
APPENDICE I

GALVANIZZAZIONE DI COMPONENTI PER RUBINETTERIA

1. SGRASSATURA CHIMICA.....	2
2. SGRASSATURA ELETTROLITICA.....	4
3. NEUTRALIZZAZIONE.....	5
4. NICHELATURA.....	6
5. ATTIVAZIONE ELETTROLITICA.....	7
6. CROMATURA.....	7
7. TRATTAMENTI SPECIALI DI FINITURA.....	8
8. BURATTATURA.....	8
9. CALCOLO DEL TRASCINAMENTO.....	9
10. LAVAGGI IN CONTROCORRENTE.....	10
11. LAVAGGI MISTI.....	12
12. TRATTAMENTO CHIMICO-FISICO.....	13
12.1 RIDUZIONE CROMATI.....	13
12.2 REAZIONE DI FENTON.....	15
12.3 SOLFURAZIONE.....	15
12.4 ALCALINIZZAZIONE.....	16
12.5 MATURAZIONE FIOCCHI.....	17
12.6 DECANTAZIONE.....	17
12.7 NORMALIZZAZIONE FINALE.....	18
12.8 REATTORI BATCH.....	18
13. POSTRATTAMENTO DI FINITURA.....	19
13.1 FILTRAZIONE MULTISTRATO.....	19
13.2 RIMOZIONE SELETTIVE CON RESINE CHELANTI.....	20
13.3 FILTRAZIONE A MEMBRANA.....	21

1. SGRASSATURA CHIMICA

Questo processo di lavorazione serve ad ottenere la rimozione dei grassi ed oli dalla superficie dei pezzi in lavorazione.

Viene realizzato immergendo i pezzi, normalmente montati su telai, in una o più vasche eventualmente con l'aiuto di ultrasuoni.

Gli oli ed i grassi che sporcano la superficie dei pezzi possono essere suddivisi in due categorie:

- a) saponificabili
- b) non saponificabili

Appartengono alla prima categoria gli oli e grassi vegetali ed animali ed alcune cere, mentre alla seconda le sostanze minerali (paraffina, oli).

Le sostanze saponificabili più comuni sono i grassi che costituiscono le paste di pulitura.

Queste sostanze, reagendo con alcali si saponificano, convertendosi in sostanze solubili in acqua.



A causa però del breve tempo di permanenza dei pezzi nella soluzione sgrassante è necessario utilizzare anche dei mezzi "fisici" per la separazione di oli e grassi.

Questi metodi agiscono anche sugli oli e grassi di origine minerale e si basano sull'azione di particolari sostanze che abbassano la tensione superficiale della soluzione, favorendo la bagnabilità della superficie.

Queste sostanze hanno una molecola che è costituita da due parti, una idrofila ed una idrofoba (oleofila). Una molecola così costruita può avvicinare due fasi tra loro incompatibili, poiché la parte oleofila si fissa sull'olio, favorendone la dispersione in acqua.

CARATTERISTICHE DELLE SOLUZIONI

È necessario mantenere il pH delle soluzioni in ambiente Alcalino tra 7 e 13, ma normalmente non si usano basi forti libere (NaOH) ma sali composti da basi forti ed acidi deboli, che così funzionano da riserva di Alcalinità.

Soda Caustica: non è di per sé un buon detergente perché possiede scarso potere bagnante, è di difficile risciacquo e non possiede caratteristiche emulsionanti ma saponifica i grassi.

È un forte corrosivo, intacca e macchia le leghe di Ottone e Rame.

Carbonati : servono essenzialmente come tamponi e come sorgente di Alcalinità a basso costo. In genere posseggono qualità sgrassanti.

Fosfati: servono principalmente come addolcitori per evitare la precipitazione di sali di durezza.

Silicati Alcalini: sono eccellenti agenti tamponi ed in unione con tensioattivi costituiscono il miglior sistema emulsionante, deflocculante, peptizzante che si conosca.

Il più usato è il Metasilicato Sodico, che è indicato come inibitore per evitare l'intacco dell'Ottone e del Rame.

I Silicati possono generare inconvenienti durante la Neutralizzazione in acido, in quanto se ancora presenti sulla superficie del pezzo, liberano Acido Silicico gelatinoso, difficilissimo da staccare dalla superficie.

Il loro impiego è pertanto controverso.

Tensioattivi: saponi e detergenti sintetici, vengono aggiunti per abbassare la tensione superficiale, favorendo la bagnabilità e quindi il distacco dei grassi.

I Tensioattivi più usati sono:

Tensioattivi Anionici, Alchilsolfonati, Solfati di Alcali, derivati dalla Lignina (Ligninsolfonati)

Tensioattivi non Ionici, condensati dell'Ossido di Etilene, che sono particolarmente stabili in quanto non risentono del pH.

TEMPERATURA DI LAVORO

A causa del meccanismo operativo la temperatura di lavoro oscilla tra i 60° e i 90° C.

Questa elevata temperatura porta ad ottenere una grande evaporazione, rendendo semplice il recupero di una parte della soluzione sgrassante, grazie ad un sistema di una o più vasche di lavaggi in cascata.

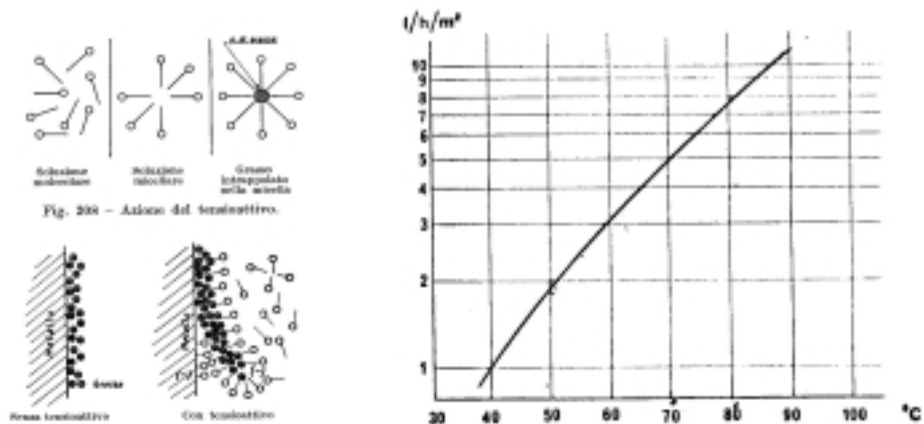
CONCENTRAZIONI MEDIE OPERATIVE

Si opera a concentrazioni di circa 50-80 g/l.

DURATA MEDIA DEI BAGNI

La durata di vita media oscilla tra 1 e 6 settimane, in funzione dei volumi dei carichi di prodotti da sgrassare ed in base al loro stato.

