello scarico di fondo; 90% nella camicia a semitubo, per tener conto dello spazio non bagnato fra un passaggio ed il successivo.

Area di scambio termico effettiva, cioè bagnata sia lato processo che lato camicia

$$A = a(A_B + \pi Dh) \quad (1)$$

Volume della miscela di reazione

$$V = V_B + \pi D^2 h / 4 \quad (2)$$

da (2):

$$\pi Dh = 4(V - V_B) / D$$

da (1):

$$A = aA_B + a4(V - V_B) / D \quad (3)$$

differenzio la (3) sul tempo:

$$\frac{dA}{d\theta} = \frac{4a}{D} \frac{dV}{d\theta} \quad (4)$$

BILANCIO TERMICO DEL REATTORE

Assumendo: ΔH e ρ costanti e le dispersioni termiche del reattore trascurabili:

$$Q = -\Delta H \rho \frac{dV}{d\theta} \quad (5)$$

introducendo la (4):

$$Q = -\frac{\Delta H \rho D}{4a} \frac{dA}{d\theta} \quad (6)$$

ρ è il rapporto fra la massa netta aggiunta, N-G, e la variazione di volume della miscela di reazione, fra la fine e l'inizio del processo.

- Quando i volumi sono additivi (la miscelazione è ideale), cioè $V_M + V_N = V_{\text{massa a fine reazione}}$, ρ coincide con la densità di N.
- Quando i volumi non sono additivi (la miscelazione non è ideale), il volume può crescere o diminuire durante la reazione; ciò avviene in genere quando la miscelazione ha un sensibile effetto termico. In tal caso ρ può anche assumere un valore negativo.

ΔH : è il rapporto fra l'entalpia totale di reazione e la massa netta aggiunta.

Va calcolato alla temperatura di reazione, e comprende il ΔH_c della reazione chimica e il calore sensibile occorrente per portare il reagente N alla temperatura di reazione.

$$\Delta H = \Delta H_e + C_n(t_e - t_n) \quad (7)$$

Vanno pure inclusi eventuali altri contributi quali l'entalpia di diluizione; nel caso vi sia sviluppo di un gas, l'entalpia endotermica di evaporazione del gas e del solvente trascinato.

LO SCAMBIO TERMICO, LEGGE DI FOURIER

Assunzioni: U è costante (oppure, se le variazioni sono piccole, si assume un valore medio fra l'inizio e la fine della reazione; se sono grandi, occorre spezzare la reazione in più step)

dalla (6)

$$Q = UA\Delta T = -\frac{\Delta H \rho D}{4a} \frac{dA}{d\theta} \quad (8)$$

da cui:

$$\frac{dA}{A d\theta} = -\frac{4Ua\Delta T}{\Delta H \rho D} ;$$

definisco

$$K_\theta = \frac{\Delta H \rho D}{4Ua\Delta T} \quad (9)$$

$$\frac{dA}{A} = -\frac{d\theta}{K_\theta} \quad (10)$$

CONSIDERAZIONI SULLA CAMICIA

Assunzioni: W, C e T_i sono costanti. Due casi:

- Jacket isoterma: $T_o = T_i$ (es. un fluido evaporante); $\Delta T = t_c - T_i$, costante, quindi K_θ è una costante.
- Jacket non isoterma: bilancio termico della camicia

$$Q = UA\Delta T = WC(T_o - T_i) \quad (11)$$



nella quale:

$$\Delta T = [(t_e - T_i) - (t_e - T_o)] / \ln \left(\frac{t_e - T_i}{t_e - T_o} \right) \quad (12)$$

da cui

$$\ln \left[\frac{t_e - T_i}{t_e - T_o} \right] = \frac{T_o - T_i}{\Delta T} = \frac{UA}{WC} \quad ;$$

definisco $K = \exp[UA/WC]$ (13)

ne deriva $\frac{t_e - T_i}{t_e - T_o} = K$ $T_o = t_e + \frac{T_i - t_e}{K}$ (14)

Essendo A variabile, è variabile K, T_o e quindi ΔT e quindi K_θ .

Nei casi reali la variazione di ΔT fra l'inizio e la fine della reazione è in genere molto piccola. Si può quindi considerare ΔT come una costante, prendendo il valore medio fra l'inizio e la fine della reazione; oppure, per essere conservativi, si potrebbe prendere il valore inferiore. Quindi anche in tal caso K_θ è considerato una costante.

Integrando la (10) fra il tempo zero e la fine della reazione si ottiene l'espressione del **tempo di reazione**:

$$\ln \left(\frac{A_\theta}{A_0} \right) = -\theta / K_\theta$$

cioè:

$$\theta = K_\theta \ln \left(\frac{A_0}{A_\theta} \right) \quad (15)$$

Vari autori in passato ^{1) 3)} hanno studiato il problema, trovando soluzioni più rigorose ma complesse. L'equazione (15) è molto più semplice, meno accurata, ma le differenze riscontrate nel risultato sono dell'ordine di 1-3%, trascurabili in quanto ad esempio la valutazione di U ha una accuratezza dell'ordine di $\pm 10\%$.

ESEMPIO DI CALCOLO

Ogni 8 ore 5 metri cubi di acque acide, 100 g/l di acido solforico e tracce di vari inquinanti volatili, a 30 °C, devono essere neutralizzate con soda caustica a 30 °C al 30% in peso, prima dell'invio al trattamento finale di depurazione, senza mai superare la temperatura di 30°C. Considero di usare un reattore smaltato, diametro 2 m, camicia con

NOMENCLATURA

simbolo	descrizione	Unità di misura
A	Area effettiva di scambio termico (bagnata)	m ²
a	Correzione della superficie di scambio termico	%
C	Capacità termica del fluido in camicia	kJ/kg °C
Cn	Capacità termica del reagente N	kJ/kg °C
D	Diametro interno del reattore	m
h	Livello del liquido nella parte cilindrica del vessel	m
K	Costante (eq. 13)	adimensionale
K _θ	Costante di tempo del sistema (eq.9)	sec
Q	Entalpia scambiata	kJ/sec
T	Temperatura del fluido di camicia	°C
t _n	Temperatura del reagente N	°C
t _e	Temperatura di reazione	°C
U	Coefficiente globale di scambio termico	W/m ² °C
V	Volume della miscela di reazione	m ³
W	Portata del fluido in camicia	kg/sec
ΔT	Differenza di temperatura (media logaritmica)	°C
ΔH	Entalpia totale di reazione nelle condizioni reali	kJ/kg
ΔH _e	Entalpia della reazione chimica alla temperatura di reazione	kJ/kg
θ	Tempo richiesto per la reazione	sec
ρ	Fattore di densità del secondo reagente	kg/m ³
Suffissi		
O	Inizio della reazione	
θ	tempo θ	
B	Fondo del reattore	
i	Ingresso della camicia	
o	Uscita della camicia	
n	Reagente dosato	

varie interruzioni, a=90%; nella camicia 10 metri cubi ora d'acqua a 20°C, capacità di scambio termico 300 W/m² °C.



