



ELECTRODIALYSIS CELLS FOR ED PAINTING – PART ONE

Celle di elettrodialisi per verniciature elettroforetiche – Prima parte

Dr. Marco Zavattoni
 Condoroil Chemical¹ S.r.l.,
 Casale Litta (VA), Italy
 direzione@condoroil.it

Eng. Jan Tump
 Membracon (NL)

Introduction

In ED painting (Electrophoretic Deposition) an important role is carried out by electro dialysis cells. The purpose of this report is to point out the principles of operation and to provide an overview of the technical proposals offered by the market. In order to better introduce the topic let's explain the reactions which regulate the ED processes.

Electrophoresis

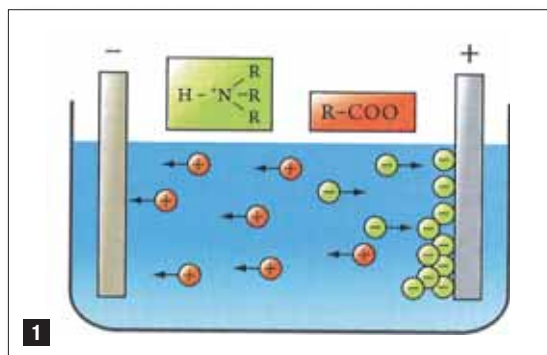
Electrophoresis can be defined as the transport of resin molecules which are moved in colloidal form under the influence of an electric field. Depending upon their electric charge, the resin in suspension can migrate towards the anode (anaphoresis) or the cathode (cataphoresis) dissociating from their base formulae. In the anaphoresis process, the resin separates from its alkaline neutralizing agent – usually amines – while in the cataphoresis process is the acid neutralizing agent which separates – usually organic acid (Fig. 1).

Introduzione

Nel processo di verniciatura elettroforetica un ruolo importante viene svolto dalle celle di elettrodialisi. Lo scopo di questo articolo è illustrarne i principi di funzionamento e fornire una panoramica delle proposte tecniche che vengono offerte dal mercato. Per introdurre meglio l'argomento è però opportuno ricordare le reazioni che regolano i processi di elettroforesi.

Elettroforesi

L'elettroforesi può essere definita come il trasporto di particelle di resina disperse in forma colloidale sotto l'influenza di un campo elettrico. A seconda della loro carica elettrica, i colloidali in sospensione possono migrare verso l'anodo (anaforesi) oppure verso il catodo (cataforesi) dissociandosi dalle loro formule base. In particolare nel processo di anaforesi avremo la separazione dell'agente neutralizzante alcalino, generalmente sale di ammonio quaternario, mentre nel processo di cataforesi avremo la separazione dell'agente neutralizzante acido, generalmente acido organico (fig. 1).



1
 Illustration of an anaphoresis where the binding agent is attracted to the anode due to its negative charge.

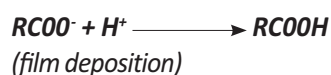
Illustrazione di anaforesi ove l'agente legante è attratto all'anodo per la sua carica negativa.

¹ Exclusive distributor for Italy of Membracon (NL) cells and membranes

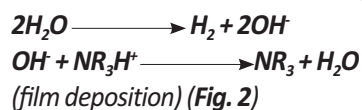
Thus on the electrodes the reaction of the electrolysis of water takes place. This reaction is the most important of the process and it's the basis of the film paint formation. If we consider the anode in the anaphoretic system, the electrolysis reaction will be the following:



Acidity (H^+) which develops from this reaction makes the pH decreasing to 2.5–3.5 causing a quick coagulation of the painting product which is soluble only at pH values higher than 6–8 according to the reactions:



In the cataphoresis process, at the cathode the reaction of electrolysis of water will produce hydroxyl ions (OH^-) which neutralize the ion ammonium of the resin according to the reactions:

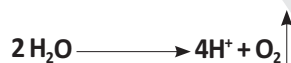


Also in this case the resin film will be deposited since - when the pH value near the cathode is higher than 10 - the product coagulates (it is soluble only at pH lower than 4-6). Therefore, during the process there is a continuous accumulation in the solution of molecules which act as neutralizers, which are ammonium salts in anaphoresis and organic acids in cataphoresis. In order to eliminate such components from the solution the electro dialysis cells are used.

Electrodialysis cells

The electro dialysis cell includes the counter electrode of the electrodeposition process, as to say the cathode in case of anaphoresis and the anode in case of cataphoresis, and a membrane placed around the electrode to produce a watertight compartment where the solution circulates - the so-called electrolyte (anolite or catolite depending on the process).