Le figure seguenti mostrano in meccanismo di azione dei tensioattivi e l'entità dei fenomeni di evaporazione dai bagni in funzione della temperatura ed in assenza di ventilazione forzata.



2. SGRASSATURA ELETTROLITICA

Sebbene si possa pulire efficacemente anche per semplice immersione, la Sgrassatura Elettrolitica è il metodo più usato per la preparazione dei metalli prima dell'elettrodeposizione.

Nella Sgrassatura Elettrolitica i pezzi da trattare sono collegati come Catodi o Anodi ed il rispettivo trattamento si chiamerà Sgrassatura Catodica o Anodica.

In entrambe i casi si ha uno sviluppo gassoso (H_2 od O_2), che costituisce una forte agitazione meccanica e facilita il distacco dei grassi ed il rinnovo della soluzione sul pezzo.

Nella sgrassatura catodica, a parità di condizioni, si sviluppa Idrogeno in quantità doppia rispetto allo sviluppo di Ossigeno sull'anodo, rendendo così questa sgrassatura più efficiente.

Il ciclo di trattamento classico prevede prima la Sgrassatura Catodica e poi quella Anodica.

Vengono utilizzate soluzioni simili a quelle per la Sgrassatura Chimica e che differiscono principalmente per il tipo e la concentrazione degli additivi.

La concentrazione delle soluzioni è maggiore per la Sgrassatura Catodica che per quella Anodica, in parte anche per compensare il trascinarsi.

I componenti principali di questi bagni sono:

Soda Caustica	10-25 g/l
Fosfato Trisodico	10-20 g/l
Carbonato Sodico	10-30 g/l
Silicato Sodico	10-30 g/l
Tensioattivi	0,5-10 g/l

Durante la Sgrassatura Catodica eventuali metalli presenti in soluzione possono depositarsi sulla superficie del pezzo. Nella successiva fase Anodica essi verranno ridisciolti.

Per evitare la precipitazione dei metalli che entrano in soluzione è necessario aggiungere alle soluzioni di sgrassaggio dei prodotti complessanti.

Tali prodotti complessanti agiscono "chelando" il metallo, che inglobato nella molecola del complessante non è più disponibile per l'elettrodeposizione.

I complessanti, per questo motivo, sono dannosi per l'operazione di depurazione, sia delle acque di lavaggio, che delle soluzioni concentrate. Essi, infatti, rendono difficoltosa la precipitazione dei metalli, che devono essere "estratti" dalla molecola del complessante prima di poter essere precipitati. In base ai gruppi funzionali di cui dispongono, è possibile classificare i complessanti in categorie, tra cui spiccano:

- Complessanti con gruppi Carbossilici;
- Complessanti della famiglia dell'EDTA.

Il legame che questi ultimi creano con il Rame ed il Nichel rende molto difficile la loro completa rimozione durante il trattamento di depurazione, sconsigliandone così l'impiego.

Si noti che, durante la Sgrassatura Anodica, se i telai che supportano i pezzi hanno sulla loro superficie residui di cromatura, per effetto elettrolitico, si otterrà la formazione di piccole quantità di Cromo esavalente.

TEMPERATURA DI LAVORO:

Normalmente la temperatura di lavoro è compresa tra 25° e 40° C, in alcuni casi a temperatura ambiente.

Una eccessiva temperatura di lavoro può causare ossidazioni superficiali.

CONCENTRAZIONI MEDIE OPERATIVE: 75-100 g/l

DURATA MEDIA DEI BAGNI:

- Sgrassatura Catodica 1-4 settimane
- Sgrassatura Anodica 1-2 settimane

3. NEUTRALIZZAZIONE

Questa fase di trattamento serve ad eliminare tracce di Alcalinità ed a rimuovere l'eventuale ossidazione superficiale, dovuta alla Sgrassatura Anodica.

Per la Neutralizzazione vengono comunemente utilizzati due diversi tipi di soluzioni.

- Soluzione 1: Acido Solforico 5-10 g/l
- Soluzione 2: Neutralizzazioni definite "in polvere" o con "Sali Acidi"

Si tratta di formulati che si trovano in commercio e che contengono principalmente due sostanze:

- Solfato Acido di Sodio NaHSO_4
- Ammonio Fluoruro

Il vantaggio che si vuole ottenere usando le soluzioni è quello di migliorare l'aderenza e l'aspetto estetico in corrispondenza delle saldature e contemporaneamente facilitarne la manipolazione.

COMPARAZIONE TRA LE DUE SOLUZIONI

La prima soluzione, che contiene solo H_2SO_4 , è di più semplice realizzazione, usa una minore quantità di prodotti, è più semplice da depurare sia per quanto riguarda le acque di lavaggio successive al trattamento, che per quanto riguarda il bagno esausto.

La seconda soluzione, invece, è forse più efficiente in termini di risultato, ma, a causa della sua maggiore concentrazione ed alla presenza di Solfato Acido di Sodio, rende più difficile sia il trattamento (ricircolo) delle acque di lavaggio, sia la depurazione del Bagno Esausto.

Una soluzione ottimale potrebbe essere quella di aggiungere 1-3 g/l di Ammonio Fluoruro alla Soluzione 1, unendo così i vantaggi delle due soluzioni.

TEMPERATURA DI LAVORO: Ambiente

DURATA MEDIA DEL BAGNO: Compresa tra 3 giorni e 2 settimane

4. NICHELATURA

Nel trattamento di componenti per la rubinetteria la fase della Nichelatura riveste un'importanza fondamentale per ottenere gli obiettivi di resistenza alla corrosione e di durata dei pezzi.

E' possibile in linea di principio, definire tre differenti processi di trattamento.

La **Nichelatura lucida** è il processo più diffuso sempre utilizzato, da solo o con uno dei successivi, per ottenere la finitura lucida dei pezzi. Il bagno utilizzato è del tipo Watt contenente principalmente:

- Nichel Solfato
- Nichel Cloruro
- Acido Borico
- Additivi Organici (Brillantante)
- Tensioattivi Anionici (Antipuntinanti)

Nichelatura opaca a struttura colonnare. Questo processo viene utilizzato come fondo prima della Nichelatura Lucida ed ha la funzione di 'coprire' ed eliminare eventuali velature provenienti dalla fase di pulitura nonchè di migliorare la resistenza del Ferro alla corrosione.

Anche in questo caso si utilizza un bagno di tipo Watt mantenuto esente da additivi organici. Questo bagno è molto sensibile ad inquinamenti di tensioattivi provenienti dai precedenti bagni di sgrassatura. Questi inquinamenti modificano la struttura colonnare del deposito rendendolo meno adatto alle funzione protettive cui esso è destinato.

