

7 STRATEGIE DI MIGLIORAMENTO

7.1 INTRODUZIONE

In generale, la tecnologia è un'arma a doppio taglio, in quanto è la causa di vari problemi ambientali ma nello stesso tempo costituisce uno strumento per risolverli.

Ad esempio nel settore dei trattamenti galvanici è chiaro che la cromatura dei componenti è finalizzata ad assicurare una maggiore durabilità; allungare la vita utile dei prodotti è un obiettivo eco-efficiente in quanto riduce la quantità di rifiuti lungo il ciclo di vita, ma nello stesso tempo il processo di cromatura, allo stato della tecnologia attuale, origina un forte impatto ambientale. Le tecnologie inquinanti mettono in pericolo le risorse fondamentali per la nostra esistenza: acqua potabile, aria pulita e suoli fertili. Ormai però in tutti i settori dell'economia (trasporti, energia, industria, agricoltura) sono già disponibili o stanno emergendo nuove tecnologie ambientali.

Sempre più si assiste alla crescente sensibilità e importanza del **ruolo svolto dai consumatori** nell'influenzare il mercato delle tecnologie ambientali con la domanda di prodotti a basso impatto ambientale (ad es. Rubinetti o valvole che non rilasciano piombo). Sempre più aziende, in tutto il mondo ed in diversi settori, stanno cercando di ottenere miglioramenti ambientali congiuntamente a benefici economici, la sfida è produrre di più con meno risorse. I loro sforzi sono orientati verso una nuova prospettiva che mira a:

- definire programmi di prevenzione dell'inquinamento, per creare vantaggi economici;
- creare nuovi prodotti a minore impatto ambientale.

L'esperienza acquisita nel mettere in pratica il tema dell'eco-efficienza suggerisce di prendere in considerazione i seguenti cambiamenti nei processi:

- ridurre l'intensità delle merci e dei servizi (dematerializzazione, eco-design, uso di tecnologie dell'informazione e della comunicazione);
- ridurre l'intensità energetica delle merci e dei servizi (conversione, conservazione e uso dell'energia);
- ridurre la dispersione di sostanze tossiche;
- favorire la riciclabilità dei materiali;
- massimizzare l'uso sostenibile delle risorse rinnovabili;
- estendere la durabilità del prodotto;
- aumentare il valore delle merci e dei servizi non essenziali, valutandone i costi indiretti.

Uno dei principali strumenti per sfruttare le capacità imprenditoriali di innovazione è la **politica integrata di prodotto**¹ (qualità, ambiente, salute), che mira a ridurre in modo efficiente dal punto di vista economico l'impatto ambientale dei prodotti in tutto il ciclo di vita mediante una serie di strumenti (es. Analisi del ciclo di vita, estensione della responsabilità del produttore, eco-design, dichiarazioni e certificazioni ambientali).

Occorrerà pertanto creare le condizioni necessarie allo sviluppo e all'uso efficiente delle tecnologie ambientali. La direttiva sulla **prevenzione e riduzione integrate dell'inquinamento (IPPC)** è uno strumento importante per stimolare lo sviluppo e la diffusione delle tecnologie ambientali. Gli operatori di alcuni tipi di impianti industriali devono chiedere un'autorizzazione basata sulle migliori tecniche disponibili (*Best Available Techniques* - BAT). La Commissione organizza un ampio scambio di informazioni, che porta alla realizzazione di "documenti di riferimento BAT" (detti BREF), nei quali sono definite le migliori disponibili. Le condizioni per ottenere l'autorizzazione vengono aggiornate per tenere conto delle variazioni delle BAT. L'IPPC riflette quindi un concetto dinamico, che permette la continua adozione di nuove tecnologie ambientali.

I BREF IPPC, in via di pubblicazione² che interessano il comparto rubinetteria sono:

- Gestione/trattamento comuni delle acque reflue/gas di scarico
- Questioni economiche e trasversali ai vari comparti
- Trasformazione metalli non ferrosi
- Impianti di forgiatura e fonderia
- Trattamenti superficiali dei metalli

Tra le misure volontarie che possono incoraggiare le imprese a cogliere l'opportunità di innovazione sostenibile, è da ricordare il **sistema comunitario di ecogestione e audit (EMAS)**, che stimola le imprese a valutare e migliorare continuamente la gestione e i processi ambientali. Il marchio UE di qualità ecologica (ecolabel) fornisce invece informazioni ai consumatori, in modo tale da consentire loro di individuare e scegliere i prodotti rispettosi dell'ambiente.

¹ Libro verde sulla politica integrata relativa ai prodotti COM(2001) 68

² Per consultare i BREF consultare il sito: <http://eippcb.jrc.es/pages/FActivities.htm>

Le opportunità offerte dal nuovo Regolamento EMAS rendono possibile sperimentare i vantaggi sinergici derivanti dalla contiguità geografica delle aziende sanciti da appositi accordi tra le imprese, quali: l'opportunità di predisporre un'analisi, una politica e un programma ambientale comuni. Altre importanti sinergie che scaturiscono dalla possibilità di collaborare efficacemente tra le aziende di un'area industriale sono legate alla fase di formazione del personale, all'adozione di nuove tecnologie in cicli produttivi locali integrati, all'utilizzo e approvvigionamento efficiente di risorse e servizi ambientali (depurazione acque, gestione ciclo rifiuti, laboratorio analisi, consulenze ambientali), alla redazione di un bilancio ambientale di area e infine alla registrazione EMAS dell'area industriale vista come "sito allargato" e delle politiche industriali in tema di "aree industriali ecologicamente attrezzate". In relazione all'analisi degli effetti ambientali indiretti e cumulabili può rivelarsi strategica l'adozione di "*sistemi di qualificazione ambientale dei fornitori*" (in particolare dei pulitori) condiviso a livello di distretto ai fini di garantire processi a basso impatto anche nei punti deboli della catena produttiva del rubinetto, rappresentati dalle operazioni svolte da piccole imprese artigiane, difficilmente controllabili e diffuse sul territorio.

7.1.1 INDAGINE SULLA DIFFUSIONE DEI SISTEMI DI GESTIONE AMBIENTALE: IL CASO DELLA VALSESIA

In Italia le aziende del comparto rubinetteria-valvolame con certificazione ambientale ISO 14001 od EMAS sono a fine 2002 le seguenti: La Torre (Invorio) e Giacomini (S.Maurizio d'Opaglio).

Dall'indagine condotta a cura dell'Unione Industriale del Vercellese e della Valsesia, emerge che il comparto "rubinetterie – valvolame" operante nel distretto industriale della Valsesia, si presenta come una realtà produttiva a carattere prevalentemente industriale e con una minima percentuale di attività a carattere artigianale. La realtà produttiva che si riscontra più frequentemente è quella della media impresa (da 11 a 25 dipendenti) anche se non mancano Aziende che superano i 100 addetti.

I tipi di lavorazione presenti nelle Aziende della zona, interessano cicli produttivi diversificati, tra cui prevalgono le attività di lavorazioni meccaniche, *assemblaggio*, per giungere fino alla produzione di prodotti finiti e la metà del fatturato delle Aziende deriva dalle esportazioni dei loro prodotti.

Come nella maggior parte dei settori produttivi, anche nel comparto rubinetterie e valvolame, la prevalenza delle Aziende certificate ha deciso di implementare Sistemi di Gestione della Qualità (ISO 9000) mentre nessuna di queste possiede una certificazione ambientale (ISO 14000 o EMAS) ma comunque intendono aderirvi in futuro (soprattutto alla norma ISO 14001 oltre che ISO 9000).

L'adesione volontaria ad un Sistema di Gestione Ambientale, EMAS o ISO 14000, quindi, oltre ad altri indiscutibili vantaggi, permette semplificazioni amministrative e finanziarie, ma gran parte delle Aziende intervistate ignorano la possibilità di beneficiare di tali agevolazioni, e, pur avendo ricevuto sollecitazioni da parte di soggetti esterni, come clienti e Pubblica Amministrazione, si dimostra poco propensa alla sperimentazione ambientale dell'Attività (solo il 39% risulta favorevole).

Le Aziende appartenenti al settore "rubinetterie e valvolame" preso in esame dichiara che i problemi maggiori derivanti dall'avvio della certificazione ambientale sarebbero gli *investimenti*, la *destinazione di risorse umane* ma anche i *miglioramenti tecnologici* e la *formazione*. Nello stesso tempo le Aziende pensano di ottenere, nel medio – lungo periodo, i vantaggi maggiori per quanto riguarda la *riduzione dei costi aziendali*, il *miglioramento dell'immagine* e la *valorizzazione del prodotto*.

Per giungere alla certificazione ambientale, le Aziende prese in esame dichiarano che gli Enti pubblici dovrebbero intraprendere alcune attività promozionali, tra cui: incentivi economici; attività formative; semplificazione degli adempimenti amministrativi; bollettini informativi.

7.2 TECNOLOGIE PER IL RICIRCOLO DELLE ACQUE NEL CICLO GALVANICO

L'acqua è un bene che diventa ogni giorno più raro e costoso. E' quindi logico che le industrie che consumano ingenti quantitativi di acqua provvedano ove possibile al loro riutilizzo.

Nel corso degli anni si sono evolute diverse tecnologie ognuna delle quali è in grado di risolvere solo parzialmente il problema.

Per ottenere drastiche riduzioni nel volume scaricato tendendo allo 'scarico zero' è necessario perciò unire differenti tecnologie che combinate tra loro permettono di ottenere questo risultato.

Le tre tecnologie che si sono rivelate più efficienti per ottenere il ricircolo delle acque di lavaggio sono:

- evaporazione
- scambio ionico
- sistemi a membrana (IMS)

7.2.1 EVAPORAZIONE

Imparando dalla natura (con il ciclo dell'acqua) è ovvio pensare all'evaporazione come metodo per la riduzione del volume degli inquinanti in vista anche di un loro possibile riutilizzo.

L'evaporazione si è pertanto sviluppata a partire dai primi anni 70 come una tecnologia adatta ad ottenere riduzioni di volume significative degli inquinanti.

Cenni sulla fisica dell'acqua

L'acqua è un liquido che richiede, a causa della sua natura polare, un'elevata energia per passare allo stato di vapore.

Vengono infatti richieste per ottenere il passaggio di stato di 1 litro di acqua circa 540 calorie per fornire il calore latente di evaporazione.