ΔH_e = -57,3 kJ/mole d'acqua

Bilancio massa ed energia:

- **M** Acque acide: 5 m³, 500 kg acido, pari a 5,1 kmoli, densità=1,0687 g/cm³, massa 5343 kg
- **N** Soda: 10,2 kmoli, 408 kg, 1360 kg di soluzione 30%, densità=1,33 g/cm³, volume 1,02 m³
- **P** Sodio solfato: 5,1 kmoli, 724 kg in 6703 kg soluzione al 10,8%, densità 1,09 g/cm³, volume 6,15 m³
- ρ=1360/(6,15-5)=1183kg/m³
- ΔH_e = -57,3 kJ / mole di NaOH x 10200 moli / 1360 kg = - 430 kJ / kg NaOH soluzione = -102,7 kcal / kg NaOH soluzione. Poiché t_n=t_e, ΔH=ΔH_e

Posso ora calcolare il ΔT_{adiabatico} = 1360 x 430 / (6703 x 0,95 x 4,186) = **22 °C**; non serve per il calcolo del tempo di reazione, ma è importante per la valutazione di sicurezza del processo.

Equazione 3, con le caratteristiche di un fondo standard:

$$\text{All'inizio, } A_0 = a[A_B + \frac{4(V_0 - V_B)}{D}] = 0,9 [4,78 + 4(5 - 1,19) / 2] = 11,15 \text{ m}^2$$

$$\text{Alla fine, } A_\theta = a[A_B + \frac{4(V_\theta - V_B)}{D}] = 0,9 [4,78 + 4(6,15 - 1,19) / 2] = 13,22 \text{ m}^2$$

$$\text{Equazione 13: all'inizio, } K = \exp[UA/WC] = \exp(300 \times 3,6 \times 11,15) / (10000 \times 4,186) = 1,333$$

$$\text{Equazione 14: } T_o = t_e + \frac{T_i - t_e}{K} = 30 + (20 - 30) / 1,333 = 22,5 \text{ °C}$$

$$\text{Equazione 12: } \Delta T = [(t_e - T_i) - (t_e - T_o)] / \ln \left(\frac{t_e - T_i}{t_e - T_o} \right) = (22,5 - 20) / \ln[(30 - 20) / (30 - 22,5)] = 8,69 \text{ °C}$$

Alla fine ricavo, con le stesse equazioni 12, 13, 14 ΔT = 8,47 °C Questo conferma che ΔT cambia ben poco dall'inizio alla fine, per cui assumo il valore medio ΔT=8,58 °C.

$$\text{Equazione 9: } K_\theta = \frac{\Delta H \rho D}{4Ua\Delta T} = -430 \times 1000 \times 1183 \times 2 / 4 \times 300 \times 0,9 \times 8,58 = -109732 \text{ sec}$$

Equazione 15: $\theta = K_{\theta} \ln \left(\frac{A_0}{A_{\theta}} \right) = -109732 \ln (11,15/13,22) = 18688$ sec, pari a **5h 11' 28"**.

Si possono fare gli stessi calcoli con il foglio di calcolo 4.9.3, con meno fatica e senza il rischio di errori nelle unità di misura. Inoltre, il foglio di calcolo fornisce altre indicazioni: suddivide il dosaggio in 10 parti uguali, e per ogni porzione, oltre ai parametri sopra valutati, ricava la portata di dosaggio, Fig. 1 [anche come equazione, portata = $0,18 + 2 \cdot 10^{-6} \theta$], la temperatura di uscita dalla camicia, Fig. 2 e la potenza termica scambiata, Fig. 3 (tutte variabili nel tempo).

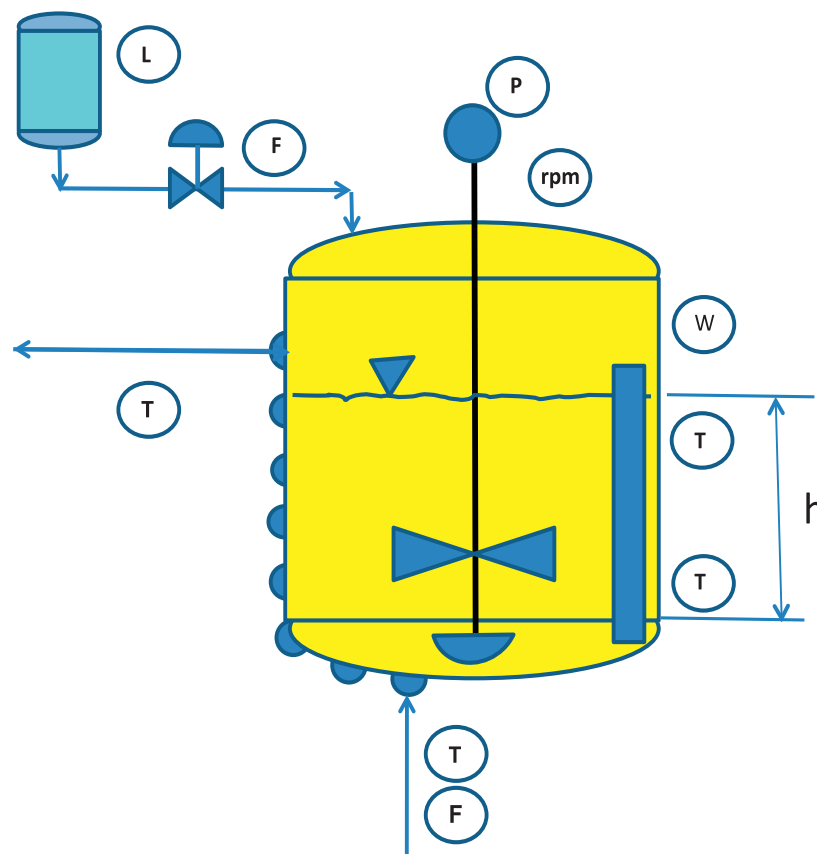
RIDUZIONE DEL TEMPO DI REAZIONE

È poi possibile rispondere alla domanda: come posso ridurre il tempo di reazione, nel caso il primo valore ricavato sia considerato eccessivo? Alcune opzioni che si possono simulare sono:

- 1) Nel caso delle reazioni esotermiche, abbassare la temperatura t_n del reagente dosato N
- 2) Abbassare la temperatura di entrata in camicia, T_i
- 3) Aumentare la portata in camicia, W
- 4) Migliorare lo scambio termico U (effetto di 3, oppure migliorando l'agitazione)
- 5) Usare un reattore di diametro D inferiore, più snello
- 6) Usare un reattore con camicia più efficiente, senza interruzioni (a=98%).

Nell'esempio si potrebbe anche usare soda diluita, al 10%; come evidenziato nel foglio di calcolo, il tempo di reazione scenderebbe a 4h 30'. Ma aumenterebbe il volume di acqua da trattare ed i costi.