Nichelatura Wood per acciaio Inox

Si va affermando l'utilizzo, per alcuni dei componenti, di leghe di acciaio Inox. Esse richiedono prima della nichelatura lucida di una breve deposizione 'attivante' di Nichel da Bagno acido al Cloruro (Wood). I pezzi sottoposti a questa fase di trattamento possono poi proseguire nel processo normalmente.

Il bagno è quello acido composto prevalentemente di Nichel Cloruro. Si tratta di un bagno di facile conduzione ma a causa della breve durata della deposizione normalmente dà origine a forti trasciamenti rendendo più complessa la depurazione degli scarichi.

5. ATTIVAZIONE ELETTROLITICA

Dopo il trattamento di nichelatura ed il relativo lavaggio i pezzi nichelati richiedono, prima della cromatura, di un trattamento di attivazione. E' un trattamento in bagno alcalino di composizione simile a quella di una sgrassatura. Da notare l'uso in alcune condizioni di sostanze complessanti per mantenere in soluzione il Nichel trascinato.

Normalmente la concentrazione operativa del bagno è inferiore a quelle utilizzate per la sgrassatura e si attesta attorno ai 50-70 g/l.

Per quanto riguarda la composizione chimica e la descrizione degli effetti delle varie sostanze impiegate vale quanto detto per la sgrassatura elettrolitica. Le principali sostanze presenti nel bagno sono:

Soda Caustica	Non è di per sé un buon detergente perché possiede scarso potere bagnante, è difficile risciacqua e non possiede caratteristiche emulsionanti ma saponifica i grassi. È un forte corrosivo, intacca e macchia le leghe di Ottone e Rame.
Carbonati	Servono essenzialmente come tamponi e come sorgente di Alcalinità a basso costo. In genere posseggono qualità sgrassanti.
Tensioattivi	Saponi e detergenti sintetici, vengono aggiunti per abbassare la tensione superficiale, favorendo la bagnabilità e quindi il distacco dei grassi. I Tensioattivi più usati sono: <u>Tensioattivi Anionici</u> , Alchilsolfonati, Solfati di Alcali, derivati dalla Lignina (Ligninsolfonati) <u>Tensioattivi non Ionici</u> , condensati dell'Ossido di Etilene, che sono particolarmente stabili in quanto non risentono del PH

6. CROMATURA

Il trattamento di cromatura conferisce ai pezzi il colore caratteristico, la durezza superficiale e la resistenza alla corrosione.

Il bagno utilizza una soluzione di Acido Cromico con la presenza di piccole concentrazioni di Acido Solforico e di additivi (Catalizzatori) a base di Fluorosilicati e Fluoruri.

La concentrazione di Acido Cromico pur essendo variabile rientra in valori compresi tra 180 e 300

g/l. Per la deposizione vengono impiegati anodi insolubili (Lega di Piombo) e quindi il deposito di Metallo avviene a spese dell'Acido Cromico presente in soluzione.

A causa del basso spessore del deposito (inferiore a 1-2 mm) e del basso rendimento di elettrolisi solo una parte dell'Acido Cromico (intorno al 5%) viene effettivamente utilizzata nella deposizione mentre la rimanente quota viene persa per trascinarsi. Il bagno di cromatura è fortemente acido e quindi aggredisce violentemente le superfici di ottone non preventivamente nichelate oppure i pezzi che cadono sul fondo del bagno.

7. TRATTAMENTI SPECIALI DI FINITURA

Una piccola percentuale dei pezzi da trattare richiede una finitura diversa dalla cromatura. Si tratta di rubinetteria di alta qualità che subisce trattamenti speciali, per esempio:

- Doratura con finitura a spessore in leghe a titolo differente
- Nichelatura nera o 'canna di fucile'
- Argentatura
- Palladiatura
- Trattamenti vari ossidati (anticati)
- Stagnatura

Questi bagni hanno composizioni differenti e, trattandosi spesso di leghe con metalli preziosi, richiedono normalmente Sistemi di Recupero dei Metalli preziosi e di ricircolo delle acque dedicati e specifici. Questi sistemi sono composti prevalentemente da demineralizzatori a Scambio Ionico oppure a Membrana specifici e collegati a circuito chiuso sui lavaggi corrispondenti con montaggio 'Point of Use' ovvero nelle immediate vicinanze dei lavaggi a bordo impianto.

A causa della limitata quantità dei pezzi prodotti il contributo di questi bagni al carico ambientale è limitato.

8. BURATTATURA

La burattatura è un trattamento di finitura meccanica in linea di massima utilizzato per rimuovere bave, incrostazioni e irregolarità superficiali, particolarmente rapido ed economico.

BURATTO ROTANTE: il carico dei pezzi da lavorare viene immesso in un recipiente poligonale, che viene poi fatto ruotare sul suo asse. I pezzi caricati durante la rotazione del contenitore rotolano, scivolano, si urtano, rimuovendo mutuamente le nervature e gli orli acuti e producendo superfici lucide.

Normalmente, ai pezzi da lavorare si aggiungono altri materiali, che hanno il compito di funzionare da abrasivi, lubrificanti e lucidanti. Tali abrasivi possono essere di origine naturale (segatura, pietre, ecc...) o artificiale (sfere di acciaio, smeriglio, cunei di materie plastiche), con l'aggiunta di opportuni prodotti chimici ed acqua.

Esistono due tipi di buratto:

- aperto, che ruota su un asse inclinato verticale
- chiuso, che ruota su un asse orizzontale

BURATTO A VIBRAZIONE: questo sistema, più moderno di quello precedentemente descritto, prevede un recipiente montato su molle, il quale viene messo in vibrazione per mezzo di un motore e di masse eccentriche. Il carico assume un movimento rotatorio uniforme e la differenza di peso e volume tra pezzi da trattare e abrasivi produce lo sfregamento.

Questo sistema è nettamente più efficiente rispetto al buratto rotante.

Durante il trattamento di burattatura vengono utilizzati prodotti chimici che possono appartenere a due grandi tipologie:

- prodotti alcalini
- prodotti acidi

I prodotti Alcalini (in pratica sgrassanti) contengono Carbonati, Soda Caustica, Silicati e Tensioattivi, mentre i prodotti Acidi sono principalmente Acido Solforico, Acido Fosforico e Tensioattivi vari.

Gli inquinanti da depurare sono principalmente quelli sopra indicati e, in aggiunta, polveri e fanghi originati dal consumo degli abrasivi.

Le sostanze più inquinanti contenute in queste acque sono le polveri di metalli (Rame, Zinco, Alluminio) presenti anche a granulometria submicronica.

Esse infatti possono facilmente rimanere sotto forma di sospensioni anche dopo un trattamento chimico-fisico.

ANALISI DEI CICLI DI LAVAGGIO

9. CALCOLO DEL TRASCINAMENTO

Il parametro più importante per il corretto dimensionamento di un Sistema di Ricircolo è il **trascinamento**.