A causa di questo elevato valore non è di solito conveniente se non per piccoli volumi evaporare acqua nella maniera più semplice ovvero solo fornendo calore.

1 Kwh di energia elettrica infatti permette di evaporare circa 1,5 litri di acqua.

Si sono perciò sviluppate tecniche in grado di ottenere un parziale recupero del calore latente di evaporazione oppure l'utilizzo di energia a bassa temperatura altrimenti scartata. Storicamente la prima di queste evoluzioni fu quella di utilizzare come sorgente di calore l'aria dell'ambiente.

Spruzzando infatti il liquido da evaporare in un flusso di aria si ottiene infatti l'evaporazione di una frazione di questo liquido (saturatore adiabatico) avendo come unico consumo energetico quello per il ventilatore e per la pompa di ricircolo.

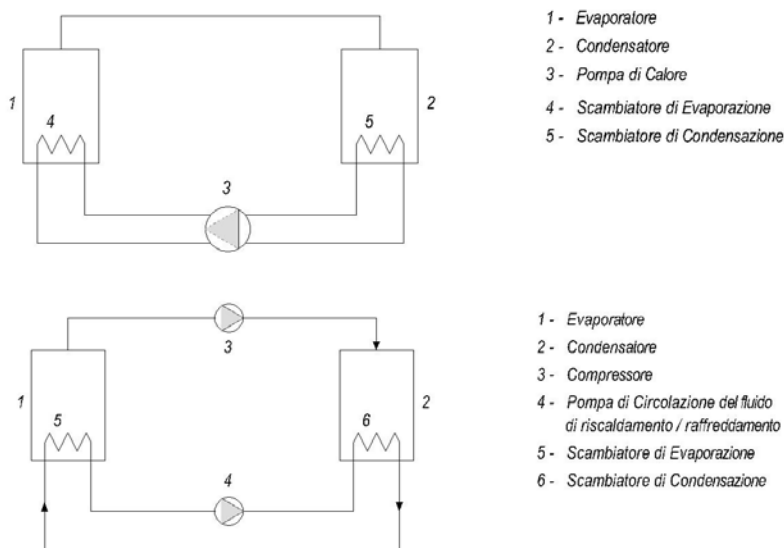
Questa tecnologia permette anche di raffreddare un bagno di trattamento usando così per incrementare l'evaporazione anche l'energia utilizzata per l'elettrodeposizione.

Le apparecchiature in questo caso sono semplici, poco costose, realizzate in materiale plastico e possono in alcuni processi risolvere brillantemente il problema del riutilizzo dei prodotti chimici.

In questo caso però non si parla ancora di recupero del calore latente di evaporazione.

In linea di principio per recuperare il calore latente di evaporazione è necessario un sistema in grado di : comprimere riscaldandolo il vapore prima della fase di condensazione oppure raffreddare la zona di condensazione al di sotto della temperatura di evaporazione.

Le condizioni operative invece possono essere molto differenti.



Infatti nello schema A per aumentare l'efficienza del compressore si tende ad operare a temperature relativamente elevate (70°-90°C) anche se si stanno affermando particolari evaporatori che, utilizzando come scambiatori d evaporazione e condensazione sottili pareti polimeriche e come compressori semplici ventilatori ad alta prevalenza riescono ad

operare con differenze minime di temperatura (1°C) ed a temperature assolute relativamente basse (40°C).

Nello schema B, invece, si utilizza una pompa di calore a gas per raffreddare la zona di considerazione e trasferire il calore verso la zona di evaporazione.

Normalmente in queste macchine si deve operare (al fine di ridurre la temperatura di evaporazione ad un valore compatibile con il condensatore della pompa di calore) sotto vuoto, ma in alcuni casi è possibile usare un gas di trasporto, operando a pressione atmosferica.

Questi tipi di evaporatori o distillatori, recuperando il condensato, sono macchine che possono essere molto utili nei Sistemi di Ricircolo, considerando sempre alcune loro limitazioni:

- materiale di costruzione
- utilizzo di energia elettrica
- investimento iniziale

Specialmente in caso di recupero diretto delle soluzioni concentrate, il contenitore in cui avviene l'evaporazione ed il relativo scambiatore di calore, sono sottoposti a corrosione elevata e devono quindi essere realizzati con materiali "nobili" e di conseguenza costosi.

L'utilizzo di energia elettrica, sia pure per il funzionamento della pompa di calore, penalizza il costo di esercizio. Infatti, pur ottenendo un rendimento teorico che può arrivare fino a 3, ovvero per Kwh assorbito è possibile "trasferire" fino a 3.000 Cal/h circa, il costo di acquisto di un Kwh di energia elettrica è pari a circa 3 volte quello di creazione di una pari quantità di energia termica, rendendo meno interessante questo procedimento.

Per completezza espositiva, pur trattandosi di una differente tecnologia, si può accennare ad una nuova categoria di apparecchiature di depurazione: i "congelatori". Il passaggio di stato inverso all'evaporazione, infatti, ha un costo energetico (calore latente di congelamento) nettamente inferiore e pari a circa 50 Cal (ovvero 1/10 dell'evaporazione).

Imparando anche in questo caso dalla natura, infatti, si nota che partendo da una soluzione salina (il mare) il ghiaccio che si ricava ha una bassa salinità, ottenendo così un effetto simile o complementare a quello dell'evaporazione, con costi energetici circa 5-10 volte inferiori.

Concludendo, si può affermare che le tecnologie “fisiche” relative ad un passaggio di stato permettono di operare a concentrazioni saline relativamente elevate e si rivelano mezzi importanti per ottenere il Ricircolo delle Acque di Lavaggio ed il recupero dei Sali.

7.2.2 SCAMBIO IONICO

Uno dei metodi più comuni per ottenere il Ricircolo delle Acque di Lavaggio è quello di utilizzare Sistemi a Scambio Ionico.

Per Scambiatore di Ioni si intende un contenitore cilindrico in grado di resistere alla pressione parzialmente riempito con sferette di materiale sintetico: le *Resine a Scambio Ionico*.

Questo materiale filtrante possiede una struttura porosa ad elevata superficie specifica (fino a 1000 m²/grammo), su cui sono fissati particolari gruppi chimici in grado di scambiare gli Ioni.

Esistono molti differenti tipi di Resine a Scambio Ionico, che differiscono:

- per il tipo di gruppi funzionali
- per il tipo di matrice di base
- per la granulometria e la porosità

Il ciclo di Scambio Ionico può essere suddiviso in due fasi principali:

- Servizio
- Rigenerazione

La rigenerazione a sua volta è suddivisa in altre sottofasi.

Da un punto di vista formale il funzionamento di un Sistema a Scambio Ionico è caratterizzato dai seguenti parametri:

- capacità di scambio
- efficienza di rigenerazione
- volume di liquido prodotto durante una rigenerazione (Eluato)
- portata di servizio

Capacità di scambio

In base alle sostanze scambiate, ovvero in base al peso ed alla carica ionica, la resina a Scambio Ionico può trattenere pesi diversi delle varie sostanze. Per esprimere le sue prestazioni in modo indipendente dalla sostanza da trattenere, si esprime solitamente la

capacità di scambio in eq/litro. Questa unità esprime la quantità di sostanza che lo Scambio Ionico può trattenere, *immaginando il peso equivalente pari a 1*.

Per ottenere l'effettiva quantità di sostanza trattenuta, sarà sufficiente moltiplicare tale numero per il peso equivalente della sostanza da trattenere.

Ricordiamo che il peso equivalente è dato dal rapporto tra il peso dello ione ed il numero delle sue cariche.

Efficienza di rigenerazione

Durante la rigenerazione occorre fornire una quantità di rigenerante (Acido, Soda, Sale) sempre superiore alla quantità di Ioni scambiati in fase di servizio. (Ciò è l'inevitabile "pedaggio" da pagare all'Entropia).

In base al tipo di Resina a Scambio Ionico, alla struttura fisica della colonna, al tipo di processo di funzionamento (equicorrente o controcorrente) ed a molti altri parametri, il rapporto tra gli equivalenti scambiati in fase di lavoro e gli equivalenti di rigenerazione necessari, può variare tra limiti molto larghi, oscillando tra:

103-105 % e 300-400 dello stechiometrico.

Questa differenza si riflette ovviamente sulla quantità di acqua totale utilizzata in rigenerazione.

Volume di eluato

In linea di principio la rigenerazione è composta dalle seguenti fasi:

- Controlavaggio
- Iniezione reattivo
- Spostamento reattivo
- Lavaggio finale

In alcuni casi una o più di queste fasi può risultare non necessaria, sia perché il processo di funzionamento adottato non la richiede, sia perché può non essere necessario eseguirla ad ogni rigenerazione.

Si può dire però che il volume globale di liquido utilizzato per la rigenerazione oscilla in base ai parametri qui elencati:

- il tipo di resina
- il tipo di gruppo di scambio
- il processo di funzionamento e rigenerazione adottato
- il tipo di rigenerante

Generalmente si può dire che il volume di eluato che si produce rigenerando un litro di resina è normalmente compreso tra 3 e 15 litri di eluato per litro di resina.

Portata di servizio

Un altro parametro importante è la quantità di acqua che la resina a scambio ionico può trattare ogni ora. Normalmente essa oscilla tra 10 e 60 volumi ora/volume di resina.

7.2.3 SISTEMA IMS

Il ricircolo delle acque di lavaggio diventa sempre più importante nel settore dei trattamenti superficiali di pezzi metallici.

Una nuova tecnologia denominata IMS (Improved Membrane System) è ora economicamente applicabile e promette di diventare la più affidabile tecnologia per ottenere il ricircolo delle acque di lavaggio in questo settore.

Essa si basa sull'unione di tecnologie esistenti (Micro/ultrafiltrazione ed Osmosi Inversa) che, grazie a miglioramenti tecnologici, si uniscono per permettere il ricircolo, a basso costo, di grandi quantità di acqua.

Le apparecchiature interconnesse per realizzare un IMS sono tre:

- A) Sistema di Micro/ultrafiltrazione
- B) Sistema di Osmosi Inversa ULP
- C) Sistema di Osmosi Inversa per concentrazione

Partendo da acque a media salinità, TDS di 100-200 mg/l espressi come NaCl, è possibile ottenere percentuali di ricircolo del 99,5% e più.