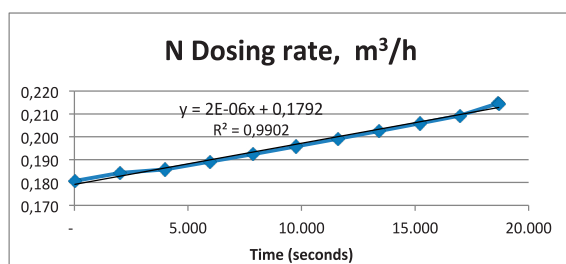
Si potrebbe anche usare soda solida, 100%; il volume di acqua da trattare diminuisce, ma il tempo si allunga a 9h 40', a causa dell'elevata entalpia di dissoluzione della soda solida in acqua.



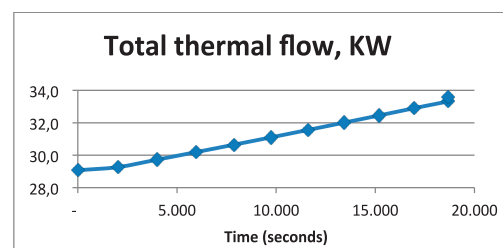
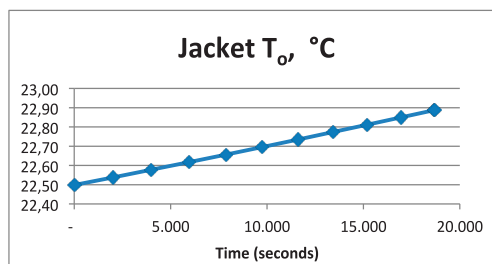
1. STRUMENTAZIONE TIPICA PER REAZIONI A SEMI-BATCH, I SENSORI MISURANO PRESSIONE (P), TEMPERATURA (T), PESO (W), PORTATA (F), LIVELLO (L) E VELOCITÀ (RPM)

NOTA DI SICUREZZA

La reazione a semi-batch è sicura se gestita e controllata in modo corretto. Un grave rischio può venire da un significativo accumulo del reagente N: tale fatto deve essere verificato in piccola scala prima di passare alla produzione industriale. Ma in scala industriale



Neutralization NaOH 30%



2. ANDAMENTO DELLA PORTATA DI DOSAGGIO (ANCHE COME EQUAZIONE, PORTATA = $0,18 + 2 \cdot 10^{-6} \cdot \theta$)

3. ANDAMENTO DELLA TEMPERATURA DI USCITA DELLA CAMICIA

4. ANDAMENTO DELLA POTENZA TERMICA SCAMBIATA



FOTO LANXESS

il rischio può ancora sussistere, nel caso l'agitazione non sia sufficiente per mantenere una buona omogeneità del contenuto del reattore. E, a maggior ragione, se l'agitazione venisse a mancare per un guasto dell'agitatore!

Occorre avere la certezza che le pale dell'agitatore siano in rotazione; non è sufficiente verificare il motore, il riduttore, il giunto e nemmeno l'albero. Una valida indicazione si ha dalla misura contemporanea dell'energia assorbita dal motore e della velocità di rotazione dell'albero dell'agitatore. Altri rischi possono derivare da situazioni di "loss of cooling", quali la mancanza di portata in camicia, che possono rendere il reattore adiabatico.

Verifiche raccomandate, prima di iniziare il dosaggio

- Omogeneità del contenuto del reattore: misura della temperatura in due punti differenti, orientamento corretto dei frangiflutti e misura della potenza assorbita e della velocità dell'agitatore.
- Disponibilità del fluido in camicia (misura di portata e temperatura d'ingresso)
- Corretto collegamento delle zone in cui la camicia è divisa

Verifiche durante il dosaggio:

- Quantità aggiunta (misura della portata dosata e confronto con la variazione di peso del reattore)

- La reazione procede? Bilancio termico della camicia, con attenzione al ritardo temporale:

$$Q = WC(T_o - T_i)$$

Verifiche occasionali:

- Assenza di accumulo significativo del reagente dosato? (misura della sua concentrazione)
- La reazione che avviene è quella desiderata? (misura della concentrazione del prodotto)

Le stesse equazioni e lo stesso foglio di calcolo possono essere utilizzati per valutare il tempo richiesto per una **distillazione a batch**. In tal caso si introduce:

- ρ : la densità del fluido evaporato
- ΔH_e : l'entalpia di evaporazione (negativa)
- ΔV : il volume da evaporare (negativo)
- si ignora t_n e C_n

Il calcolo è corretto, ma ovviamente la nomenclatura andrebbe modificata (*evaporation* invece di *dosing*, *removed* invece di *added*, etc.)

BIBLIOGRAFIA

- 1) M.Marzi, "Solving Problems of Varying Heat-transfer Areas in Batch Processes", Chem.Eng., May 17, 1982
- 2) M.J.Gentilcore, "Heating and Cooling Times for Batch Reactors Equipped with a Single-Fluid Utility System", Chem.Eng.Progress, March 2000.
- 3) E.H.Steve, "Estimating the Reaction Time in Batch Reactors", Chem.Eng., April 2000
- 4) M.J.Gentilcore, "Quickly Estimate Batch Distillation Time", April 2013, Chemical Processing

Il foglio di calcolo completo contiene 7 pagine: un richiamo di teoria, il calcolo della densità ρ , i tre casi con NaOH 30%, 10% e solida 100%, un esempio di distillazione a batch e il format vuoto.

Questo foglio di calcolo verrà inviato in omaggio a chi ne farà richiesta all'autore (mail: luigig.1942@gmail.com).

APPUNTAMENTI DEL 2016

20 – 23 marzo 2016

NINE

International Conference on Nanotechnology based Innovative applications for the Environment

Rima - Italia

<http://www.aidic.it/nine/>

10 – 13 aprile 2016

IBOC2016

5th International Conference on Industrial Biotechnology

Bologna - Italia

www.aidic.it/ibic2016/

20 – 27 maggio 2016

ICMF2016

9th International Conference on Multiphase Flow

Firenze - Italia

www.aidic.it/icmf2016/index.html

19 – 22 giugno 2016

IConBM2016

2nd International Conference on Biomass

Giardini Naxos, Messina - Italia

www.aidic.it/iconbm2016/index.html

25 – 28 settembre 2016

CISAP-7

7th International Conference on Safety & Environment in Process & Power Industry

Ischia (NA) - Italia

www.aidic.it/cispa7

28 - 30 settembre 2016

NOSE2016

5th International Conference on Environmental Odour Monitoring & Control

Ischia (NA) - Italia

www.aidic.it/nose2016

DEPURAZIONE DI GAS CALDI

Abbatte le polveri recuperando calore

Riportiamo la descrizione di un processo sviluppato da Air Clean per la rimozione di polveri da aria e/o gas caldi. Il contemporaneo raffreddamento di un flusso d'aria o gas calda prodotta da un essiccatore fanghi porta a recuperare calore dal processo.