Da esso infatti, conoscendo la posizione dei vari bagni, è possibile risalire alle quantità di sostanze trascinate nelle acque di lavaggio, definendo così il Carico Ionico.

Il trascinamento (Drag out) varia in base al tipo di pezzo galvanizzato, alla viscosità del bagno ed alla presenza o meno di Tensioattivi.

Il valore da utilizzare sarà quindi la media del valore rilevato in almeno due differenti bagni.

Normalmente, se l'impianto galvanico utilizza una Neutralizzazione in Acido Solforico è possibile sfruttarla per una prima verifica, agendo nel seguente modo:

A) Fase di prelievo campioni

Prelevare un campione della Neutralizzazione (camp.1) e dell'acqua di lavaggio successiva (camp.2)

Bloccare il flusso di acqua di lavaggio per 30' e riprelevare un campione dopo questo tempo (camp.3)

Ripetere la procedura nell'arco di uno o più giorni lavorativi per almeno 3-5 volte

B) Analisi dei risultati

I campioni '1' devono essere titolati per l'acidità libera. Può essere sufficiente una titolazione con Fenoftaleina

I campioni '2' e '3' devono a loro volta essere titolati per l'acidità libera.

La differenza di acidità rilevata, moltiplicata per il volume della vasca di lavaggio, permette di calcolare le quantità di Acido Solforico trascinato in 30'; dividendo questo valore per la concentrazione di Acido Solforico contenuta nella Neutralizzazione, si risale al trascinamento (espresso in l/h, se le concentrazioni sono espresse in g/l)

Ripetendo questa procedura per tutti i campioni si risale al trascinamento medio.

Un altro bagno che si presta al calcolo del trascinamento è quello di Cromatura.

Tale bagno è normalmente seguito da alcune vasche di lavaggio statico chiamate "Recuperi". Per il calcolo del trascinamento si userà l'ultimo di questi, che sarà seguito dal primo dei lavaggi, procedendo nel modo riportato di seguito:

A) Fase di prelievo campioni

Prelevare un campione dell'ultimo recupero (camp.1)

Misurare la portata di acqua di lavaggio nel successivo primo lavaggio

Prelevare un campione del lavaggio (camp.2)

Ripetere la procedura nell'arco di uno o più giorni lavorativi, per almeno 3-5 volte

B) Analisi dei risultati

Misurare la concentrazione di Acido Cromico del recupero (camp.1)

Misurare la concentrazione in Acido Cromico del lavaggio (camp.2)

Moltiplicare la concentrazione del lavaggio per il flusso di acqua di lavaggio

Il risultato deve essere diviso per la concentrazione del recupero, ottenendo così il trascinamento (espresso in l/h se si sono espresse le concentrazioni in g/l)

Ripetendo questa procedura per i vari campioni si ottiene il trascinamento medio

I valori ottenuti nei due casi devono essere comparabili tra loro, permettendo così di definire un valore di trascinamento medio.

Nei calcoli di dimensionamento è consigliabile utilizzare un fattore di sicurezza di 2, raddoppiando quindi il trascinamento così calcolato.

10. LAVAGGI IN CONTROCORRENTE

Per ottimizzare il consumo di acqua di lavaggio è consigliabile, ove possibile, utilizzare un sistema di lavaggi in controcorrente, esso infatti sfrutta l'acqua per il lavaggio in modo molto più efficiente.

Per dimostrare ciò, analizziamo le concentrazioni operative all'equilibrio in Bagno Galvanico, seguito da 3 lavaggi, nel caso A di 3 lavaggi indipendenti, con portata globale di $1 \text{ m}^3/\text{h}$ suddivisa nei tre

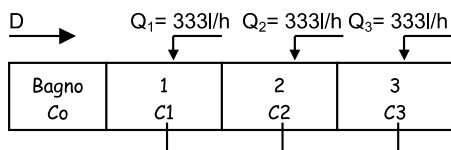
lavaggi, mentre nel caso B di un collegamento in controcorrente dei lavaggi, con portata di uno solo dei lavaggi pari a 333/h (un terzo rispetto al caso precedente).

Nella pratica esistono delle tabelle che, definito il rapporto Q/D, ovvero portata di acqua di lavaggio su trascinamento, ed il numero di lavaggi in controcorrente, permettono di risalire al rapporto di diluizione C_0/C_n .

CASO A

Dati: D= trascinamento= 10 l/h

Co= concentrazione del bagno= 100 g/l



$$C_1 = \frac{Co \cdot D}{Q_1} = \frac{100 \cdot 10}{333} = 3 \text{ g/l}$$

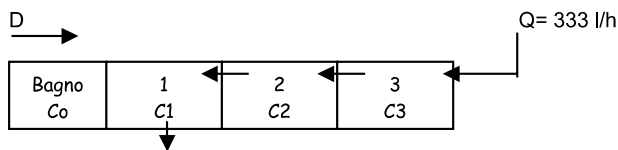
$$C_2 = \frac{C_1 \cdot D}{Q_2} = \frac{3 \cdot 10}{333} = 90 \text{ mg/l}$$

$$C_3 = \frac{C_2 \cdot D}{Q_3} = \frac{0,09 \cdot 10}{333} = 2,7 \text{ mg/l}$$

CASO B

Dati: D= trascinamento= 10 l/h

Co= 100 g/l



$$C_1 = \frac{Co \cdot D}{Q} = 3 \text{ g/l}$$

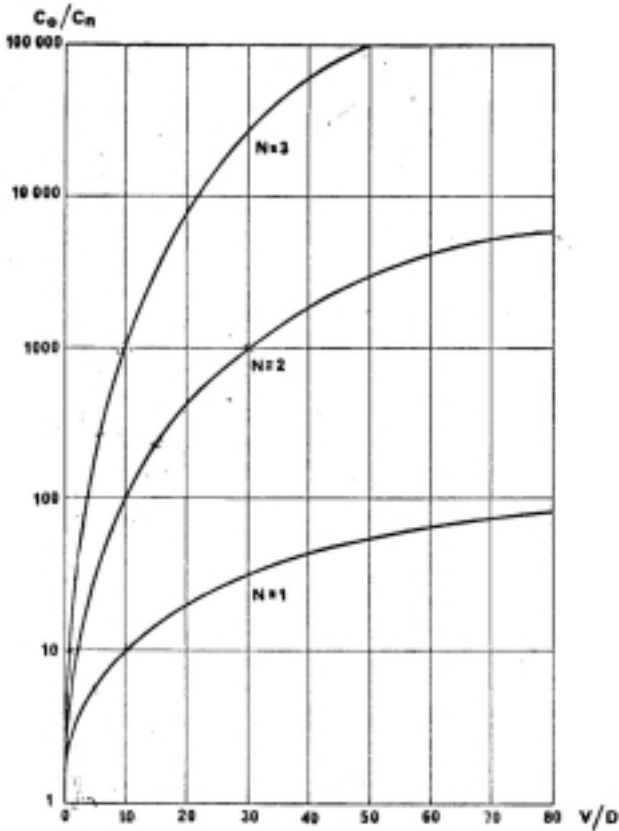
$$C_2 = \frac{C_1 \cdot D}{Q} + C_3 \cdot \left(\frac{C_2 \cdot D}{Q} \right)$$

← Considerando questo termine trascurabile si ricade nel caso precedente, ma con l'utilizzo di 1/3 dell'acqua di lavaggio

$$C_3 = \frac{C_2 \cdot D}{Q_3}$$

L'utilizzo di lavaggi in controcorrente è molto utile per ridurre il consumo di acqua di lavaggio, per esempio nel caso dell'utilizzo di sistemi di evaporazione.