Quando l'acqua da trattare contiene sostanze organiche, può accettare l'utilizzo di polvere di Carbone Attivo (un potente assorbente per le S.O.), senza penalizzazioni nel flusso del sistema.

Il Sistema permette il ricircolo delle acque di lavaggio sotto forma di acqua demineralizzata di elevata purezza e produce piccoli volumi di concentrato con una salinità fino a 40 g/l.

Il funzionamento dell'apparecchiatura è estremamente semplice, non richiede periodiche rigenerazioni come i Demineralizzatori a Scambio Ionico e la sua manutenzione si riduce ad alcuni lavaggi chimici per ogni anno di lavoro.

Affidabilità di funzionamento

L'affidabilità di funzionamento di queste apparecchiature è molto elevata. Infatti il pretrattamento di Microfiltrazione coadiuvato dalla polvere di Carbone Attivo o da speciali filtri, costituisce una barriera totale contro tutte quelle sostanze che potrebbero causare lo sporciamento delle successive membrane di Osmosi.

Produttività

Per effetto del pretrattamento di Micro/ultrafiltrazione, la produttività delle membrane di Osmosi è massimizzata, ottenendo così impianti economici ed in grado di ricircolare forti portate di acqua. La qualità dell'acqua trattata è costante e non è legata alla periodicità delle fasi di rigenerazione dei sistemi a scambio ionico.

Economicità

Il Sistema, per il suo funzionamento normale, usa solo energia elettrica e una minima quantità di reattivi per la neutralizzazione delle acque di lavaggio. Si evitano i consumi di rigenerante e la conseguente produzione di eluati di rigenerazione. Il concentrato viene scaricato a bassa portata e con regolarità, questo permette di evitare i grossi serbatoi di accumulo necessari per i Demineralizzatori a Scambio Ionico, riducendo i costi di investimento ed esercizio.

Durata

Queste apparecchiature sono costituite da poche semplici parti vitali "pensate" per durare nel tempo.

Il modulo di Microfiltrazione iniziale utilizza membrane ceramiche stabili e facilmente controllabili, che hanno vite medie dell'ordine di 5-10 anni.

Nel caso di Micro/ultrafiltrazione polimerica le membrane utilizzate permettono comunque una facile pulizia e sono scelte tra le migliori disponibili.

Le membrane di Osmosi Inversa in questa applicazione hanno mediamente durata di 2-4 anni.

Una semplice sostituzione di questi sofisticati "filtri" rende l'apparecchiatura come nuova. Le altre componenti, infatti (pompe centrifughe o a pistoncini inox, valvole pneumatiche, sonde per la lettura della conducibilità, ecc.) non richiedono particolari interventi di controllo.

7.3 CICLI DI TRATTAMENTO CONSIGLIATI

7.3.1 REATTORE BATCH PER CONCENTRATI

Questa tipologia di trattamento è particolarmente indicata per operare sulle soluzioni concentrate provenienti dalle fasi produttive, la grande flessibilità offerta da questa tipologia di impianto consente l'efficace trattamento di acque di differenti caratteristiche.

I reattori batch permettono l'implementazione di numerosi processi che possono essere affinati in funzione delle peculiari necessità derivanti dalle particolari caratteristiche dei concentrati prodotti dall'impianto. La disponibilità di un congruo numero di questi dispositivi consente anche di gestire i picchi di portata dovuti allo scarico dei concentrati in quanto i reattori possono essere utilizzati come vasche di accumulo. Questo tipo di trattamenti consente di operare con la massima flessibilità: possono essere variati secondo necessità i tempi di contatto ed è possibile regolare i livelli di miscelazione in funzione della qualità dello scarico e delle necessità del processo.

Le grandi possibilità offerte da questo tipo di reattori possono essere sfruttate sia con una gestione manuale del processo sia con un sistema di controllo automatico facente capo ad un personal computer. In entrambe i casi è previsto l'utilizzo di sensori di pH e Rx che permettono di monitorare questi importanti parametri di processo. Il dosaggio dei reagenti può essere quindi affidato a sistemi automatizzati che operano secondo programmi di funzionamento detti ricette.

Costruttivamente i reattori batch sono vasche cilindriche con parte superiore aperta e parte inferiore a tronco di cono, questa conformazione consente il loro utilizzo come decantatori e facilita lo scarico dei fanghi. Un agitatore lento (con motoriduttore) realizzato in acciaio inox provvede alla miscelazione del liquido, il livello di miscelazione è modulabile in funzione delle esigenze del processo.

Le due sonde, una di PH ed una di ORP, vengono posizionate in una sede a vaschetta ed inserite nel liquido da trattare solo durante l'effettiva reazione; questa accortezza prolunga notevolmente la vita dei sensori.

Una serie di valvole pneumatiche collegate a pilotine elettrocontrollate e alimentate da tubazioni in pressione, provvede al dosaggio dei vari reattivi necessari al trattamento che sono stoccati o preparati in apposite vaschette.

L'intervento eventuale di un operatore consente l'aggiunta di reagenti particolari di non frequente utilizzo.

Normalmente sono previste valvole per il dosaggio dei seguenti reattivi:

- Acido Solforico o Cloridrico
- Sodio Bisolfito o Ipoclorito
- Solfato o Cloruro Ferroso
- Latte di Calce
- Sodio Idrossido
- Polielettrolita Organico

Con questi reattivi è possibile realizzare i trattamenti normalmente richiesti per eluati e concentrati:

- Ossidazione Cianuri o Riduzione Cromati
- Ossidazione di Fenton
- Alcalinizzazione e maturazione fiocchi

Adattando il ciclo di trattamento all'effettiva necessità si può realizzare una precipitazione ottimale dei metalli e degli inquinanti in genere. Il ciclo può essere modificato in funzione delle particolari caratteristiche dell'acqua da trattare.

7.3.2 SISTEMA DI TRATTAMENTO CHIMICO-FISICO PER LE ACQUE SEMICONCENTRATE

La recente evoluzione tecnologica che ha interessato il settore della nobilitazione delle superfici metalliche ha permesso di ridurre notevolmente il volume complessivo delle acque scaricate. Per rendere più agevole il trattamento degli scarichi e ridurre gli sprechi è opportuno prevedere cicli di produzione attuati con la tecnica dei lavaggi misti, si vengono così a creare due tipi di effluente. Il primo tipo di effluente è costituito da scarichi semiconcentrati provenienti dalle fasi di lavaggio in controcorrente. Questa tecnica consente di ridurre notevolmente il consumo d'acqua ma produce scarichi abbastanza concentrati non convenientemente riciclabili mediante un trattamento di purificazione. Questi effluenti non sono d'altronde sufficientemente concentrati per essere avviati al trattamento mediante reattori batch. La seconda tipologia di effluente è costituita dalle acque provenienti dai lavaggi finali che possono essere agevolmente riciclate previo trattamento di purificazione. Per il trattamento degli scarichi semiconcentrati è opportuno

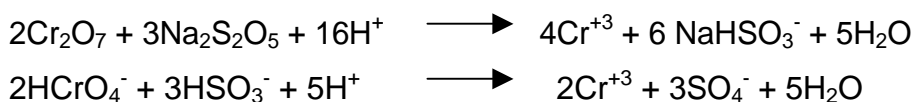
prevedere l'installazione di un sistema di trattamento chimico fisico che consente di far fronte, mediante collaudate tecnologie, ai problemi di smaltimento di questi reflui.

Come già introdotto (par. 12) il sistema di trattamento chimico fisico consta di una serie di fasi che sono realizzate per mezzo di reattori consecutivi ove avviene il dosaggio dei reagenti e che sono dimensionati in funzione dei tempi di contatto previsti e delle portate da trattare. Analizziamo ora nello specifico le varie fasi del trattamento.

Riduzione Cromati

Per il settore della galvanizzazione dei componenti per rubinetteria la prima fase del trattamento è quella volta alla riduzione dei Cromati attuata allo scopo di ridurre il numero di ossidazione del Cromo e renderlo meno solubile in acqua. Le successive fasi trattamento provvedono quindi alla separazione del metallo dal flusso idrico mediante precipitazione.

Lo ione cromato (Cr+6), che viene ridotto a Cromo trivalente mediante l'impiego di Bisolfito di Sodio e Acido Solforico secondo le seguenti reazioni:



Il PH ottimale di reazione è compreso tra 2 e 3.

Questa reazione viene normalmente condotta in un reattore cilindrico munito di agitatore, aspirazione per eventuali vapori, sonde per la misura di potenziale ORP e PH, valvole o pompe dosatrici per l'immissione dei reattivi (Acido Solforico e Bisolfito di Sodio).

Per ottenere una regolazione precisa sono necessari valori di PH ed RX precisi e ben definiti in particolare occorre verificare caso per caso, a seconda delle caratteristiche dello scarico, quali siano i valori ottimali di pH del potenziale redox affinché le reazioni di riduzione (cfr 12.1) si sviluppino in condizioni pressoché stechiometriche.

Reazione di Fenton

La reazione di ossidazione radicalica denominata reazione di Fenton ha un'energica azione sulle sostanze organiche presenti in soluzione. Questa reazione è basata sulla proprietà dell'acqua ossigenata che in ambiente acido e in presenza di ioni di ferro bivalente produce radicali liberi. Il dosaggio dei reattivi viene controllato da un Rxmetro e da un PHmetro che regolano il dosaggio. Il tempo di reazione è di circa 1 ora .

I radicali liberi presentano una forte capacità ossidante e aggrediscono le molecole organiche in particolare in corrispondenza dei legami insaturi spezzando le catene più lunghe e ossidando i gruppi funzionali presenti.

I consumi di acqua ossigenata e Solfato Ferroso (Cloruro) sono variabili e dipendono dalla 'refrattarietà' delle sostanze all'ossidazione.

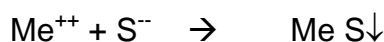
Questa reazione viene normalmente condotta in un reattore cilindrico munito di agitatore, sonde per la misura del potenziale ORP e di PH, valvole o pompe dosatrici per l'immissione dei reattivi .

Solfurazione

Il dosaggio di solfuro di sodio consente la precipitazione di molti metalli che presentano bassi valori della costante di solubilità del solfuro.

Questo dosaggio condotto in ambiente neutro o debolmente acido migliora la precipitazione dei metalli e li insolubilizza anche per gli eventuali successivi test di cessione nei fanghi.

La reazione che sta alla base della precipitazione è la seguente:



Dove con Me^{++} è indicato lo ione metallico.