DI LUIGI CIAMPITTI E CESARE MARCHETTI

Air Clean realizza sistemi di depolverazione dell'aria utilizzando sistemi a secco che a umido. La richiesta crescente di contenere i consumi energetici ha reso sempre più interessante l'abbinamento di impianti di disinquinamento dell'aria con sistema di recupero del calore.

Di seguito viene descritto uno dei processi sviluppati da Air Clean finalizzato alla rimozione delle polveri e al contemporaneo raffreddamento di un flusso d'aria calda prodotta da un essiccatore fanghi di depurazione in ambito civile.

L'impianto ha la funzione duplice di abbattere le polveri contenute nell'aria e di recuperare calore dall'aria stessa. Sarebbe necessario conoscere la granulometria delle polveri e conoscerne le proprietà chimico-fisiche, ma in mancanza di questi dati supporremo di avere a che fare con una polvere difficile da filtrare, da abbattere in colonne di lavaggio e da separare per decantazione. Nei paragrafi seguenti riportiamo la descrizione del processo e delle scelte effettuate per la sua definizione.

IL PROCESSO E LA CONFIGURAZIONE DELL'IMPIANTO

Si descrive il processo in dettaglio, riferendosi al PFD allegato. Assunto che non è possibile abbattere la polvere con una semplice filtrazione, che non sarebbe sufficientemente selettiva e in più i filtri avrebbero seri problemi di sporco, né usare solo vasche di decantazione, né un lavaggio con acqua in colonne a piatti o a riempimento, si è pensato di introdurre l'aria umida calda contenente le polveri, corrente 1, in un Venturi Scrubber V-1, nel quale viene iniettato con la pompa P-1 un adeguato quantitativo d'acqua (corrente 2) contenente anch'esso polveri (ma in quantità minore rispetto alla corrente 4 perché riciclato dalla vasca S-2). Tale flusso d'acqua (corrente 2) si miscela nel Venturi scrubber con l'aria alimentata, quindi trattiene la quasi totalità delle polveri presenti in essa.

L'effluente dallo scrubber (corrente 3) si divide in due parti: Una



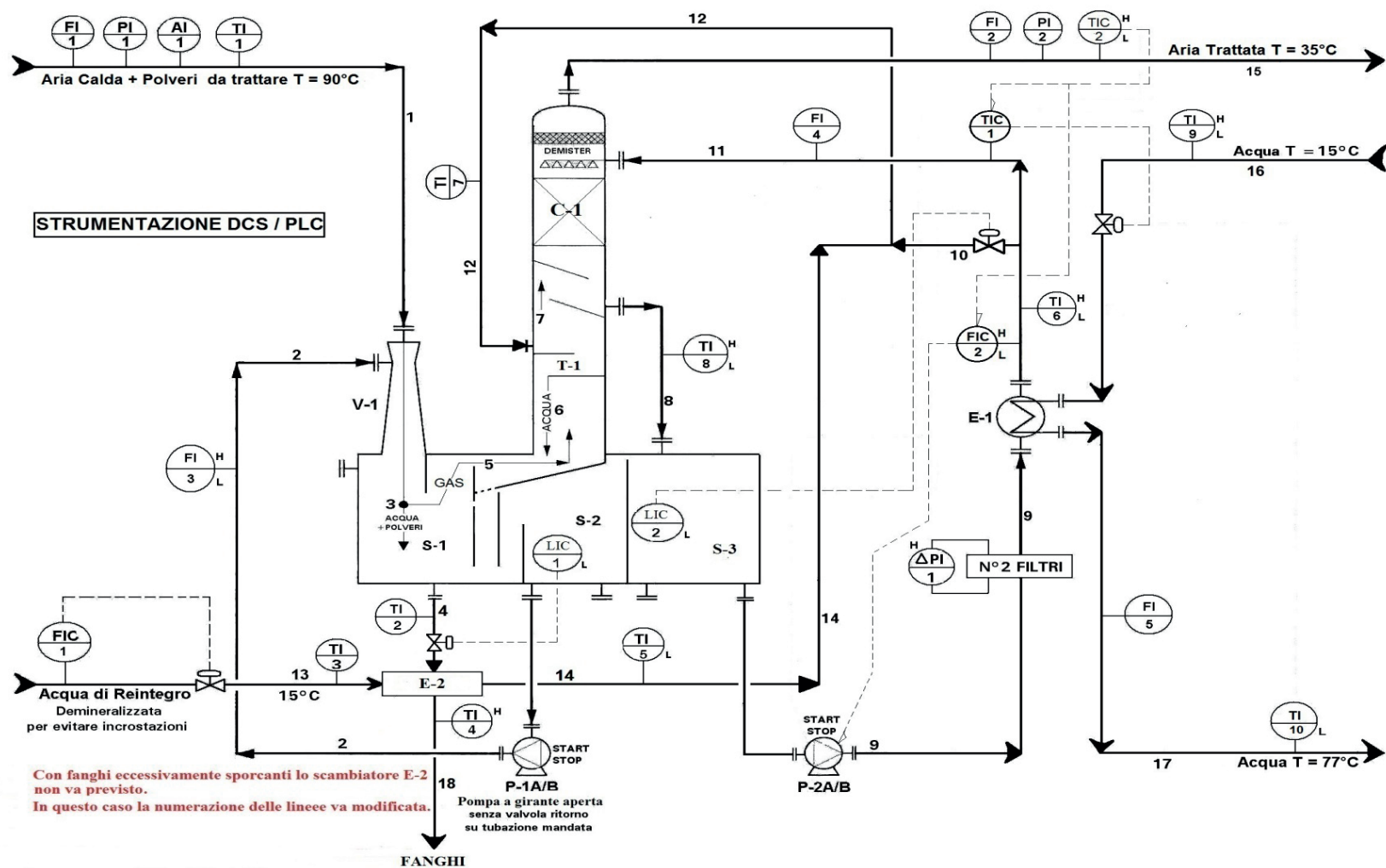
VISTA DELLO SCRUBBER VENTURI

parte gassosa (corrente 5) contenente l'aria saturata con particelle liquide e particelle solide in quantitativo molto inferiore a quello contenuto nell'aria in entrata all'impianto. La parte liquida (corrente 3) fluisce nella vasca S-1, per formare con la corrente 6, che proviene dalla colonna C-1, la corrente 4. Questa corrente è acqua contenente quasi tutte le polveri nell'aria d'ingresso. L'acqua fangosa della corrente 4 viene inviata allo scambiatore E-2, nel quale viene introdotta acqua fredda a 15 °C (corrente 13), che poi esce riscaldata (corrente 14) e viene unita alla corrente fredda 10 che è lo sfioro del circuito d'acqua attorno all'E-1. Le due correnti insieme sono poi inviate alla colonna C-1 (vedi corrente 12).