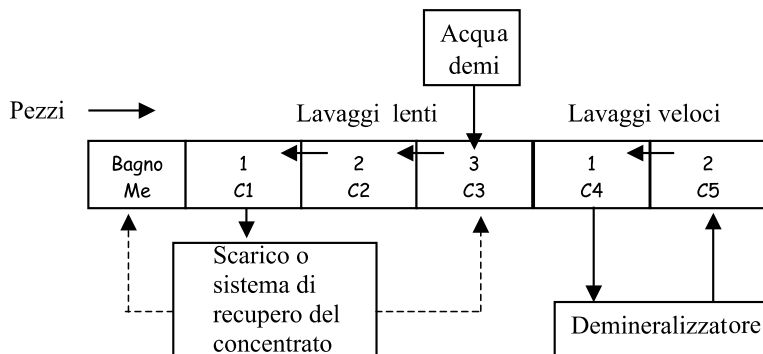
EFFICIENZA DEL RISCIAQUO IN CONTROCORRENTE



- N = numero dei bagni di risciacquo in controcorrente
- V = volume acqua di risciacquo in l/h
- D = trascinamento in l/h
- Co = concentrazione sali nel bagno in ppm
- Cn = concentrazione di sali nello ultimo risciacquo
- V/D = uso di acqua per litro di trascinamento
- Co/Cn = grado di diluizione

11. LAVAGGI MISTI

La tecnica dei lavaggi misti consiste nell'affiancamento di una fase di lavaggi lenti con una successiva fase di lavaggi veloci ad elevata portata.



Il ciclo dei lavaggi lenti è quello al quale è affidata la rimozione di gran parte del materiale trascinato dalla vasca di deposizione. La suddivisione del carico relativo ai fenomeni di trascinamento, seppur dipendente dalle portate e dal numero di vasche utilizzate è infatti sbilanciato a favore della prima fase di lavaggio alla quale compete di solito la rimozione circa l'80% - 95% del materiale trasportato sulla superficie dei pezzi.

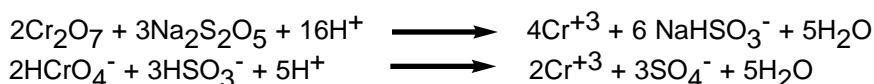
Nell'ottica della riduzione dei consumi d'acqua si separano due flussi esausti provenienti dalle operazioni di lavaggio. Un primo flusso proveniente dai lavaggi lenti presenta concentrazioni più elevate e può essere avviato alla depurazione mediante processi chimico fisici o ricircolato (dopo purificazione e concentrazione) nella vasca di deposizione. Per il secondo flusso, caratterizzato da un'elevata portata e da basse concentrazioni è sicuramente da prevedere un sistema di recupero a ciclo chiuso. L'utilizzo di un demineralizzatore o di un sistema a membrana consente di ottenere acqua di ottima qualità per le operazioni finali di lavaggio ed è economicamente vantaggioso giacché si opera su acqua non eccessivamente concentrata.

TECNOLOGIE DI TRATTAMENTO PRIMA DELLO SCARICO

12. TRATTAMENTO CHIMICO-FISICO

12.1 RIDUZIONE CROMATI

Queste acque contengono 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.

Riportiamo di seguito le reazioni chimiche e i consumi reattivi nelle varie condizioni operative.

19	$\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + 3\text{NaHSO}_4 + 4\text{H}_2\text{SO}_4$	$\text{pH} \leq 2,5$ $t = 2 \text{ min}$	$\rightarrow \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + 3\text{NaHSO}_4 + \text{Na}_2\text{SO}_4 + 4\text{H}_2\text{O}$
20	$\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + 3\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4$	$\text{pH} \leq 2,5$ $t = 4 \text{ min}$	$\rightarrow \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{Na}_2\text{SO}_4 + 8\text{H}_2\text{O} + 3\text{CO}_2$
21	$\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + 6\text{FeSO}_4 + 7\text{H}_2\text{SO}_4$	$\text{pH} \leq 2,4$	$\rightarrow \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + 3\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{Na}_2\text{SO}_4 + 7\text{H}_2\text{O}$
22	$\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_8 + 3\text{H}_2\text{SO}_4$	$\text{pH} \leq 7$	$\rightarrow \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + 2\text{Na}_2\text{SO}_4 + 3\text{H}_2\text{O}$
	$\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{H}_2\text{O}_2 + 4\text{H}_2\text{SO}_4$	$\text{pH} \leq 2,5$ $t = 5 - 10 \text{ min}$	$\rightarrow \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{Na}_2\text{SO}_4 + 7\text{H}_2\text{O} + 3\text{O}_2$
23	$\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + 3\text{FeSO}_4 + 4\text{NaOH} + 4\text{H}_2\text{O}$	$\text{pH} = 8,5 - 12$	$\rightarrow \text{Cr}(\text{OH})_3 + 3\text{Fe}(\text{OH})_3 + 3\text{Na}_2\text{SO}_4$
24	$2\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_8 + 4\text{H}_2\text{SO}_4$	$\text{pH} \geq 7$ $t = 5 - 10 \text{ min}$	$\rightarrow \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + 3\text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$
25	$4\text{CrO}_3 + 6\text{NaHSO}_4 + 3\text{H}_2\text{SO}_4$	$\text{pH} \leq 2$	$\rightarrow 2\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + 3\text{Na}_2\text{SO}_4 + 6\text{H}_2\text{O}$
26	$2\text{CrO}_3 + 3\text{Na}_2\text{SO}_4 + 3\text{H}_2\text{SO}_4$	$\text{pH} \leq 2$	$\rightarrow \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + 3\text{Na}_2\text{SO}_4 + 3\text{H}_2\text{O}$
27	$4\text{CrO}_3 + 3\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_8 + 3\text{H}_2\text{SO}_4$	$\text{pH} \leq 2,5$	$\rightarrow 2\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + 3\text{Na}_2\text{SO}_4 + 3\text{H}_2\text{O}$
28	$2\text{CrO}_3 + 2\text{Fe} + 6\text{H}_2\text{SO}_4$	$\text{pH} \leq 2$	$\rightarrow 2\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + 6\text{H}_2\text{O}$
29	$2\text{CrO}_3 + 6\text{FeSO}_4 + 6\text{H}_2\text{SO}_4$	$\text{pH} \leq 2$	$\rightarrow 2\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + 6\text{H}_2\text{O}$