Il PH di precipitazione è neutro o debolmente acido e la reazione evolve verso un composto estremamente stabile (il solfuro del metallo).

L'efficacia di questo trattamento è maggiore nei confronti di rame, cadmio, piombo, zinco e nichel i cui solfuri hanno differenze di solubilità di tre o più ordini di grandezza rispetto a quella del ferro.

Con un dosaggio calcolato di solfuro sufficiente alla precipitazione di questi metalli non vi saranno problemi per l'ossidazione dell'eccesso di solfuro dosato.

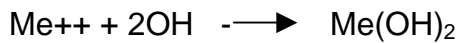
Alcalinizzazione

Per ottenere la precipitazione completa dei metalli sotto forma di idrossido le acque da trattare vengono portate a PH 10-11.

Questo valore di PH viene scelto perché corrisponde al punto di minima solubilità di tutti i metalli presenti.

L'alcalinizzazione avviene tramite un dosaggio di latte di calce regolato da un Phmetro che controlla una pompa od una valvola dosatrice.

Le reazioni che stanno alla base del processo sono semplici reazioni di precipitazione e come sempre considerando la generica specie metallica indicata con Me⁺⁺ sono così schematizzabili:



Questa reazione viene normalmente condotta in un reattore cilindrico munito di agitatore, sonde per la misura del PH, valvole o pompe dosatrici per l'immissione dei reattivi .

Normalmente in questo stadio si realizza anche un piccolo dosaggio di Ipoclorito, che ha la doppia funzione di ossidare eventuali Nitriti e/o Ammoniaca presenti (specialmente nel periodo estivo).

A causa del minimo consumo di reattivo non viene previsto un dosaggio controllato da una catena redox, ma un semplice dosaggio periodico, attivato dal flusso di acqua in ingresso. L'eccesso di cloro presente viene eliminato in parte per via naturale (degradazione spontanea) ed in parte grazie alla successiva filtrazione su Carbone Attivo operata nel corso del trattamento di finitura.

Maturazione fiocchi

Per rendere i fiocchi di idrossido più facilmente sedimentabili e per ottenere una migliore chiarificazione l'acqua proveniente dallo stadio di alcalinizzazione viene trattata con del polielettrolita.

Il dosaggio avviene in un reattore appositamente realizzato munito di agitatore a bassa velocità e di volume pari a mezz'ora di permanenza.

Successivamente il refluo viene inviato ad un sedimentatore dove avviene la separazione fisica tra le parti solide (fango) e il surnatante.

E' molto importante curare il tempo di permanenza ed il tipo di agitazione.

Decantazione

Nel trattamento delle acque di scarico, la fase di decantazione è quella che garantisce il risultato di trattamento.

Per ottenere una rapida e corretta separazione degli Idrossidi Metallici, è necessaria una sezione di maturazione fiocchi dove, grazie al dosaggio di un Polielettrolita organico ed

alla presenza di un agitatore lento con pale di forma particolare, i fiocchi di Idrossido, conglomerandosi, aumentano di dimensioni e risulta così più facile la loro separazione. Dal fondo di questa vasca di maturazione, che rimane sempre a livello costante a causa della sua posizione, i fiocchi raggiungono il fondo della sezione conica del decantatore. In questo punto il flusso di acqua inverte la sua direzione, procedendo verso l'alto. Uno sbarramento obbliga quindi il flusso a suddividersi e scorrere tra i vari (8-10) coni immersi che costituiscono l'elemento di moltiplicazione della superficie attiva del decantatore. Sulla superficie di questi coni il fango residuo si compatta e scende verso il basso, mentre l'acqua limpida sale fino a fuoriuscire dalla canalina di sfioro.

Normalizzazione finale

Dopo la decantazione e prima della filtrazione finale è necessaria una normalizzazione del PH.

Questa operazione deve essere eseguita per diverse ragioni:

- l'eccesso di alcalinità necessaria per la fase di decantazione porterebbe in breve tempo all'intasamento dei filtri, a causa della precipitazione di Carbonato di Calcio e Magnesio all'interno del letto filtrante
- Il range di PH accettabile allo scarico è 6,5-8,5

La dissoluzione dei metalli non può avvenire in questo range di PH ed acidificando si favorisce il funzionamento di eventuali colonne selettive o membrane di purificazione.

Questa reazione viene condotta in un reattore cilindrico munito di agitatore, sonde per la misurazione del ph e valvole o pompe dosatrici per l'immersione del reattivo (Acido Cloridrico o Solforico).

7.3.3 SISTEMI DI RICIRCOLO ACQUE DEI PRETRATTAMENTI

Le acque esauste provenienti dalle vasche di lavaggio poste a valle delle fasi di pretrattamento contengono i composti utilizzati per la preparazione del pezzo al successivo trattamento di galvanostegia. Fra queste tipologie di acque occorre sicuramente distinguere quelle provenienti da lavaggi posti a valle di trattamenti di tipo alcalino (Sgrossatura) e quelle contenenti residui di trattamenti in ambiente acido (Neutralizzazione Decapaggio). Generalmente in queste fasi di lavorazione vengono utilizzati sali di Sodio quali carbonati, fosfati, silicati e notevoli quantità di tensioattivi per le prime fasi di pulitura del pezzo. Questi trattamenti comportano il passaggio in soluzione di

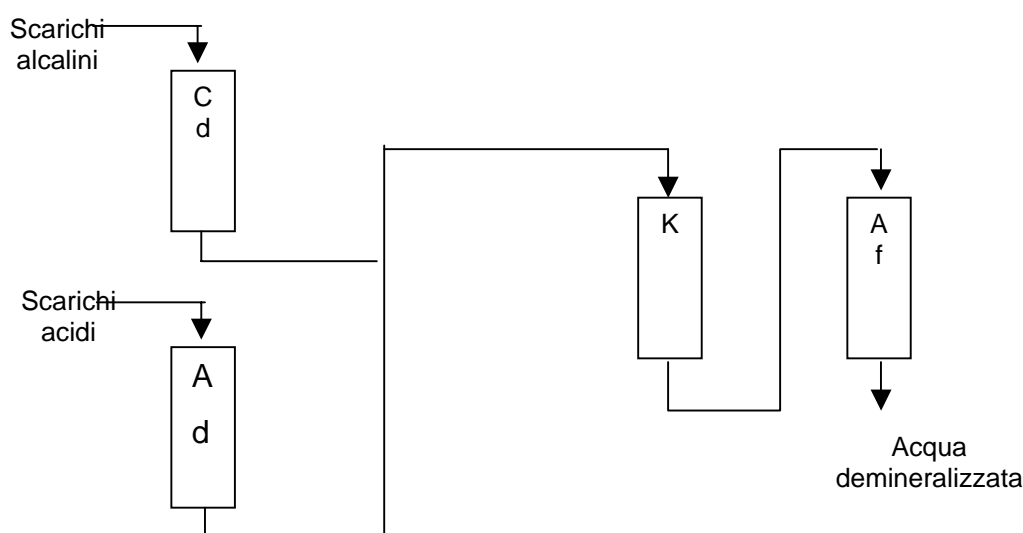
notevoli quantità di sostanze organiche presenti sul pezzo e di metalli. La tecnologia di trattamento utilizzata deve quindi concentrarsi sia sulla rimozione della componente organica presente in soluzione sia sulla riduzione della presenza inorganica. Allo scopo è possibile applicare sia la tecnologia delle resine a scambio ionico sia la più moderna, e per certi versi più adeguata allo scopo, tecnologia dei trattamenti su membrana.

SCAMBIO IONICO

Il trattamento mediante SI delle acque provenienti dalle fasi di lavaggio associate ai pretrattamenti deve sicuramente essere distinto in due linee specializzate per il trattamento l'una degli scarichi alcalini e l'altra degli scarichi acidi.

Questa disposizione consente di sfruttare al meglio la capacità di scambio delle resine evitando i problemi connessi alla miscelazione dei due flussi.

Gli scarichi alcalini vengono dapprima sottoposti ad un trattamento mediante una resina cationica debole, gli scarichi acidi vengono invece avviati ad una resina anionica debole come indicato nello schema seguente.



Questo accorgimento consente la miscelazione, a valle del primo stadio di scambio ionico, di acque sostanzialmente neutre, sono quindi molto ridotti i problemi relativi alla precipitazione dei metalli eventualmente contenuti negli scarichi acidi. Le capacità di scambio relative alle resine deboli sono particolarmente elevate e si possono rigenerare in cascata con gli eluati delle resine forti: ciò consente notevoli economie d'esercizio.

La successiva fase di demineralizzazione permette di ottenere acqua di ottima qualità perché le resine Cationica e Anionica forte possono operare con alti livelli di rigenerazione. Gli eluati di rigenerazione di queste resine sono infatti utilizzati per rigenerare le rispettive resine deboli consentendo di ottimizzare il processo di rigenerazione.

La resina anionica debole per la particolare composizione dei suoi gruppi funzionali può anche trattenere notevoli quantità di metalli.

Problemi possono derivare dal forte carico di ione Sodio che è lo ione metallico meno affine per le resine cationiche: elevate concentrazioni possono provocare elevate frequenze dei cicli di rigenerazione con conseguente incremento dei costi di gestione della linea trattamento. Questi problemi sono evitati ricorrendo al ciclo di trattamento sopra specificato.

IMS

La tecnologia dei trattamenti a membrana consente oggi l'utilizzo di uno schema di trattamento delle acque dei pretrattamenti che permette una netta riduzione dei costi di esercizio offrendo al contempo maggiori garanzie di efficacia e stabilità dei risultati ottenuti.

Impiegando infatti il sistema IMS (improved membrane system) è possibile l'utilizzo di un'unica linea per il trattamento sia degli scarichi alcalini che di quelli acidi. Ad una prima fase costituita da una vasca per la correzione del pH a valori sopportabili dalle successive fasi di trattamento fa seguito un pretrattamento operato mediante membrane di Ultra o Micro filtrazione. Questa fase di trattamento sostituisce le fasi di filtrazione comunemente utilizzate a monte dei sistemi a osmosi inversa superando molte delle limitazioni che caratterizzano l'utilizzo di filtri tradizionali. Le membrane utilizzate trattengono efficacemente le sostanze solide presenti nel flusso nonché le emulsioni di grassi ed oli. Contrariamente a quanto avviene nei filtri convenzionali il sistema a flusso tangenziale prolunga notevolmente la funzionalità dei moduli utilizzati che si autopuliscono periodicamente sulla base di processi di controlavaggio. E così possibile prolungare notevolmente la vita utile delle unità filtranti.