Parte dell'acqua presente in S-1 passa alla vasca S-2 attraverso una camera di contatto con la corrente 6 e uno stramazzo (tali passaggi facilitano la diminuzione del fango in nell'acqua fluente); da qui è ripresa dalla pompa P-1 che la ricicla allo scrubber Venturi, come

prima detto. La funzione quindi della vasca S-2 è quella di ricevere dalla vasca S-1 un flusso d'acqua che contiene meno fanghi rispetto a quelli presenti nella vasca S-1. Il livello nella vasca S-2 è tenuto da un controllore che agisce su una valvola di controllo installata sulla linea di scarico dei fanghi (corrente 4). Le polveri residue eventualmente non trattate nel Venturi presenti nella corrente 5 vengono abbattute nella colonna C-1, a lame liquide stramazze; dal fondo esce la corrente di acqua 6 che ricade nella vasca S-1 mediante l'installazione di uno speciale downcomer, le cui funzioni si vedono bene nel PFD.

L'aria della corrente 5 passa attraverso i piatti a lame liquide stramazze della colonna C-1, che consentono l'abbattimento delle polveri, mediante l'acqua (corrente 12), costituita in parte dall'acqua riscaldata proveniente dal refrigerante E-2 e in parte dalla circolazione fredda uscente dal refrigerante E-1 (corrente 10).



SCHEMA PFD DELL'IMPIANTO

Nella colonna C-1 l'aria si raffredda sensibilmente, ma non come avverrebbe in un piatto teorico nel quale la corrente 7 sarebbe in equilibrio con la corrente 6, comunque viene liberata da quasi tutte le polveri trascinate.

Salendo ancora l'aria (corrente 7) passa alla colonna C-2 a riempimento da cui esce dal fondo la corrente 8, che è acqua praticamente priva di polveri, pertanto utilizzabile nel circuito di raffreddamento attraverso lo scambiatore a piastre E-1. La corrente 8 viene raccolta dai diaframmi posti sotto la C-2 e cola nella vasca S-3, separata dalle altre due vasche, perché è l'accumulatore dell'acqua pulita. Nella colonna C-2, l'aria scambia calore con la corrente d'acqua 11 in uscita dallo scambiatore E-1. La pompa P-2 raccoglie l'acqua dalla vasca S-3 (corrente 9) e la invia al refrigerante E-1 dove si raffredda ad ope-

ra dell'acqua a 15°C da riscaldare (corrente 16). La corrente 11 quindi entra in testa alla colonna C-2. Infine l'aria esce dalla colonna C-2 satura a 35°C, depurata dalle polveri (corrente 15). Si può prevedere una filtrazione di guardia a monte dello scambiatore E-1 per impedire lo sporcamento della superficie dell'apparecchio. Un controllore mantiene il livello nella vasca S-3 agendo sulla valvola di controllo posta sulla corrente 10. Il controllo della temperatura della corrente 15, cioè dell'aria trattata, viene effettuato in cascata mediante il TIC-1 che regola il numero di giri della pompa P-2 mediante un inverter. Anche la temperatura dell'acqua in uscita da E-1 (corrente 17) viene controllata mediante il TIC-2, che agisce sulla valvola di controllo posta sulla linea di arrivo dell'acqua refrigerante, in modo d'avere un valore alto della temperatura per recuperare il calore.



L'IMPIANTO ABBATTE LE POLVERI CONTENUTE NELL'ARIA E RECUPERA CALORE DALL'ARIA STESSA

DATI DI PROGETTO

Aria alimentata:

Portata totale: 4942 kg/h

Composizione: Aria secca 2500 kg/h, vapor d'acqua 2442 kg/h, polveri 1 kg/h.

Temperatura: 90 °C

Pressione: si presuppone che a monte dell'impianto sia presente un ventilatore che fornisca la pressione sufficiente per far circolare l'aria nell'impianto. Si precisa che l'aria in arrivo all'impianto non è satura, dato che il contenuto di vapor d'acqua dovrebbe essere circa 3900 kg/h per saturarla a 90 °C.

La temperatura dell'aria trattata in uscita è 35 °C, l'aria è satura di vapor d'acqua e priva di polveri.

Acqua di raffreddamento Fanghi e di reintegro (Corrente 13)

È previsto un recupero di calore nello scambiatore E-2 in modo da recuperare il calore che uscirebbe con i fanghi dalla vasca S-1. La portata di acqua di raffreddamento (Corrente 13) dei fanghi in E-2 disponibile a 15 °C è fissata in 4000 kg/h.

La temperatura dell'acqua refrigerante uscente dallo scambiatore E-1 è fissata a 77 °C.

Fissata la temperatura dell'aria trattata in uscita dalla colonna C-2 a 35 °C. Si può stabilire la temperatura dell'acqua circolante in ingresso alla testa della colonna C-2. Essa viene assunta in 30 °C. Portata d'acqua al Venturi Scrubber V1 Le polveri presenti nell'aria calda formano fanghi a contatto con acqua. Per il loro abbattimento si usa un Venturi Scrubber. Per esso, è stata fissata una portata d'acqua

TABELLA 1 – BILANCIO MATERIALE GLOBALE (DATI IN KG/H)

Posizione correnti	Ingresso			Uscite
Nr correnti	1	13	18	15
Denominazione	Alimentazione aria	Acqua reintegro	Scarico fanghi	Aria in uscita
Aria	2500,00	--	--	2500,00
Vapor d'acqua	2442,00	--	--	91,32
Acqua	0,00	4000,00	6350,68	0,00
Fanghi	1,00	--	1,00	0,00
Totale	4943,00	4000,00	6351,68	2591,32

TABELLA 2 – BILANCIO TERMICO GLOBALE

Correnti	1	13	18	15	E-1
Denominazione	Aria in ingresso	Acqua di reintegro	Fanghi in uscita	Aria in uscita	Refrigerante
Portata (kg/h)	4943,00	4000	6351,68	2591,32	--
Temperatura	90 °C	15 °C	40 °C	35 °C	--
Entalpia (kcal/h)	1614246	60000	254067	77877	--
Totale Entalpia ingr./usc. (kcal/h)	1674246			1342302 ⁽¹⁾	

⁽¹⁾ Duty dello scambiatore E - 1

al Venturi V-1 pari a 12.000 kg/h. Ovviamente in fase di progetto definitivo bisognerà fissare questa portata in base all'esigenze del fornitore.