INQUINANTE		PRODOTTI DI REAZIONE (kg/kg $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$)	kg/kg $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$	CONSUMO DI REATTIVI (teorico)		
(1 kg)	(1 kg)			FORMULA	kg/kg $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$	kg/kg $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$
$\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$	$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$	$\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$: 1,5 NaHSO_4 : 1,37 Na_2SO_4 : 0,54 H_2O : 0,27	1,82 1,66 0,66 0,33	NaHSO_4 H_2SO_4	1,19 1,50	1,44 1,82
$\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$	$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$	$\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$: 1,5 Na_2SO_4 : 0,54 H_2O : 0,07	1,82 0,66 0,08	SO_3 H_2SO_4	0,73 0,37	0,88 0,45
$\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$	$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$	$\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$: 1,5 $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$: 4,58 Na_2SO_4 : 0,54 H_2O : 0,48	1,82 5,56 0,66 0,58	$\text{FeSO}_4/\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ H_2SO_4	3,48/6,36 2,62	4,21/7,7 3,17
$\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$	$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$	$\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$: 1,5 Na_2SO_4 : 1,08 H_2O : 0,21	1,82 1,31 0,25	$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_8$ H_2SO_4	0,66 1,122	0,8 1,36
INQUINANTE		PRODOTTI DI REAZIONE (kg/kg $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$)	kg/kg CrO_4^{2-}	CONSUMO DI REATTIVI (teorico)		
(1 kg)	(1 kg)			FORMULA	kg/kg $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$	kg/kg CrO_4^{2-}
$\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$	CrO_4^{2-}	$\text{Cr}(\text{OH})_3$: 0,63 $\text{Fe}(\text{OH})_3$: 1,98 Na_2SO_4 : 2,63	0,88 2,77 3,67	$\text{FeSO}_4/\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ NaOH H_2O	2,81/5,14 0,99 0,45	3,92/7,17 1,37 0,63
$\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$	CrO_4^{2-}	$\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$: 2,12 Na_2SO_4 : 2,2	2,96 3,07	$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_8$ H_2SO_4	0,53 1,21	0,75 1,69
INQUINANTE		PRODOTTI DI REAZIONE (kg/kg CrO_3)	kg/kg CrO_3	CONSUMO DI REATTIVI (teorico)		
(1 kg)	(1 kg)			FORMULA	kg/kg CrO_3	
CrO_3		$\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$: 1,96 Na_2SO_4 : 1,07 H_2O : 0,27		NaHSO_4 H_2SO_4	1,56 0,74	
CrO_3		$\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$: 1,96 Na_2SO_4 : 2,13 H_2O : 0,27		Na_2SO_3 H_2SO_4	1,89 1,47	
CrO_3		$\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$: 1,96 Na_2SO_4 : 1,07 H_2O : 0,14		$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_8$ H_2SO_4	1,43 0,74	
CrO_3		$\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$: 1,96 $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$: 2,00 H_2O : 0,54		Fe H_2SO_4	0,56 2,94	
CrO_3		$\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$: 1,96 $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$: 6,00 H_2O : 0,54		$\text{FeSO}_4/\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ H_2SO_4	4,56/8,34 2,94	

12.2 REAZIONE DI FENTON

Il tensioattivo è costituito da macromolecole che per effetto dell'azione combinata dell'acqua ossigenata, del solfato ferroso e/o del cloruro ferroso in ambiente acido (pH=3-4) vengono distrutte chimicamente per ossidazione radicalica.

Le reazioni che stanno alla base di questo processo sono complesse ed evolvono attraverso molteplici fasi e con formazione di diversi intermedi instabili.

Molto schematicamente si può dire che le macromolecole del tensioattivo vengono spezzate in diversi tronconi con trasformazione dei gruppi funzionali presenti generalmente in gruppi carbossilati.

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 .

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 .

Per ottenere una regolazione precisa sono necessari valori di pH ed RX precisi ben definiti.

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

In linea di principio si può dire che a parità di quantità utilizzata per i reattivi, un'aggiunta degli stessi a piccole dosi successive migliora il risultato di trattamento ovvero, supponendo di dover trattare ad esempio 2 m³ di soluzione di Sgrassante Esausto dosando i reattivi in piccole quantità e con regolarità si ottiene il miglior risultato in termini di abbattimento.

12.3 SOLFURAZIONE

Per migliorare la precipitazione dei metalli è possibile attuare un dosaggio di solfuro di sodio.

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.

Indicando genericamente lo ione metallico come Me⁺⁺ la reazione che sta alla base della precipitazione è la seguente:



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

Normalmente non è necessario arrivare alla completa solfurazione di tutti i metalli presenti ma un dosaggio di solfuro definito reagirà con alcuni metalli sulla base del loro minore prodotto di solubilità.

Sulla base della tabella allegata si vede infatti che i solfuri di rame, cadmio, piombo zinco e nichel 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 nello stadio di

trattamento successivo (reazione di Fenton) si otterrà l'eliminazione di qualsiasi residuo di solfuro. In alternativa il dosaggio di solfuro potrà avvenire prima dell'alcalinizzazione ed anche qui grazie alla ridotta quantità si sarà garantiti da qualunque effetto di sovradosaggio.

Metalli	Hydroxid Formel	Löslichkeit		Sulfid Formel	Löslichkeit
		bei pH = 7	bei pH = 9		
Eisen (III)	Fe(OH) ₃	1,5 · 10 ⁻¹³	1,7 · 10 ⁻¹⁹		
Aluminium	Al(OH) ₃	5,4 · 10 ⁻⁷	9,5		
Chrom VI	Cr(OH) ₃	3,1 · 10 ⁻³	2,3		
Kupfer	Cu(OH) ₂	1,3	1,3 · 10 ⁻⁴	CuS	7,2 · 10 ⁻¹⁴
Blei	Pb(OH) ₂	0,3	3 · 10 ⁻⁶	PbS	1,9 · 10 ⁻⁹
Zink	Zn(OH) ₂	5,0 · 10 ⁻⁷	5 · 10 ⁻²	ZnS	3,5 · 10 ⁻⁶
Nickel	Ni(OH) ₂	3,2 · 10 ³	3,2 · 10 ⁻¹	NiS	1,9 · 10 ⁻⁶
Cadmium	Cd(OH) ₂	5,9 · 10 ⁴	5,9	CdS	4,2 · 10 ⁻¹⁰
Eisen (II)	Fe(OH) ₂	2,6 · 10 ⁷	2,6 · 10 ⁻²	FeS	2,2 · 10 ⁻⁶