La successiva fase di purificazione operata mediante osmosi inversa permette di ottenere un'acqua di eccellente qualità che viene separata dal flusso concentrato del materiale trattenuto. L'acqua prodotta è demineralizzata e può essere efficacemente riutilizzata.

Allo scopo di ridurre il volume degli scarichi il sistema IMS prevede l'utilizzo di un ulteriore fase di trattamento sul concentrato prodotto dalle fasi precedenti: mediante questo trattamento di osmosi inversa ad alte pressione è possibile concentrare questi scarichi e separare acqua di ottima qualità.

7.3.4 SISTEMA DI RICIRCOLO ACQUE DI LAVAGGIO DOPO LA NICHELATURA

Le acque di lavaggio che seguono la fase di nichelatura presentano elevate concentrazioni dei sali di Nichel utilizzati per l'elettrodeposizione e notevole presenza di sostanze organiche che costituiscono i necessari additivi utilizzati per ottimizzare il processo.

La sentita necessità di recuperare il Nichel e riciclare le acque di lavaggio ha portato allo sviluppo di alcuni sistemi di trattamento, in particolare l'attenzione degli operatori si è per lungo tempo concentrata sui metodi a scambio ionico che abbinati a pretrattamenti di adsorbimento su carbone attivo, consentono la purificazione ed il ricircolo delle acque di lavaggio. L'adozione di questi sistemi consente d'altronde il recupero del Nichel durante le fasi di rigenerazione delle resine cationiche sia pur con alcune precauzioni.

L'esperienza ha però mostrato alcuni limiti relativi all'utilizzo di questo schema di trattamento. L'elevato contenuto di sostanza organica provoca infatti un prematuro esaurimento della capacità assorbente del filtro a carbone attivo e le resine a scambio ionico non possono far fronte a questo tipo di fughe. L'acqua proveniente da un demineralizzatore è d'altronde generalmente acida: questo può comportare fenomeni di passivazione sulla superficie del metallo e provocare la formazione di macchie sul pezzo.

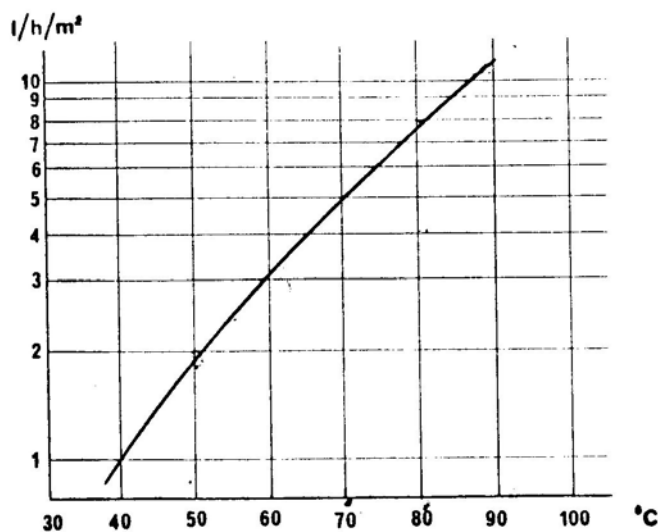
L'utilizzo di un sistema combinato basato sulla sinergia tra un mezzo di assorbimento quale il Carbone Attivo in polvere (PAC) e i sistemi di filtrazione su membrane permette di ovviare economicamente al problema. I sistemi su membrana infatti consentono un notevole risparmio in quanto eliminano i problemi connessi allo smaltimento degli elusati di rigenerazione.

Il sistema consigliato consta di due fasi: una prima è caratterizzata dall'utilizzo di PAC finemente disperso. Questo assorbente risulta più rapidamente efficace rispetto al Carbone Attivo granulare perché il contatto con l'acqua da trattare risulta più intimo. L'acqua così trattata è avviata ad un trattamento di Microfiltrazione o Ultrafiltrazione che permette la separazione e il riuso del Carbone Attivo che viene separato dall'acqua purificata del suo contenuto organico e dalle eventuali sostanze solide presenti. L'acqua così pretrattata può essere sottoposta al successivo trattamento operato mediante un

sistema di Osmosi inversa. L'acqua prodotta presenta elevate caratteristiche di purezza che garantiscono ottimi risultati nelle fasi di lavaggio.

Un ulteriore vantaggio è costituito dalla possibilità di recupero del Nichel concentrato dal sistema di separazione. Il concentrato recuperato essendo stato sottoposto solo ad un trattamento di tipo fisico presenta caratteristiche adeguate per il riciclaggio nel bagno di nichelatura soprattutto in quanto depurato mediante carbone attivo in polvere.

Come per tutte le operazioni di recupero occorre tenere conto dell' evaporazione e dei fenomeni di concentrazione che interessano il bagno al fine di evitare la concentrazione di composti indesiderati.



7.3.5 TRATTAMENTO LAVAGGI DOPO LA CROMATURA

RECUPERO DEL CROMO

A causa della composizione del bagno, che presenta elevate concentrazioni di Acido Cromico il recupero del Cromo in una linea galvanica è una possibilità allettante.

L'operazione di recupero si svolge inserendo un evaporatore/distillatore collegato alle vasche di recupero/lavaggio lento della linea galvanica.

Possono essere usati due differenti tipi di Evaporatori/distillatori:

I concentratori atmosferici

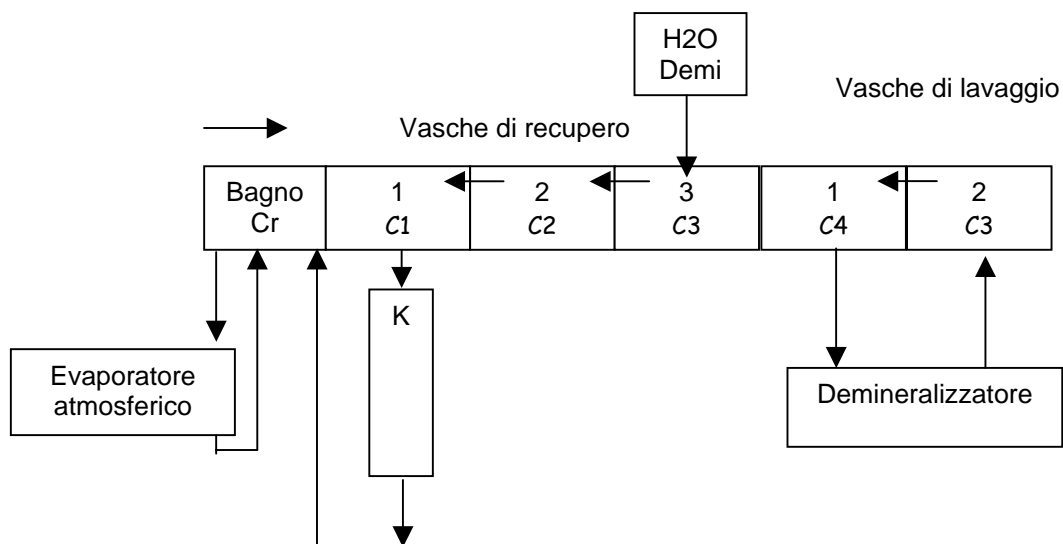
I distillatori sotto vuoto

Ognuna delle due tipologie di apparecchiature presenta pregi e difetti che possiamo così riassumere:

EVAPORATORI ATMOSFERICI

Si tratta di macchine semplici che funzionano sul principio delle torri evaporative ovvero sfruttano una certa quantità di soluzione, preventivamente riscaldata, in un flusso di aria a temperatura ambiente. Una certa quantità dell'acqua contenuta nella soluzione evapora, raffreddando la parte rimanente. Opportuni separatori di gocce evitano trascinamenti di Cromo nell'atmosfera.

L'apparecchiatura, in pratica, assomiglia moltissimo ad uno scrubber per i fumi cromatici ed infatti in alcuni casi essa viene utilizzata anche come prescrubber garantendo così anche il recupero del Cromo trascinato nell'aspirazione.

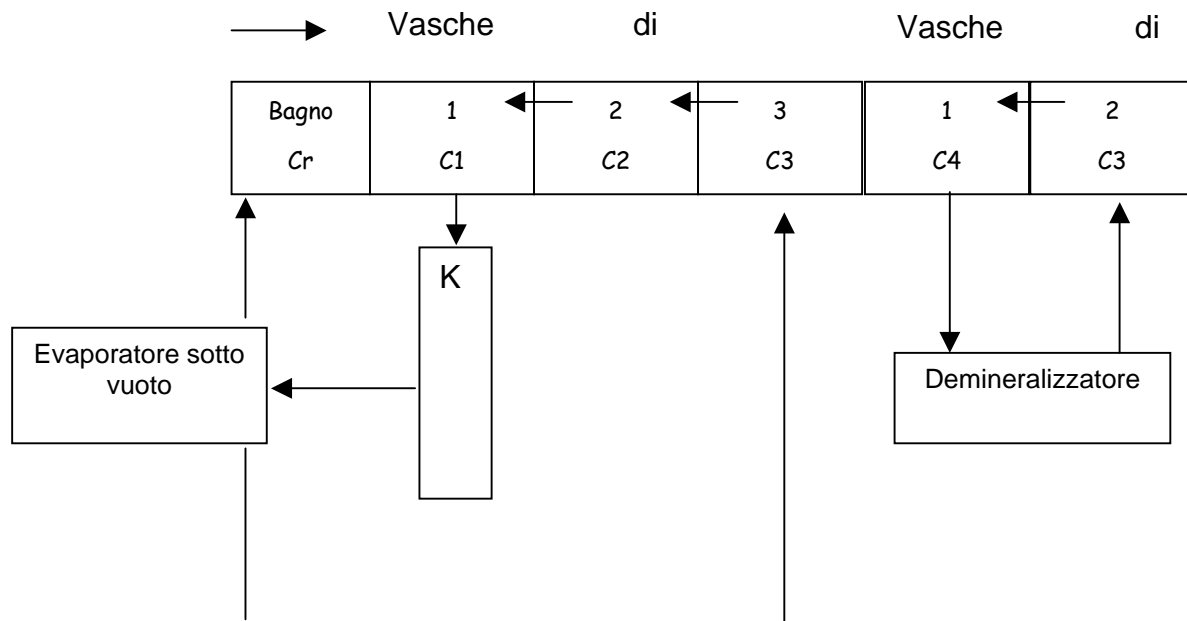


Dal punto di vista dell'analisi energetica questo tipo di apparecchio non prevede il recupero del calore latente di evaporazione ma, sfruttando energia termica (meno nobile dell'energia elettrica e quindi con costo inferiore) il suo costo di esercizio è comparabile con quello dei distillatori sotto vuoto.