**BILANCIO MATERIALE GLOBALE
(OVERALL MASS BALANCE)**

Per effettuare il bilancio materiale globale dell'unità occorre partire da dati di base, cioè la portata dell'aria alimentata 4943 kg/h, e la portata dell'aria depurata e satura, il cui calcolo è di seguito riportato. La portata dell'acqua di raffreddamento allo scambiatore E-2 è fissata a 4000 kg/h. Per calcolare la portata dell'aria in uscita all'impianto bisogna partire dalla sua temperatura e considerare che essa è satura di vapor d'acqua. In particolare la portata e il contenuto di vapor d'acqua della corrente 15 si calcolano nel seguente modo:

Tensione vapore acqua a 35 °C = 0,0573 kg/cm²
 Pressione in testa colonna = 1 atm = 1,033 kg/cm²
 Frazione molare vapor d'acqua = 0,0573/1,033 = 0,0554
 Moli totali aria + vapor d'acqua = (2500/28,9)/(1-0,0554) = 91,58
 Moli vapor d'acqua = 91,58·0,0554 = 5,073 kmoli/h
 kg vapor d'acqua in uscita = 5,073·18 = 91,32 kg/h

Perciò la portata totale della corrente 15 è: 2500+91,32 = 2591,32 kg/h. Da notare che nella tabella precedente le portate ponderali delle correnti 1-13-15 sono note, mentre la portata della corrente 18 è stata ricavata dal bilancio materiale globale. La portata dei fanghi, o meglio dell'acqua fangosa, viene calcolata con la somma algebrica delle portate delle correnti = 1+13-15 = 4943 + 4000-2591,32 = 6351,68 kg/h

**BILANCIO TERMICO GLOBALE
(OVERALL HEAT BALANCE)**

Questo bilancio viene eseguito trascurando le dispersioni termiche degli apparecchi, che sono coibentati nel caso in cui la temperatura interna superi i 60 °C.

Si ricorda che si è assunto di utilizzare il calore recuperabile riciclando dalla colonna l'acqua calda ad uno scambiatore esterno (E-1 vedere PFD) e si prevede di inviare l'acqua fredda a 15°C nel refrigeratore dei fanghi E-2 e nello scambiatore E-1. Occorre procedere al calcolo delle entalpie delle correnti 1, 13 e 15, prendendo riferimento per aria e acqua 0 °C.

Per completare la tabella occorre determinare la duty del refrigerante E-1, la si ricava dal bilancio entalpico, ottenibile dalla tabella stessa. La duty di E-1 è determinata sottraendo alla somma delle entalpie

delle correnti in ingresso 1 e 13 le entalpie delle correnti in uscita 15 e 18, cioè 1342302 kcal/h. Da notare che la duty del refrigerante E-2 non può essere considerata entalpia in uscita dall'impianto, in quanto l'acqua riscaldata rientra in colonna con la corrente 14.

Occorre precisare che per procedere alla definizione del precedente bilancio si sono dovute fissare la temperatura della corrente 18 a 40 °C e quella della corrente 2 a 76,2 °C in base a considerazioni relative al dimensionamento degli apparecchi e all'ottimizzazione dei vari scambi termici all'interno di essi. Non si riportano nell'articolo i bilanci relativi a particolari sezioni dell'impianto per ragioni di spazio.

DESCRIZIONE DEL CONTROLLO STRUMENTALE

La strumentazione deve essere realizzata tenendo presente che tra i dati di progetto è necessario mantenere costante a 77°C la temperatura dell'Acqua refrigerante in uscita (corrente 17) dallo scambiatore E-1; inoltre dev'essere garantita la temperatura dell'aria in uscita (corrente 15) a 35°C.

Bisogna tener presente che la strumentazione dovrà essere finalizzata al controllo della temperatura delle correnti 15 e 17. Il controllore di livello nel serbatoio S-2 (LIC/1) comanda lo scarico dell'acqua + fanghi uscenti dalla vasca S-1 (corrente 4).

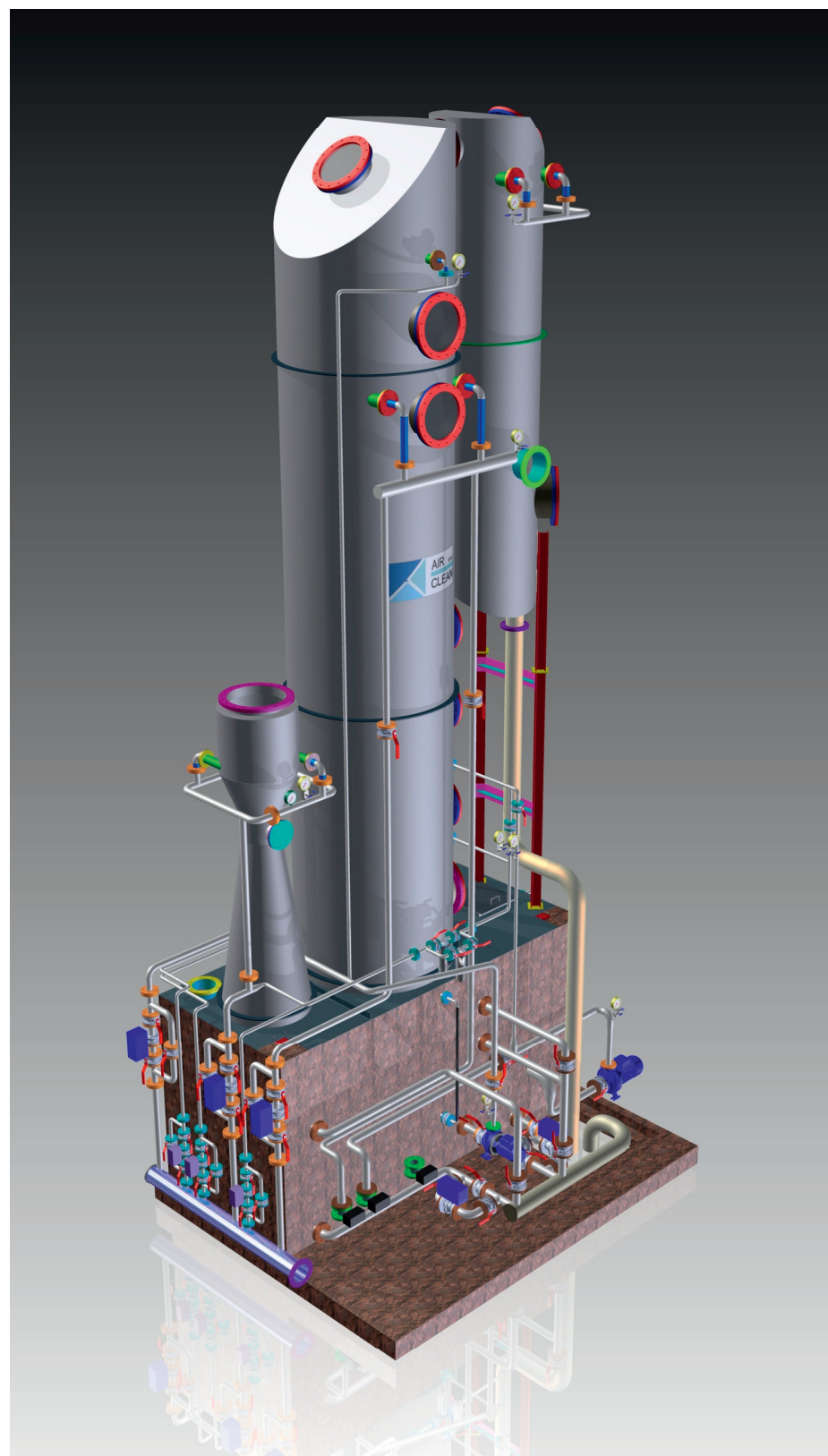
Il controllore di livello (LIC/2) nella vasca S-3 agisce sulla valvola della corrente 10, che confluisce nella corrente 14 dei fanghi, per formare la corrente 11 che alimenta la testa della colonna C-2. L'acqua fredda di reintegro (corrente 13) è regolata in portata dal FIC-2.