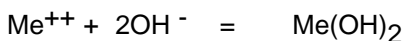
12.4 ALCALINIZZAZIONE

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:

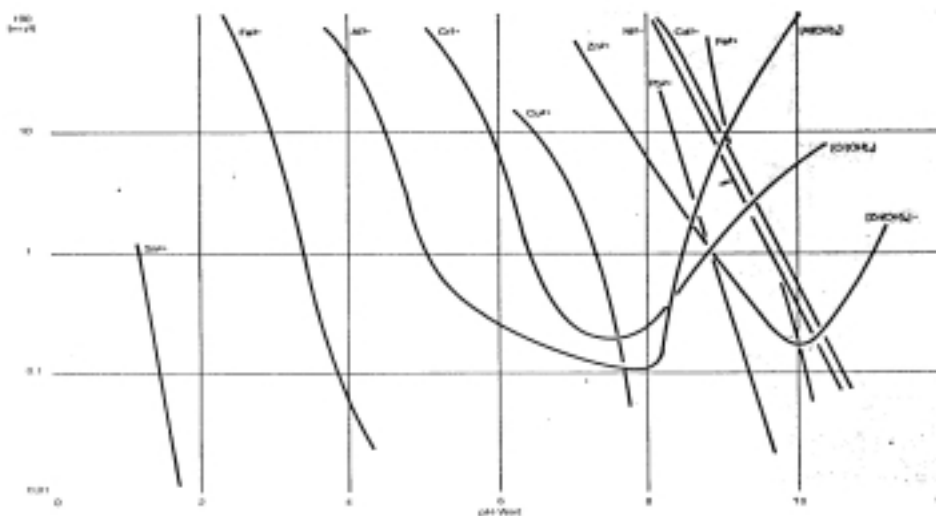


Questa reazione viene normalmente condotta in un reattore cilindrico munito di agitatore, sonde per la misura del pH, valvole o pompe dosatrici per l'immissione dei reattivi.

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.



12.5 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.

12.6 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 con i fango residuo si compatta e scende verso il basso, mentre l'acqua limpida sale fino a fuoriuscire dalla canalina di sfioro.

12.7 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).

12.8 REATTORI BATCH

Nel trattamento delle acque di scarico è frequente la necessità di trattare eluati di rigenerazione e/o semiconcentrati o concentrati di varia natura.

Per rendere queste operazioni agevoli per l'operatore e di facile realizzazione, è consigliabile utilizzare dei reattori batch per il trattamento di queste soluzioni.

Si tratta di vasche cilindriche con parte superiore aperta e parte inferiore a tronco di cono, per facilitare lo scarico dei fanghi.

Un agitatore lento (con motoriduttore) realizzato in acciaio inox provvede alla movimentazione del liquido.

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.

Una serie di valvole pneumatiche alimentata da tubazioni in pressione, provvede al dosaggio dei vari reattivi necessari al trattamento.

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 realizza una precipitazione ottimale dei metalli e degli inquinanti in genere.

13. POSTRATTAMENTO DI FINITURA

13.1 FILTRAZIONE MULTISTRATO

Durante la decantazione, una parte degli idrossidi metallici da separare rimane in sospensione nell'acqua trattata. Questo fenomeno può verificarsi per due distinti motivi:

- bulking di una parte del fango;

- carenze nella formazione dei fiocchi.

Il caso B, specialmente, porta ad avere all'uscita del decantatore un'acqua non perfettamente limpida, che contiene metalli sotto forma di micro-fiocchi.

Un tentativo di filtrare quest'acqua con un filtro a sabbia convenzionale, porta a risultati insoddisfacenti. Infatti il tempo tra due controlavaggi è molto breve e la portata, dopo un breve funzionamento, cala al di sotto del valore nominale.

È dunque necessario utilizzare un filtro con un particolare riempimento definito "**Filtro multistrato**".

Il riempimento di questo filtro è suddiviso in due zone:

- Zona superiore: riempita con Hydroantracite

- Zona inferiore: riempita come un filtro a sabbia convenzionale

Durante il ciclo di servizio, nella zona superiore si ha la suddivisione del flusso di acqua da trattare. Nella massa del materiale filtrante la velocità locale del flusso d'acqua diminuisce fino ad ottenere la separazione degli Idrossidi, che si fermano nei canali formati all'interno della massa filtrante.

In tal modo si sfrutta l'intero volume della massa filtrante, ottenendo elevate capacità di trattamento, che possono arrivare fino all'equivalente di 4 kg di fango filtropressato, per m³ di materiale filtrante.

Quando, durante il funzionamento, il fango riesce a fuoriuscire dalla zona inferiore del letto filtrante superiore, esso viene trattenuto dal sottostante filtro a sabbia e dopo breve tempo il calo di portata e l'incremento della caduta di pressione segnalano la necessità di realizzare il lavaggio del filtro.

Questa operazione è divisa in più fasi:

- A) livellamento;
- B) controlavaggio con aria;
- C) controlavaggio con acqua;
- D) lavaggio finale.

Livellamento

In questa operazione il filtro viene vuotato dell'acqua, fino a portare il livello del liquido ad alcuni centimetri sopra quello del letto filtrante.

Controlavaggio con aria

In questa fase viene immesso dal fondo del filtro un violento flusso di aria, che ha la funzione di rimescolare il letto filtrante superiore, trasferendo verso l'alto il fango, senza mescolare tra loro gli strati filtranti inferiori.

Controlavaggio con acqua

Il flusso di acqua (eventualmente crescente nel tempo) immesso dal fondo del filtro asporta il fango trattenuto.

Lavaggio finale

Un flusso di acqua nella stessa direzione del flusso di servizio classifica il letto filtrante e lo lava dalle ultime tracce di fango, preparandolo al servizio.

13.2 RIMOZIONE SELETTIVE CON RESINE CHELANTI

Dopo la filtrazione, l'acqua trattata è limpida, ma all'analisi presenta ancora, in alcune condizioni, concentrazioni di metalli superiori al limite di scarico.

Questi metalli (che non sono in sospensione) sono presenti sotto forma di complessi con le Sostanze Organiche residue nell'acqua trattata.

Tali sostanze organiche provengono dai bagni di lavoro (Sgrassature e Bagni di Elettrodeposizione) e rientrano in una o più di queste macro categorie:

- Brillantanti;
- Sequestranti;
- Disperdenti;
- Tensioattivi.

Esse hanno in comune la presenza di gruppi funzionali in grado di legarsi ai metalli, evitandone la precipitazione durante il trattamento Chimico-fisico.