Il grande vantaggio di questo tipo di apparecchiature è legato ai materiali costruttivi; è infatti possibile realizzare tutta l'apparecchiatura in materiale plastico (anche lo scambiatore di calore può essere costruito in Teflon o PVDF) eliminando così i problemi di corrosione legati all'Acido Cromico ed ai fluoruri senza far lievitare eccessivamente i costi.

DISTILLATORI SOTTO VUOTO

Queste apparecchiature realizzano la distillazione sottovuoto delle soluzioni di Acido Cromico. Per la descrizione del loro funzionamento rimandiamo alla sezione 14.1.



A causa della loro struttura essi richiedono l'utilizzo di metallo sia per le due 'campane' di evaporazione e condensazione che per gli scambiatori di calore. Questo porta all'utilizzo di materiali speciali (Titanio) oppure di rivestimenti anticorrosivi.

Rispetto agli evaporatori atmosferici che, operando direttamente sul bagno galvanico non prevedono una manipolazione del concentrato, questi modelli di distillatori sottovuoto prevedono che il concentrato venga trasferito nel bagno creando così per gli utilizzatori la necessità di maneggiare soluzioni cromatiche concentrate.

Per mettere in pratica il recupero del Cromo bisogna però verificare attentamente le condizioni operative del bagno. Infatti il Cromo è un bagno molto acido che aggredisce fortemente le superfici di Ottone non nichelate oppure i pezzi che cadono sul fondo della vasca. In queste condizioni per pensare al recupero del Cromo è necessario rimuovere mediante un Decationizzatore tutti i metalli presenti nel flusso da recuperare.

Questa fase di trattamento prevede l'utilizzo di una colonna contenente resina cationica resistente all'ossidazione in ciclo idrogeno.

Il livello di rigenerazione di questa colonna è legato alla quantità di metalli da rimuovere. Questa quantità può essere calcolata mediante analisi del bagno di Cromatura (in assenza di recupero del cromo). Moltiplicando la concentrazione di metalli presente per il trascinarsi si ottiene il carico orario.

La capacità di rimozione della resina in queste condizioni operative varia al variare della concentrazione di Acido Cromico (che rigenera parzialmente la resina) e può essere desunta dalla seguente tabella. La capacità di scambio è di circa 10 – 15 g di metallo per litro di resina.

Caratteristiche dell'acqua proveniente dai lavaggi lenti					Efficacia del trattamento con resina cationica forte
CrO ₃ g/l	H ₂ SO ₄ g/l	Cu ⁺⁺ g/l	Zn ⁺ g/l	Cr ⁺⁺⁺ g/l	Percentuale di metalli rimossi
178	1.8	3.1	4.6	10	32
150	1.5	2.7	3.8	8.4	33
100	1.0	1.9	2.6	5.6	47
50	0.5	0.9	1.3	2.8	58

E' consigliabile utilizzare una quantità limitata di resina sottoposta a frequenti cicli di rigenerazione infatti la degradazione (ossidazione) della stessa causata dall'Acido Cromico porta alla necessità di una sostituzione relativamente frequente.

E' necessario effettuare la rigenerazione utilizzando Acido Solforico per evitare eventuali rischi di inquinamento da Cloruri del bagno di Cromo. Le fasi della rigenerazione prevedono:

- Controlavaggio per l'espansione del letto
- Iniezione del reattivo
- Lavaggio di spostamento
- Lavaggio finale

In alcune condizioni è consigliabile collegare una piccola colonna anionica in grado di rendere il lavaggio finale un lavaggio a ricircolo. Questo accorgimento permette di avere un riscontro oggettivo della fine del lavaggio e dell'assenza di residui di Acido Solforico grazie alla diminuzione della conducibilità.

Malgrado tutte queste precauzioni a causa del trascinarsi proveniente dal bagno di Nichel è comunque prevedibile un incremento della concentrazione di Solfati e, in misura minore, dei Cloruri.

E' quindi consigliabile prevedere in linea un 'aggiustatore di solfati' composto da un piccolo reattore dove aggiungere Carbonato di Bario e occasionalmente Carbonato di Argento. Questo reattore è seguito da un decantatore dove si separa il precipitato formatosi.

L'eluato di rigenerazione deve essere trattato nel sistema chimico fisico oppure smaltito.

Il recupero dell'Acido Cromico è un'alternativa interessante mantenendo chiara nella mente del responsabile di processo che si tratta di un ciclo di trattamento complesso che richiede personale specializzato per il suo funzionamento.

RICIRCOLO DELL'ACQUA

L'acqua utilizzata per i lavaggi 'veloci' presenta limitate concentrazioni di Acido Cromico e dei composti presenti in soluzione nel bagno di deposizione. La maggior parte del trascinarsi è infatti recuperata nella fase di lavaggio lento e la portata utilizzata d'acqua per i lavaggi veloci è abbastanza elevata.

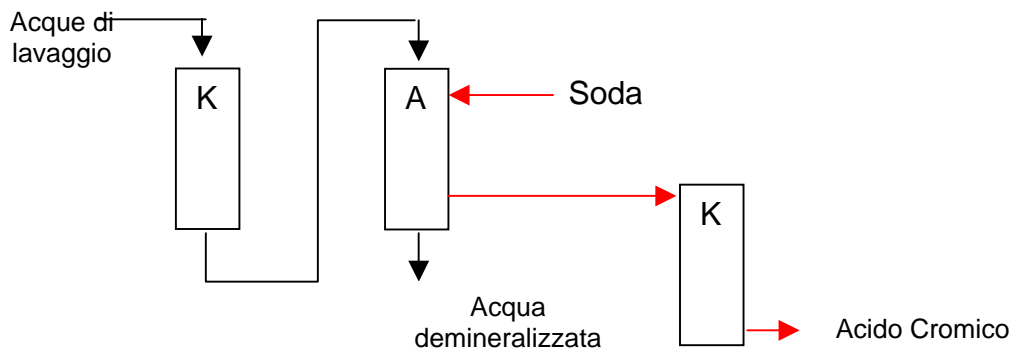
Per questa fase di trattamento è consigliabile prevedere un ciclo chiuso di riuso dell'acqua. E' anche possibile recuperare il Cromo esavalente sotto forma di acido cromico.

Lo schema di trattamento più utilizzato prevede l'uso di un demineralizzatore così costruito: l'acqua di lavaggio viene avviata (previa prefiltrazione) ad una resina cationica forte in ciclo H^+ . Questa resina trattiene i cationi dei metalli in soluzione ed è rigenerata con Acido Solforico.

L'acqua acida prodotta è quindi trasferita alla colonna anionica dove sono trattenuti gli anioni Cromato, Solfato e Cloruro se eventualmente presente. L'acqua così prodotta presenta bassa conducibilità e può essere riutilizzata per il ciclo di lavaggio.

La resina anionica viene al solito rigenerata mediante Soda Caustica e dal suo eluato di rigenerazione è possibile riottenere gli acidi corrispondenti agli anioni presenti. Per effettuare questa operazione di recupero si tratta l'eluato (contenente principalmente sali di Sodio) con una resina cationica forte operante in ciclo H^+ . Il Sodio viene scambiato con l'idrogeno e l'acqua trattata può essere riutilizzata nella vasca di deposizione tramite passaggio nel sistema di concentrazione.

Come per tutti i trattamenti di recupero occorre evitare la concentrazione di composti indesiderati nella vasca di deposizione. Il processo di recupero del Cromo deve quindi essere valutato con attenzione per verificarne caso per caso l'applicabilità.



QUALITA' DEI LAVAGGI FINALI

La qualità dell'acqua utilizzata per effettuare i lavaggi finali a valle dei trattamenti di cromatura è di fondamentale importanza per la buona riuscita della lavorazione.

L'acqua utilizzata deve essere accuratamente demineralizzata in quanto concentrazioni di soli 0.2 mg/l di Silice provocano antiestetici depositi sulle superfici dei pezzi. Considerando il ridotto trascinarsi che caratterizza queste ultime fasi di trattamento il trattamento di ricircolo operato mediante demineralizzatori a scambio ionico rappresenta una soluzione efficace ed economicamente conveniente. Si riduce in questo modo il consumo di acqua demineralizzata e si evita al contempo lo scarico di acqua inquinata da Cromo esavalente che richiede opportuni trattamenti di riduzione prima dello scarico.

Le buone caratteristiche dell'acqua proveniente da queste fasi di lavaggio finali consentono l'utilizzo efficace della capacità di scambio ionico delle resine.

Lo schema di demineralizzatore applicato prevederà la presenza di un sistema di resine cationiche e di un sistema di resine anioniche seguito da un'apparecchiatura a letto misto per la rimozione delle ultime tracce di sali. Queste ultime risultano particolarmente sollecitate a causa della presenza del fluorosilicato che viene utilizzato in fase di deposizione come additivo.

A causa dei bassissimi livelli di contaminazione da silice ammessi occorre effettuare con gran cura il lavaggio finale della resina anionica per eliminare qualsiasi residuo di rigenerante.

7.4 PRECAUZIONI NELLA SCELTA DEI PRODOTTI PER LA GALVANIZZAZIONE

Per il buon funzionamento dell'impianto di depurazione è fondamentale la collaborazione fra le competenze che sovrintendono al funzionamento dell'impianto galvanico ed i relativi progettisti e il progettista dell'impianto di trattamento acque.

In particolare una ragionata scelta sugli additivi da utilizzare può, a patto di trovare i giusti compromessi, garantire notevoli economie di esercizio e ottimi risultati di depurazione riducendo il consumo di reagenti ed il volume delle vasche. Solo coordinando infatti queste due fasi produttive e tenendo conto delle rispettive esigenze è possibile perfezionare i sistemi di recupero e riuso delle acque minimizzando i costi connessi alle problematiche ambientali.