La portata della corrente 9 è regolata dal TIC-1, posto sulla linea 15 dell'aria trattata, il quale mediante un inverter agisce sul numero di giri della pompa P-2.

La temperatura del flusso del mezzo refrigerante (corrente 17) proveniente dallo scambiatore E-1 è controllata dal TIC-2, il quale agisce sulla valvola di controllo posta sulla linea 16, che è l'ingresso allo scambiatore E-1.

Nel caso tale temperatura fosse superiore o inferiore al valore della T previsto, il TIC-2 provvederà a strozzare o ad aprire la valvola di controllo. Sulla corrente 14 proveniente dallo scambiatore E-2 confluisce la corrente 10 per regolare il livello della vasca S-3; la sua portata è in linea col bilancio materiale, cioè è uguale a tutto il vapore condensato meno quello che condensa nello Scrubber Venturi.

Considerando che l'aria alimentata può avere tante variazioni sui parametri di processo, a esempio la portata, il contenuto vapor d'acqua e la temperatura, che influenzano il bilancio materiale e termico dell'impianto, si conviene che è necessario dotare il DCS con un computer locale il



RENDERING DELL'IMPIANTO

ALL'AVANGUARDIA NEL TRATTAMENTO DELL'ARIA

Air Clean vanta un'esperienza trentennale nella progettazione, costruzione e installazione di impianti per il trattamento dell'aria. L'attività di ricerca e sviluppo dei sistemi biologici, la mantengono in linea con la crescente attenzione della "green economy", ovvero il riguardo per l'ambiente. Air Clean, in collaborazione con le principali Università, realizza studi su specifiche applicazioni con impianti pilota. La gestione dei progetti prevede che essi siano completati per tempo rispettando budget e specifiche. Il progetto ingegneristico comprende: la stesura dei disegni esecutivi, la scelta delle apparecchiature, il collaudo e la finale stesura del manuale d'uso e manutenzione. L'autonomia dell'intero iter progettuale fanno di Air Clean un'azienda in grado di elaborare la migliore soluzione per ogni applicazione grazie alla realizzazione "su misura" dell'impianto richiesto. Air Clean fornisce uno studio completo del sistema di trattamento dell'aria anche con l'uso di più tecnologie ed inoltre produce internamente gli accessori (canalizzazioni, cappe e linee di aspirazione aria). Tutto ciò permette di fornire impianti adatti alle esigenze della clientela con alta qualità e prezzi competitivi. I processi di progettazione e di pro-

duzione, inoltre, sono regolati dal sistema interno di gestione aziendale. Dal 2002 l'azienda è certificata secondo la norma: UNI EN ISO 9001.

Air Clean oltre a effettuare i montaggi in opera degli impianti progettati e prodotti garantisce un servizio post vendita che comprende: l'analisi e il monitoraggio delle emissioni, i ricambi dei diversi materiali filtranti, l'assistenza, la manutenzione, la riparazione e il revamping dei sistemi di trattamento aria. Air Clean è distributore in esclusiva in Italia, nei paesi del Mediterraneo e nelle aree del Medio Oriente dei sistemi di biofiltrazione brevettati MÓNASHELL e MÓNAFIL della società Anua Clean Air International Ltd. Air Clean è distributore, inoltre, dei sistemi di deodorizzazione per cucine professionali UVC & Ozono system e di disinfezione per l'industria alimentare.



<http://www.aircleansrl.com>

<https://www.facebook.com/aircleansrl/>

<https://twitter.com/AirCleansrl>

<https://www.linkedin.com/company/air-clean-srl>



UN ALTRO PARTICOLARE DELL'IMPIANTO
REALIZZATO DA AIR CLEAN IN POLONIA

cosiddetto PLC, che consente di eseguire in tempo reale il bilanci dell'impianto, in modo d'avere subito i set da dare agli strumenti di controllo.

OSSERVAZIONI

La temperatura dell'aria trattata (corrente 15) in uscita è stata assunta pari a 35 °C. Nel caso di poterla scaricare direttamente all'aria la sua temperatura può essere ridotta anche a 20°C se si dispone di un fluido freddo a 15°C come assunto. In questo caso nello scambiatore E-1 si potrà avere un maggiore recupero di calore ed una maggiore temperatura del fluido riscaldato (corrente 17) in uscita dall'impianto. Qualora non fosse possibile installare lo scambiatore E-2 per lo sporcamento eccessivo, si può introdurre acqua di reintegro fredda; in questo caso però occorre rifare tutto il bilancio termico dell'impianto. Il sistema strumentale consente l'ottimizzazione del recupero di calore mediante il controllo sia della temperatura TIC/1 dell'acqua fredda in entrata in testa alla colonna C-1 dalla temperatura TIC/2 del Gas Trattato (corrente 15) in uscita dalla colonna C-1 che il controllo della portata della Pompa P-2 sempre dalla temperatura del TCI/2 che regola il controllore di portata FIC/2 che comanda la pompa P-2.

Air Clean srl dispone del know-how completo di questa tecnologia avendo fornito a società estere questo impianto funzionanti da alcuni anni senza inconvenienti.

CAMPAGNA AIDIC 2016 – 2017

Un'iscrizione con molti vantaggi

È aperta la Campagna di iscrizione 2016 – 2017 ad AIDIC. Oltre ai volumi cartacei in omaggio, è possibile anche accedere online, tramite password, a numerosi testi scientifici della piattaforma Elsevier. Vediamo quali sono le varie modalità per iscriversi.

La quota annua di iscrizione ad AIDIC per il 2016 è di € 90 per i soci ordinari e di € 50 per i soci studenti; quella biennale 2016-2017 è di € 160 per i soci ordinari e di € 100 per i soci studenti;

Il modo più immediato per iscriversi ad AIDIC è quello di iscriversi via web cliccando sul seguente link: www.aidic.it/italiano/iscrizioni/iscrizioneweb.htm In alternativa, è possibile

- scegliere dove depositare la domanda di iscrizione: Sede (fax 02 70639402, email aidicassociati@aidic.it) oppure Sezioni Regionali
- compilare la scheda di iscrizione ad AIDIC (modulo da compilare sia dai nuovi iscritti, sia da chi rinnova l'iscrizione, scaricabile qui sopra dove sono indicate le quote)
- versare la quota tramite bonifico bancario intestato ad AIDIC Associazione, Banca Prossima, Milano, Italia IBAN IT38 0 033 5901 6001 0000 0122 419 tramite
 - tramite carta di credito (VISA, Euro/MasterCard),
 - pagamento in contanti presso la Segreteria AIDIC,
 - assegno bancario intestato ad AIDIC,
 - c/c Postale n. 53228201 intestato ad AIDIC.