Uno dei metodi più sicuri ed affidabili per separare i metalli residui è quello di utilizzare colonne di Resine Chelanti per la loro rimozione.

Queste resine sono dotate di gruppi funzionali specifici che possono operare la rimozione dei metalli anche se presenti a concentrazioni di qualche ppm non reagendo con i sali neutri presenti anche in elevate concentrazioni.

Le resine presentano un meccanismo di trattenimento degli ioni metallici assolutamente analogo a quello dei sequestranti quali l'EDTA. A causa di questa peculiarità il processo è ostacolato dalla presenza in elevate concentrazioni di complessanti nell'acqua da trattare; occorre tenere conto di questa limitazione in sede di scelta dei componenti chimici dei bagni cercando di ridurre il più possibile l'utilizzo di queste sostanze.

13.3 FILTRAZIONE A MEMBRANA

I processi di filtrazione operanti mediante l'utilizzo di filtri separatori ad elevata efficienza permettono di rimuovere dall'acqua molte diverse tipologie di inquinanti. La forza motrice che governa il processo è la pressione dell'acqua da filtrare e il risultato dell'operazione dipende in gran parte dal tipo di membrana utilizzato.

Le membrane sono costituite da polimeri sintetici o da materiali sinterizzati e vengono classificate principalmente sulla base della dimensione minima delle particelle che riescono a trattenere. Si distinguono convenzionalmente i seguenti processi:

Microfiltrazione (MF): operata mediante l'utilizzo di membrane polimeriche o ceramiche consente di separare dall'acqua particelle di dimensioni superiori a 0.1 – 1 mm a seconda del particolare tipo di membrana utilizzato. In generale sono trattenute le particelle sospese e le sostanze colloidali mentre le macromolecole ed i sali disciolti attraversano la membrana. Le principali applicazioni di questo processo sono la rimozione di solidi sospesi, batteri e materiale flocculato. Il processo non comporta elevate perdite di carico e tipicamente la pressione transmembrana è di soli 0.5-0.7 bar.

Ultrafiltrazione (UF): opera su particelle di dimensioni inferiori a 0.1 mm e separa le macromolecole dal flusso d'acqua. Questo processo opera oltre che sui colloidali anche sulle grosse molecole organiche quali le proteine. Il MWCO (dimensione minima delle molecole separabili) tipico per queste membrane è compreso tra 1000 e 100000, solitamente si opera con pressioni transmembrana comprese tra 1 e 7 bar.

Nanofiltrazione (NF): questo trattamento separa oltre alle molecole organiche anche gli ioni inorganici di maggiore dimensione. La dimensione delle particelle trattenute è superiore al nanometro (10 angstrom). Vengono efficacemente trattenuti i sali relativamente alla quota di ioni bivalenti mentre si hanno livelli di reiezione del 20 - 80% per gli ioni monovalenti. Vengono trattenute le sostanze

organiche con peso molecolare superiore a 200 – 400. Le applicazioni includono la rimozione dei metalli quando sono presenti sotto forma di complessi nonché la separazione di grosse molecole organiche. Il range di pressioni transmembrana nel quale si opera secondo questo processo è compreso tra i 3.5 e i 16 bar.

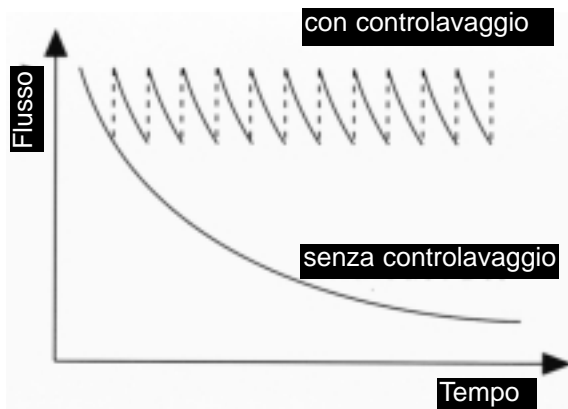
Osmosi inversa (RO): le membrane per osmosi inversa rappresentano il più elevato livello di separazione ottenibile con i trattamenti di filtrazione. Queste membrane trattengono infatti la pressoché totalità della salinità disciolta nell'acqua e tutte le molecole organiche con peso molecolare superiore a 100. L'acqua prodotta è pressoché demineralizzata. Il funzionamento della membrana prevede una differenza di pressione superiore alla differenza delle pressioni osmotiche esistente tra l'acqua di alimento e il permeato, deve poi essere superata la perdita di carico costituita dalla barriera fisica (il polimero): di conseguenza la pressione transmembrana necessaria al funzionamento dipenderà dalla qualità dell'acqua di alimentazione e dalla resa richiesta in termini di permeato.

Il funzionamento di questi moduli presenta una notevole differenza rispetto alla filtrazione meccanica tradizionale in quanto si utilizza un sistema di alimentazione a flusso tangenziale. Il flusso di alimentazione risulta quindi ortogonale rispetto alla direzione del flusso di permeato e la turbolenza prodotta riduce notevolmente i fenomeni di accumulo delle sostanze da separare sul lato di alimentazione della membrana.



I processi a membrana possono anche essere utilizzati in cascata allo scopo di trattare scarichi molto concentrati o anche per realizzare la concentrazione e la riduzione di volume di scarichi diluiti. In particolare si possono adottare configurazioni impiantistiche che prevedono un pretrattamento attuato mediante MF o UF a monte di un trattamento di demineralizzazione basato sull'osmosi inversa. E' comune poi l'adozione di una successiva fase di trattamento, sempre attuata per mezzo di membrane, per concentrare adeguatamente e ridurre il volume dello scarico delle fasi precedenti. I processi di MF e UF che operano su acqua molto carica sono di tipo ciclico in quanto alla fase di filtrazione si alterna una fase di controlavaggio (PBW) durante la quale viene invertito il flusso permeato, questa operazione permette la pulizia della membrana e consente di ottenere con continuità elevati livelli di produttività.

La figura seguente mostra come il controlavaggio consenta un efficiente funzionamento della membrana di Micro o Ultrafiltrazione



Nelle fasi di post-trattamento e raffinazione a valle di sistemi Chimico Fisici qualora si riscontrino ancora la presenza di inquinanti al di sopra dei limiti consentiti è possibile intervenire mediante sistemi di separazione che operino a livello molecolare e ionico quali RO e NF. L'adozione di sistemi a più stadi consente di ridurre al minimo il volume dei concentrati prodotti. I processi ad osmosi inversa consentono il recupero di acqua di ottima qualità e rappresenta un ottimo trattamento di finitura. L'abbinamento dei processi di MF e UF con l'utilizzo di carbone attivo permette di realizzare trattamenti che riducono efficacemente il livello delle sostanze organiche nelle acque di ricircolo.