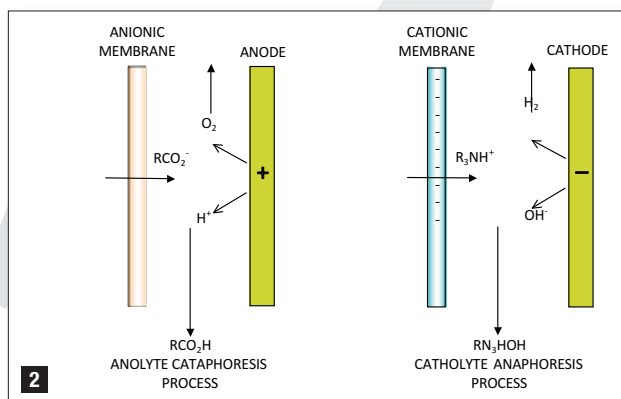
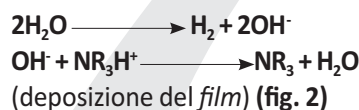
Sugli elettrodi avvengono quindi le reazioni di elettrolisi dell'acqua che rappresentano le reazioni più importanti del processo e che stanno alla base della formazione del film del prodotto verniciante. Se consideriamo l'anaforesi, all'anodo avremo la seguente reazione di elettrolisi:



L'acidità (H^+) che si sviluppa da questa reazione fa diminuire localmente il pH a 2,5–3,5 unità, provocando la rapida coagulazione del prodotto verniciante che è solubile solo a valori di pH superiori a 6–8 unità, a seconda della reazione:



Se consideriamo invece la cataforesi, al catodo avremo che la reazione di elettrolisi dell'acqua produrrà ioni ossidrilici (OH^-) che andranno a neutralizzare lo ione ammonio della resina secondo le reazioni:



Anche in questo caso si avrà la formazione del film di resina poiché con il valore di pH raggiunto nei pressi del catodo, ossia superiore a 10, si ha la coagulazione del prodotto, che è solubile solo a pH inferiori a 4–6. Quindi, nel prosieguo del processo si ha un continuo accumulo in soluzione delle molecole che agivano da

neutralizzanti - sali di ammonio nell'anaforesi e acidi organici nella cataforesi. Per eliminare dalla soluzione tali componenti, vengono per l'appunto utilizzate delle celle di elettrodialisi.

Le celle di elettrodialisi

La cella di elettrodialisi comprende il contro elettrodo del processo di elettrodeposizione, ossia il catodo nel caso dell'anaforesi e l'anodo nel caso della cataforesi, e una membrana posizionata intorno all'elettrodo a creare un comparto stagno dove circola la soluzione del cosiddetto elettrolita (anolite o catolite, a seconda del processo).

2 *Cataphoresis process (left) and anaphoresis process (right).*

Il processo di cataforesi a sinistra e quello di anaforesi a destra.

The dialysis membrane is the heart of the cell and it is produced by dispersion of an exchanging resin into a neutral polymer or by functionalization of a polymer matrix or by using polymers which already have ionic parts.

This characteristic, which differs from the most common membranes whose acting force is the difference of hydrostatic pressure (reverse osmosis, ultrafiltration and nano filtration) enables it to allow the passage of only positive charges (cationic membranes) or of only negative charges (anionic membranes). For this reason they are called "Ion Exchange Membranes" and obviously they are different in case of cataphoretic or anaphoretic painting. In the cataphoresis process, the material of the counter electrode (anode) inside the cell can change if a higher corrosion resistance is required. An established practice, however, requires the use of electrodes in AISI 316 L (316 with low carbon) or in AISI 316 Ti (316 with addition of titanium). In specific cases of strong corrosion it is possible to use oxides coated titanium electrodes (DSA).

In case of tubular electrodes it is good practise to place the welding line of the tubes towards the tank wall in order to reduce the current charge on the part that can be more easily etched. During the painting process the cells continuously remove electrolyte which, otherwise, as already explain, shall accumulate.

The cells are placed along the tank and the electrolyte solution, which they contain, is recirculated in a dedicated smaller tank.

The concentration of the component removed from the working tank, and which accumulate in the electrolyte small tank, is controlled by a simple conductivity measurement, drained and replenished with demineralised water to keep a steady concentration. Such concentration must be lower than the value at which the specific component produced by the working solution would migrate in the opposite direction by high concentration differences (Fig. 2 a).