Ogni associato ha diritto:

- 1) alla tessera annuale AIDIC comprendente EFCE-passport, che dà la possibilità di essere equiparati a tutti i soci delle altre associazioni europee federate nell'EFCE per gli sconti e le facilitazioni nella partecipazione a manifestazioni organizzate in Europa e nel mondo;
- 2) all'abbonamento per un anno al mensile ICP-Rivista dell'Industria Chimica e al periodico AIDICnews;
- 3) a ritirare di persona (oppure, qualora non residente nelle città sedi AIDIC o nelle immediate vicinanze, a ricevere al proprio domicilio tramite spedizione con spese a proprio carico di euro 7,00 da aggiungere alla quota di iscrizione) un volume omaggio su temi legati all'ingegneria chimica. L'elenco completo è disponibile sul sito di AIDIC.

Per gli iscritti biennali 2016 l'*Handbook Of Chemistry and Physics* oppure due fra le opzioni sopraindicate (due volumi oppure un volume e la password)

Inoltre per il 2016 è possibile, a condizioni favorevoli, l'*iscrizione congiunta* con Associazioni con le quali è stata stipulata una convenzione di collaborazione. AIDIC può pertanto richiedere la doppia iscrizione con le seguenti Associazioni:

- A.N.I.P.L.A. versando ad AIDIC in aggiunta alla quota scelta €30
- S.C.I. versando ad AIDIC in aggiunta alla quota scelta €20

I VOLUMI OMAGGIO CON L'ISCRIZIONE AD AIDIC

- *Handbook Of Chemistry and Physics (CRC)* - Edizione 2008
- *Hydrogen from Waste and CO₂ Sequestration* di M. Tellini
- *Valutazione di impatto odorigeno* di P. Centola et. al
- *Guida al dimensionamento delle Valvole di Sicurezza* di G. Mulè
- *Value of Innovation* di A. F. Marsala et. al.
- *Prontuario dell'Ingegnere* di A. Guadagni
- *Profilo storico dell'Industria Chimica* di G. Pagano
- *La Simulazione Dinamica di Processo* di S. Signor et. al.
- *L'Analisi dei Rischi* di N. Piccinini et. al.
- *Fasi della Realizzazione* di G. Zerboni
- *Sicurezza nella Realizzazione* di G. Zerboni
- *Storia delle società italiane di ingegneria e impiantistica* a cura di V. Cariati, S. Cavallone, E. Maraini, V. Zamagni
- *Process Engineering Manual* (in formato digitale su chiavetta USB)

Inoltre, password per accedere a numerosi testi scientifici online tramite piattaforma Elsevier.



Sede centrale di AIDIC

Via Giuseppe Colombo 81/A
20133 Milano
Tel. 02 70608276
Fax 02 70639402
E-mail: aidic@aidic.it

Sezioni regionali AIDIC

AIDIC Triveneto

Coordinatore:

Prof. Alberto Bertucco Università di Padova
DIPIC - Dipartimento di Principi e Impianti
di Ingegneria Chimica "I. Sorgato"

via Marzolo, 9

35131 Padova

Tel. diretto: 049.8275457

Segreteria di dipartimento: 049.8275460

Fax 049.8275461

E-mail: alberto.bertucco@unipd.it

AIDIC Centro

Coordinatore:

Ing. Antonio Razionale c/o QMS srl

Via Gemona del Friuli 20

00188 ROMA

Tel. 06 33630041

Fax. 06 33611386

E-mail: aidic@qmsroma.com

AIDIC Sardegna

Coordinatore: Prof. Giacomo Cao

Università di Cagliari Dipartimento

di Ingegneria Chimica e Materiali

Piazza D'Armi

09123 Cagliari

Tel. 070.6755058

Fax 070.6755057

E-mail: cao@visnu.dicm.unica.it

AIDIC Sicilia

Coordinatore: Prof. Alberto Brucato Università

di Palermo Dipartimento di Ingegneria

Chimica dei Processi e dei Materiali

Viale delle Scienze

90128 Palermo

Tel. 091.6567216

Fax 091.6567280

E-mail: brucato@unipa.it

AIDIC sud

Coordinatore: Prof. Paolo Ciambelli

Università di Salerno

Dipartimento di Ingegneria Industriale

Via Ponte don Melillo

84084 Fisciano (SA)

Tel. 089 964185

Fax 089 964057

E-mail: pciambelli@unisa.it

Biotechnologie tradizionali ed avanzate	Ing. Enrico Bardone	enicobardone@yahoo.com
Bonifiche dei siti industriali	Ing. Oreste Mastrantonio	o.mastro@libero.it
Carbon Capture and Storage (CCS)	Ing. Ezio Nicola D'Addario	ezio.daddario@libero.it
CISAP	Ing. Simberto Senni Buratti	simbertosenniburatti@ymail.com
Energia sostenibile	Ing. Egidio Zanin	e.zanin@c-s-m.it
Liquid Handling & Filling	Prof. Luciano Piergiovanni	luciano.piergiovanni@unimi.it
Nanotecnologie Chimiche	Prof. Ing. Angelo Chianese	angelo.chianese@uniroma.it
Odori	Prof. Selena Sironi	glodori@aidic.it
Process Engineers Manual	Ing. Marco Fontana	mfontana44@gmail.com
Recupero e valorizzazione dei residui industriali	Prof. Paolo Centola	paolo.centola@polimi.it
Tecnologie ambientali sostenibili	Ing. Carlo Gustavo Lombardi	cglombardi@stpitaly.eu
AIDIC Giovani	Ing. Marco Stoller	marco.stoller@uniroma1.it

Pubblicazione dell'Associazione Italiana di Ingegneria Chimica

AIDICNEWS

e una pubblicazioni di:

AIDICservizi s.a.s.

Via G.Colombo, 81/A

20133 Milano

Tel.: +39 02 70608276

Fax. +39 02 70639402

Registrazione presso il Tribunale di Milano n.300 del 4 maggio 1996

DIRETTORE RESPONSABILE

Sauro Pierucci

COMITATO DI REDAZIONE

Alessandro Gobbi

(coordinamento editoriale)

Raffaella Damerio

Renato Del Rosso

Manuela Licciardello

STAMPA

Tipolitografia Trabella s.a.s.

Via Liberazione, 65/7

20068 Peschiera Borromeo (MI)

Gli indirizzi di AIDIC sono:

aidic@aidic.it e www.aidic.it

È consentita la riproduzione di parte

o di tutti gli articoli di AIDICnews

a condizione che ne venga citata la fonte.