La presenza di composti chelanti, complessanti e disperdenti rende più complessa e onerosa la fase di depurazione dei reflui. I composti complessanti quali l'EDTA rendono problematiche le fasi di precipitazione chimica dei metalli pesanti sequestrandoli e mantenendoli in soluzione inpedendone la precipitazione come sali insolubili. Anche la presenza di disperdenti causa difficoltà nelle fasi di formazione dei fiocchi, ad una scarsamente efficace flocculazione occorre spesso far fronte con più onerose soluzioni per la decantazione.

Eventuali economie realizzate nelle fasi di produzione devono quindi fare i conti con le esigenze, anche costose, derivanti dalle necessità della depurazione. Nell'ottica del raggiungimento del miglior compromesso la soluzione ottimale è rappresentata da un processo di collaborazione tra le parti per realizzare un efficiente progetto unitario.

7.4.1 PRODOTTI PER LA GALVANIZZAZIONE A BASSO IMPATTO AMBIENTALE

Poiché nell'attività galvanica non è possibile prescindere dall'uso di nichel e cromo (necessari alle fasi di cromatura e nichelatura del pezzo), materiali ad alta pericolosità ambientale, per ridurre tale rischio è necessario utilizzare nelle altre fasi del processo e principalmente nelle fasi di grassaggio prodotti a minore impatto. Negli ultimi anni le ditte fornitrici hanno creato dei prodotti con una composizione chimica di base che alla migliore prestazione tecnologica operativa aggiunge un ridotto impatto ambientale. Gli studi si sono rivolti principalmente al settore degli sgrassanti (per oli e grassi, per lavaggi ad ultrasuoni, per residui di asciugatura) che svolgono una funzione fondamentale nella preparazione del pezzo di ottone alle successive fasi di nichelatura e cromatura. In generale gli sgrassanti di nuova generazione sono quasi del tutto privi di soda caustica, hanno una ridotta

concentrazione di fosfati e carbonati, hanno una buona resa anche a temperatura ambiente e permettono un normale trattamento chimico fisico della soluzione sgrassante esausta con risparmi energetici interessanti. Il rendimento del bagno di sgrassatura e la sua durata sono sempre da mettere in relazione con il numero dei pezzi trattati ed il trascinarsi.

7.5 PRECAUZIONI PER LA SICUREZZA

La sicurezza dei luoghi di lavoro e la salvaguardia dell'ambiente sono esigenze sempre più sentite e anche il consumatore è sempre più sensibile alle implicazioni di tipo ambientale relative al ciclo di vita del prodotto finito. In quest'ottica la salvaguardia della salute degli operatori addetti agli impianti rappresenta un obiettivo da perseguire senza indugi. I sistemi di depurazione svolgono un ruolo importante e devono non solo garantire il rispetto della normativa sugli scarichi ma costituiscono un anello fondamentale nello sviluppo di cicli di produzione eco-compatibili e sostenibili secondo il concetto della miglior tecnologia disponibile.

La depurazione rappresenta una fase, molto importante, del ciclo di produzione del prodotto e deve garantire elevati standard di affidabilità mentre devono essere ridotti più possibile gli sprechi di energia, di acqua e rischi connessi all'utilizzo di reagenti chimici.

I trattamenti di filtrazione su membrana rappresentano, rispetto agli schemi di depurazione impieganti resine a scambio ionico, un passo avanti per la riduzione dei rischi connessi all'inefficienza delle apparecchiature e allo stoccaggio di grosse quantità di sostanze pericolose.

7.6 CANSIDERAZIONI ECONOMICO-AMBIENTALI SULLE DIVERSE TECNOLOGIE

Il fattore costo non è che uno degli aspetti della correlazione tra la politica ambientale e la politica dell'innovazione. Quest'ultima deve essere attenta anche a considerazioni di ordine temporale, come i cicli naturali di investimento. L'introduzione di nuove tecniche di protezione ambientale è meno costosa quando la sostituzione delle attrezzature avviene nel corso del normale ciclo di investimenti. Ad esempio la durata del ciclo di investimenti dell'industria pesante è di circa 20-30 anni, e il momento in cui viene effettuato l'investimento è un fattore determinante della prestazione ambientale della tecnologia. La scelta del momento giusto per introdurre una nuova tecnologia garantisce un impatto più favorevole sulla crescita. I principali fattori che ritardano i progetti innovativi nei settori economici sono:

- mancanza di personale qualificato;
- rigidità organizzativa;
- costi di innovazione;
- mancanza di fonti di finanziamento accessibili;
- rischi economici;
- mancanza di informazione sulle tecnologie;
- regolamenti e norme;
- scarsa reazione dei clienti.

Va sottolineato che, in sede di valutazione circa la convenienza a introdurre una tecnologia pulita in azienda, occorre tenere conto dei costi di gestione e di investimento aggiuntivi e dei risparmi ottenibili (o costi evitati) rispetto alla situazione senza l'introduzione della nuova tecnologia. Tra questi elementi figurano quelli derivanti dal minore rischio di multe/sanzioni, oneri di bonifica, danni ambientali, costi di assicurazione o legati a potenziali controversie legali, minori costi legati al sistema di controllo senza contare il miglioramento dell'immagine aziendale sul mercato.

Di seguito si fornisce un rapido confronto economico-ambientale delle principali tecnologie per ogni fase produttiva. Si premette che tale analisi sommaria deve poi confrontarsi con le situazioni reali delle singole imprese che presentano tipologie impiantistiche, prodotti lavorati e localizzazioni territoriali particolari.

Tecnologia	Benefici ambientali	Costi economici
FUSIONE		
<p>Forni ad induzione Tale tecnologia, adottata in fase di fusione(Linea sabbia a verde, Linea Shell moulding), sfrutta un sistema di riscaldamento diretto in quanto l'energia elettrica viene indotta magneticamente sull'ottone/bronzo da fondere senza passaggi termici intermedi.</p>	<p>L'utilizzo di forni ad induzione, rispetto a quelli a combustione, permette un minor consumo di risorsa energetica in quanto il calore viene fornito direttamente al metallo senza passaggi termici. Utilizzando la Linea sabbia a verde c'è inoltre la possibilità di recuperare, durante la distaffatura, parte della terra utilizzata in fase di formatura: il pezzo viene estratto e disposto su di una griglia al di sotto della quale viene raccolta la terra.</p>	<p>L'impiego di forni ad induzione permette di contenere i costi legati alla manutenzione: il materiale refrattario viene sostituito ogni 2 anni, mentre nei forni a combustione la sostituzione del crogiolo avviene ogni 30 – 40 giorni. Si ha un ulteriore risparmio economico legato al minor consumo di energia per la fusione diretta (forni ad induzione).</p>
TRATTAMENTO DELLE EMISSIONI GASSOSE		
<p>Abbattimento fumi Abbattimento fumi su due stadi: 1. Sistema con filtri a maniche 2. Trattamento attraverso torri ad umido</p>	<p>Il primo stadio permette l'abbattimento delle polveri e particelle d'olio di dimensioni superiori al micron. Il secondo stadio, a completamento del primo, permette l'abbattimento delle particelle d'olio submicroniche. Tale tecnologia permette di rimanere al di sotto dei limiti delle concentrazioni massime fissate per legge (All. 1 DM 12/07/90).</p>	
FASI DI PULITURA		
<p>Impianti automatici di lucidatura-brillantatura Impianto utilizzato per la lucidatura e brillantatura del pezzo mediante il loro sfregamento su una ruota di cotone.</p>	<p>Al fine di minimizzare l'impatto ambientale viene utilizzata una pasta lucidante liquida e non a panetti (utilizzati invece nel sistema non automatico): ciò garantisce una resa migliore e un minore consumo per pezzi lavorati.</p>	
<p>Lavaggi statici Consiste nell'immersione dei pezzi in un bagno di acqua pura. Nel tempo l'acqua si carica di inquinanti e deve essere sostituita.</p>	<p>Supponendo di avere una portata di liquido trascinato di 0,15 l/min, una concentrazione di inquinante trascinato di 10 g/l ed una vasca di lavaggio con volume pari a 1000 l, la tecnica permette di raggiungere un consumo di risorsa idrica pari a 2000 l/settimana (consumo medio fra le tre tipologie consigliate) raggiungendo un'efficienza del 80%</p>	<p>La facilità di applicazione della tecnica e i consumi idrici conseguenti permettono di realizzare un impianto di questo tipo a costi contenuti.</p>
<p>Lavaggi in controcorrente Consiste nel collegare più vasche di lavaggio in serie, facendo percorrere ad un flusso d'acqua di lavaggio il percorso inverso a quello dei pezzi. Le acque inquinate vengono poi sottoposte a trattamento chimico fisico e riutilizzate.</p>	<p>Considerando l'esempio esposto nel caso dei lavaggi statici, questo tipo di tecnica permette di raggiungere valori ottimali di efficienza (circa 97%) a fronte di un consumo idrico ridotto (1800 l/settimana). Alla riduzione del consumo della risorsa idrica certamente concorrono due fattori: il primo legato alla possibilità di trattare le acque contaminate per un successivo riutilizzo (trattamenti</p>	<p>Il consumo idrico notevolmente ridotto rispetto alle altre tecniche permette di contenere le spese relative all'approvvigionamento di questa risorsa. Questo in parte può essere accentuato dall'adozione di tecniche poco costose che permettono di migliorare l'efficienza dei trattamenti (bagni e lavaggi richiederanno meno frequenti rigenerazioni).</p>