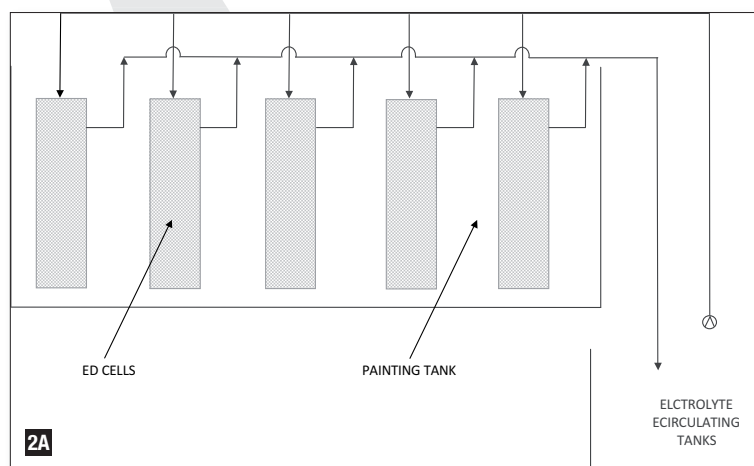
La membrana di dialisi è il cuore della cella e viene prodotta per dispersione di una resina scambiatrice in un polimero neutro o per funzionalizzazione di una matrice polimerica o, infine, utilizzando polimeri che posseggono già parti ioniche.

Questa sua particolarità, che la differenzia dalle più comuni membrane in cui la forza agente è la differenza di pressione idrostatica (osmosi inversa, ultrafiltrazione e nanofiltrazione), la rende capace di permettere il passaggio di sole cariche positive (membrane cationiche) o di sole cariche negative (membrane anioniche). Per questa ragione prendono anche il nome di "membrane di scambio ionico" e sono ovviamente differenti nel caso di processo di verniciatura cataforetica e anaforetica. Nel caso del processo, anche il contro elettrodo interno alla cella può cambiare se viene richiesta una maggiore resistenza alla corrosione. Una prassi consolidata, tuttavia, prevede l'uso unificato di elettrodi in AISI 316 L (316 con basso carbonio) o in AISI 316 Ti (316 con aggiunta di titanio). In casi specifici di forte corrosione è possibile usare elettrodi in titanio rivestito da ossidi (DSA).

Nel caso di elettrodi tubolari è buona regola posizionare la linea di saldatura dei tubi verso la vasca per ridurre il carico di corrente sulla parte più facilmente aggredibile.

Durante il processo di verniciatura le celle consentono di asportare in continuo l'elettrolita che, altrimenti, come prima visto, si accumulerebbe. Le celle vengono posizionate lungo la vasca e la soluzione di elettrolita in esse contenuta viene fatta ricircolare in una vaschetta dedicata.

La concentrazione del componente asportata dalla vasca di lavoro, e che si accumula nella vaschetta dell'elettrolita, viene controllata con una semplice misura di conducibilità e drenata di conseguenza per mantenere una concentrazione costante. Tale concentrazione deve essere inferiore al valore a cui comincerebbero dei fenomeni diffusivi contrari che comporterebbero la migrazione a ritroso per il gradiente di concentrazione, del componente specifico, che si viene a creare con la soluzione di lavoro (fig. 2 a).



2A

Sizing of the cells.

Dimensionamento celle.

For the cells sizing the following process values must be known:

- Time with current ON (for units with batch loads)
- Required paint thickness
- Submerged metal area.

And the following easy calculation can be done in order to estimate the average current required during the ON current period.

$$\text{Amps} = \text{Area} / \text{Time} \times \text{microns} \times 0,95$$

If we consider, as example, a charge of 30 m² with an ON current time of 4 minutes to deposit 20 microns of paint we can calculate:

$$I = 30/4 \times 20 \times 0,95 = 142 \text{ A}$$

In this example, 142 A value represents the average electric current over a period of 4 minutes. This will usually increase till max higher than 142 A and then will decrease (Fig. 3).

The current peak can reach also 180 A but only for a short period which is irrelevant for our purpose. To be within the limits it is advisable to use a specific charge of 35 A/m² of anodic area until a max of 50 A/m². In our example we should therefore consider an area between 2.8 m² (142:50) and 4 m² (142:35). Then, depending on the type of cells which are used, it will be possible to calculate their number, taking care to position them homogeneously along the tank walls in case of painting batch loads.

In case of painting in a continuous process – the goods travel through the tank – the cell placement shall be done to guarantee a homogeneous current charge and, for this reason, the electrode area will be larger at the inlet and then reduce towards the final part of the tank where pieces, now coated, require a lower current charge.

Cells geometry

Cells have three different construction geometries and, depending on these, they are called “flat cells”, or “box cells”, “tubular cells” and “cells with C geometry”.

Per il dimensionamento delle celle occorre conoscere i seguenti valori di processo:

- Tempo con corrente ON (per impianti a cariche)
- Spessore vernice desiderato
- Area immersa.

Basta procedere con il seguente semplice calcolo che fornirà la corrente media richiesta durante il periodo di corrente ON:

$$\text{Amps} = \text{Area} / \text{Tempo} \times \text{micron} \times 0,95.$$

Consideriamo come esempio una carica di 30 m² con un tempo di corrente ON pari a 4 minuti per depositare 20 micron di vernice.

$$I = 30/4 \times 20 \times 0,95 = 142 \text{ A}$$

In questo esempio, il valore 142 A rappresenta la corrente elettrica media su un periodo di 4 minuti. Questa comincerà lentamente a crescere fino a un massimo che sarà superiore a 142 A, per poi tornare a decrescere (fig. 3).

Il picco di corrente potrebbe anche arrivare a 180 A, ma questo sarà solo per un breve periodo, irrilevante per il nostro scopo. Per stare entro i limiti, si consiglia di usare un carico specifico di 35 A/m² di area anodica fino a un massimo di 50 A/m².

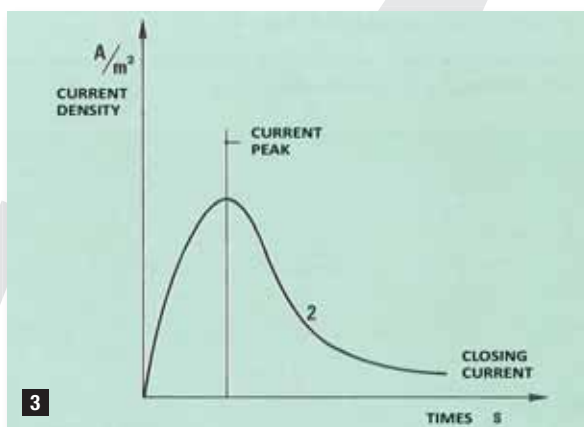
Nel nostro esempio dovremo pertanto considerare un'area compresa tra i 2,8 m² (142:50) e i 4 m² (142:35).

In funzione quindi della tipologia delle celle che andremo a utilizzare si potrà calcolare il numero di queste avendo cura di posizionarle in modo omogeneo nel caso di verniciatura a cariche.

Nel caso della verniciatura in continuo, il posizionamento delle celle dovrà essere invece tale da garantire un carico di corrente omogeneo e, per tale motivo, l'area elettrodica dovrà essere maggiore nella zona di ingresso per poi calare riducendosi verso la parte finale della vasca dove i pezzi, ormai rivestiti, richiedendo un carico di corrente più basso.

Geometria delle celle

Le celle presentano essenzialmente tre differenti geometrie costruttive e, secondo queste, prendono il nome di “celle piane”, o *box cell*, di “celle tubolari” e di “celle a geometria a C”.



3 Behaviour of the current density in the time.

Comportamento della densità di corrente nel tempo.

Flat cells

For many years the most used cells in the field have been the flat cells - which use a flat electrode protected by a sheet membrane. These cells, also called box-cell, are installed on the tank walls where the part is immersed. The counter electrode stainless steel plate is housed in a polypropylene or PVC cell where the membrane is placed at a fixed distance to the electrode (Fig. 4).

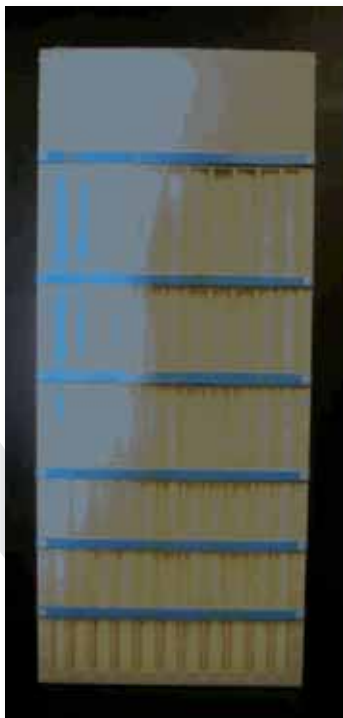
Advantages of using flat membranes are the following:
Flat cells have a higher electrode area per unit and therefore, at same required amps, less cells are required and, accordingly, less electric and hydraulic connections.