	chimico-fisici), il secondo legato alla tecnica di sgocciolamento che consiste nell'eliminare dal pezzo eventuali residui del bagno di trattamento (cromatura, nichelatura), facendo ricadere il liquido trascinato, nella vasca del bagno stesso. Questo garantisce sia una maggiore efficienza del bagno, sia una maggiore durata delle acque di lavaggio, e quindi minori ricambi d'acqua.	Maggiori costi sono tuttavia da imputare alla complessità realizzativa della tecnica (necessità di più vasche disposte in serie)
Lavaggi con ricambio La tecnica si differenzia dal lavaggio statico per una continua immissione di acqua pura nel bagno di lavaggio.	Sfruttando lo stesso esempio visto per i lavaggi statici, si nota come il consumo idrico legato a tale tecnica risulti pari a 2400 l/settimana a fronte di un'efficienza di 87%. Anche in questo caso si può intervenire sui consumi idrici adottando la già citata tecnica di sgocciolatura.	La possibilità di prolungare la durata ed efficienza dell'acqua di lavaggio (sgocciolatura) è certamente vantaggiosa al fine di contenere i costi.
TRATTAMENTI DELLE ACQUE		
Tecniche a membrana Tecnica chimico-fisica per il trattamento delle acque e la rimozione degli inquinanti	Questa tecnica comporta la produzione di piccole quantità di eluato molto concentrato che presenta elevati costi di smaltimento. Inoltre non essendo previste operazioni di rigenerazione, la tecnica comporta un contenuto consumo idrico.	Questi sistemi possono trovare numerose applicazioni sia per il basso costo di investimento (circa 50000 Euro) sia per il rendimento in termini di risparmio nei costi di gestione.
Tecniche elettrochimiche: resine a scambio ionico La tecnica viene adottata al fine di separare l'acqua derivante dai trattamenti dalla parte inquinata.	Con questa tecnica si possono operare rigenerazioni di bagni esausti e recupero di sostanze in soluzioni acquose. Quindi oltre al ricircolo e risparmio delle acque, lo scambio ionico permette di ridurre le quantità di acque reflue da trattare.	Tale tecnica necessita di manutenzioni frequenti e quantitativi di acqua superiori alla precedente.
Tecniche di evaporazione La seguente tecnica, sfruttando il principio dell'evaporazione e successiva condensazione ad opera di un liquido refrigerante, permette la separazione delle sostanze inquinanti e l'ottenimento di acqua deionizzata.	Questa tecnica permette i seguenti benefici ambientali: minimizzazione della quantità di rifiuti da smaltire all'esterno; possibilità di recupero del distillato, eliminando gli inquinanti presenti che rimangono nel concentrato (il distillato è riciclato mentre il concentrato viene smaltito); possibilità di recupero del concentrato attraverso trattamenti che permettano il recupero di qualche componente tipo metalli preziosi.	La possibilità di recuperare in parte o tutto il fluido (acqua deionizzata e concentrato) garantisce un contenimento nei costi di gestione di questo tipo di trattamento.

7.7 TECNOLOGIE EMERGENTI: RIVESTIMENTO DEI METALLI CON PVD (DEPOSIZIONE FISICA IN FASE VAPORE)

La tecnologia di rivestimento PVD è stata sviluppata a livello industriale (solo negli ultimi 20 anni), nel settore automotive ed è in fase di sviluppo l'applicazione al settore delle rubinetterie. A tale fine è stato finanziato dall'Unione Europea il progetto LIFE "CLEAN DECO"³. Tale tecnologia si prefigge di poter sostituire i processi galvanici attraverso la produzione a bassa temperatura di rivestimenti sottili (1-100 micron) di elevatissime caratteristiche fisiche e meccaniche, per applicazioni antiusura, anticorrosione, biocompatibili e decorative in vari settori industriali e su differenti tipi di materiali metallici e non metallici. Il processo PVD è caratterizzato dall'utilizzo di tecnologia ad alto vuoto: le camere in cui avviene il processo hanno pressioni pari a 10^{-7} mmbar.

Attualmente l'utilizzo dei bagni galvanici determina una notevole produzione di acque reflue (che contengono in particolare cromo). Il rendimento catodico dei bagni di cromatura è molto basso aggirandosi intorno al 20%. Per questa ragione l'80% del consumo di cromo va a finire nelle acque reflue, sotto forma di cromo esavalente. La possibilità di recupero di queste acque reflue è modesta a causa della presenza di elementi inquinanti che non sono compatibili con il processo galvanico di cromatura. Il cromo esavalente deve essere ridotto a cromo trivalente che può essere precipitato come idrato di cromo e forma i rifiuti solidi tossici (fanghi), con un grandissimo aumento di peso (circa 10 volte superiore all'acido cromico trascinato di partenza), e conseguentemente con notevoli costi di smaltimento. Il costo di smaltimento dei fanghi ottenuti è di circa 0,25 €/kg, per cui per ogni tonnellata di anidride cromica di partenza si producono 8 tonnellate di rifiuti solidi tossici con un costo di smaltimento pari a circa 2000 € per tonnellata.

Il vantaggio ambientale della sostituzione del trattamento di cromatura con il processo innovativo PVD consiste nell'eliminazione del cromo e suoi derivati nelle acque reflue e nelle lavorazioni, nel forte risparmio idrico, nella riduzione di emissioni gassose nocive. Tale abbattimento dell'inquinamento dovuto a:

1. Riduzione dei composti di Cromo nei reflui:

³ Progetto LIFE "CLEAN DECO - Sviluppo di una tecnologia pulita di rivestimento PVD per applicazioni decorative su componenti metallici di grandi serie in sostituzione delle tecnologie di rivestimento tradizionali" (www.envipark.com/progetti)

- Attualmente le leggi italiane prevedono un contenuto massimo di cromo esavalente di 0,2 ppm e di cromo trivalente di 2 ppm nei reflui. Come quantificazione di questa riduzione si può prevedere una riduzione del 30% di questi contenuti massimi di Cr6 e Cr3 nei reflui di lavorazione (acque reflue e rifiuti solidi) con forte beneficio ambientale.
2. Risparmio acque di processo:
- I processi PVD consentono un risparmio elevato di consumo di acque di processo (ogni impianto galvanico consuma mediamente 50 m³ di acqua al giorno, ad un costo di 0,75 – 1,5 €/ m³). Per cui la sostituzione della cromatura porterebbe a un altro beneficio ambientale dovuto a un forte risparmio di acqua per usi industriali.
3. Emissioni gassose nocive, composte da vapori acidi, dovute a:
- Sgrossatura: produzione di vapori, nebbie alcaline (sode caustiche, silicati, fosfati) con relativi problemi di abbattimento;
 - Processi di cromatura: produzione di vapori acidi (solfati e fluoruri) con necessità di utilizzazione di uno scrubber per abbattere i vapori cromatici con conseguente formazione di acque inquinate da Cr6 da depurare e successiva formazione di fanghi da smaltire.
- La riduzione delle emissioni gassose nocive porta a un abbattimento dei rischi per la salute dei lavoratori.
4. Utilizzo di materiali dannosi per la salute dell'uomo:
- Il cromo esavalente è considerato cancerogeno per l'uomo a seguito di prolungate inalazioni.

Il risparmio totale per le industrie dei rubinetti è quantificabile in un risparmio sui costi di produzione del 4-5% senza contare i risparmi sull'abbattimento delle emissioni gassose (difficilmente quantificabili), a cui vanno aggiunti i vantaggi sul miglioramento della salute degli operatori, e sulla possibilità di incrementare il proprio mercato con prodotti tecnologicamente più avanzati.

8 BIBLIOGRAFIA

SEZIONE GENERALE

Ambiente Italia, Distretti industriali e innovazione ambientale, Ente Fiere di Padova e Legambiente, 2000.

AMMA, UPM, SATS, Progetto Adapt Infoecoambiente, <http://www.ambienteonline.org>, 2000.

Ariannambiente, Rassegna sulle Tecnologie Pulite, Provincia di Lecco, <http://www.ariannambiente.it/pages/tp-Lecco.pdf>, 2000.

ANPA, Linee guida per l'applicazione del Regolamento CEE 1836/93 (EMAS) e della Norma ISO 14001 da parte delle Piccola e Media Impresa – Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente – Roma, 1998.

Assopiastrelle, Centro Ceramico Bologna, IEFE, Linee guida per la progettazione di un sistema di gestione integrato nell'industria delle piastrelle, EdiCer S.p.a. 1998.

Casciani M. ed altri, Metodologie per l'analisi ambientale iniziale, IPA Servizi, 1997.

Commissione delle Comunità Europee, Rapporto sulle Tecnologie ambientali per lo sviluppo sostenibile, COM(2002) 122, Bruxelles, 2002

Fortis M. e Nodari A., *The role played by the Industrial Districts in the Italian Valve, Tap and Fittings Sectors*, paper presentato al CEIR General Committee, Venezia, 11-12 giugno 2001.

Fortis M., Un marchio di qualità AVR per la produzione italiana di rubinetteria e valvolame: uno strumento per la valorizzazione e la promozione del made in Italy, CRANEC-Fondazione Edison, 2001

Fortis M., *Aree distrettuali prealpine. Meccanica, tessile, gomma e plastica*, Franco Angeli, 1999.

Heinz-Werner Engel, Eco-mapping, http://www.inem.org/htdocs/inem_tools.html, 2000

Commissione Europea, Direzione Ambiente - settore IPPC
<http://europa.eu.int/comm/environment/ippc/>

UNEP, Gestione ambientale delle aree industriali, Environment Park, 2000.

FUSIONE STAMPAGGIO

AA.VV Linee guida per l'applicazione del sistema di ecogestione ed audit (Reg. CEE 761/2001) EMAS NELLE RUBINETTERIE - fasi di stampaggio e fonderia, 2002

ACGIH – American Conference of Governmental Industry Hygienists – Threshold limit value (TLV)

EPA- 260-R-01-002 Report on the Corrosion of Certain Alloys – July 2001

JRC Seville, Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC) Reference Document on Best Available Techniques in the Non Ferrous Metals Industries, May 2000

National Pollutant Inventory, Emission Estimation Technique Manual for Non-Ferrous Metal Manufacture Version 1.1 (2001)

National Pollutant Inventory, Emission Estimation Technique Manual for Non-Ferrous Metal Foundries (1999)

U.S National Pollutant Inventory – Background report AP-42 section 12.9, Secondary copper smelting, refining, and alloying

TRATTAMENTO GALVANICO

A.A. V.V. , La sicurezza nelle attività galvanotecniche, Regione Piemonte, 2002.

A.A. V.V. , Profili di rischio ambientale per il comparto galvaniche, ARPA, 1999.

AA.VV. , Linee guida per l'applicazione del sistema di ecogestione ed audit (Reg. CEE 761/2001) EMAS NELLE RUBINETTERIE - ciclo galvanico, 2001

Ambiente Italia, Progetto Green Metal, Provincia di Lecco, 2000.

EIPP, Surface treatment of metal, <http://eippcb.jrc.es/pages/Bactivities.htm>, 2001

EPA, Nonferrous metal industry, <http://es.epa.gov/oeca/sector>, 1995

INRS, Atelier de traitement de surface- concevoir en securité intégrée, INRS, 2000

ISPESL, Profili di rischio nelle galvaniche http://www.ispesl.it/profili_di_rischio/index.htm