The membrane replacement is cheaper as regards cost of the materials (benefit more than offset by the increased labour required).
Cells are less thick and this can mean a lower volume for the paint tank.

This technology has several operative problems:
As electricity prefers to flow from edges and bended metal surfaces, the electrical current is higher near the sides of the electrodes than in the center, causing higher corrosion rates (Fig. 5).

The construction geometry also affects the corrosion of the electrode: by looking at the **Figure 6** you can see that the electrolyte flow inside the cell is inhomogeneous, with uncovered corners where deposits of ion oxydes and bacteria can cause corrosion.

Compared to the tubular cells, the box cells have a smaller ion exchange membrane area per unit of electrode area (a tubular cell has approx 35% of membrane surface more than the flat cell for the same electrode area). This means a higher electrical resistance and therefore shorter life and higher power consumption



Celle piane

Per molti anni le celle più usate nel settore sono state le celle piane, che utilizzano un elettrodo piano protetto da una membrana a foglio; queste celle, chiamate anche *box-cell*, sono installate sulle pareti delle vasche in cui s'immerge il pezzo. La piastra contro elettrodo in acciaio inossidabile è alloggiata in una cella realizzata in polipropilene o in PVC in cui la membrana è posizionata ad una distanza fissa dall'elettrodo (Fig.4).



I vantaggi che derivano dall'uso delle celle piane sono i seguenti:

le celle piane hanno un'area elettrodica per unità più elevata e pertanto, a parità di Ampere richiesti, sono necessarie meno celle e, di conseguenza, meno collegamenti elettrici e idraulici.

La sostituzione delle membrane, in termini di costo del materiale, è più economica (vantaggio più che annullato però dal maggiore lavoro richiesto).

Le celle sono meno spesse e questo può risultare in un volume minore per la vasca di vernice

Questa tecnologia presenta numerosi problemi operativi: a causa dell'amplificazione apportata ad un campo elettrico da parte di superfici appuntite e/o sottili, le celle piane generano campi elettrici disomogenei nello spazio: la conseguenza è una verniciatura non costante in ogni punto della vasca (fig. 5).

La geometria costruttiva influenza anche la corrosione dell'elettrodo: osservando la **figura 6** si può vedere come il flusso di elettrolita che scorre nella cella non è omogeneo, lasciando scoperte alcune porzioni di area sulle quali si possono verificare fenomeni corrosivi.

Rispetto alle celle tubolari, quelle piane possiedono un'area più piccola della membrana di scambio ionico per unità di area elettrodica, e questo significa maggiore resistenza elettrica opposta e quindi minore durata e maggiore consumo elettrico (una cella tubolare è dotata di circa il 35 % di superficie della membrana in più di una cella piana per la stessa

4

Example of a flat cell manufactured by Membracon.

Esempio di cella piana prodotta da Membracon.

4

which in turn causes higher cooling costs for the paint tank.

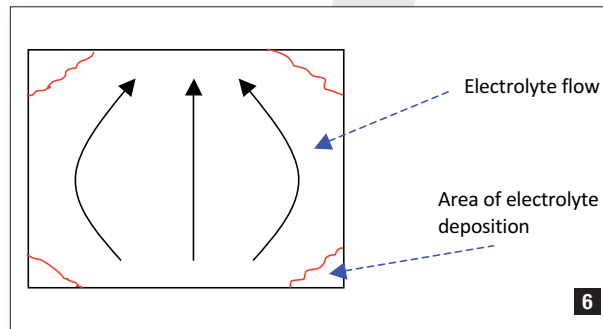
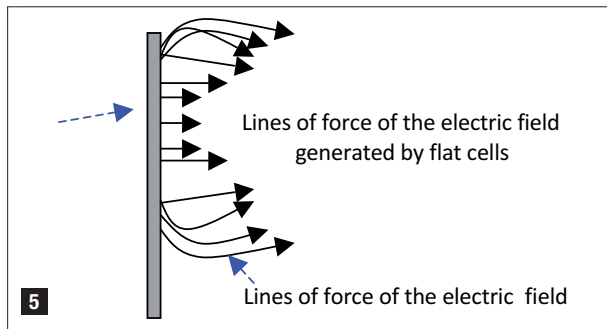
Flat cells require an extremely complex maintenance since - due to their placement - require the tank to be empty for inspection and replacement, while tubular cells don't. Another negative point is the weight of the cells, much heavier than the tubular cells.

In case of failure it is necessary, besides emptying the tank, to remove the cell and to replace it with a new one, while in case of tubular cells it is possible to remove the faulty cell and to bring the adjacent two cells nearer on a temporary basis without stopping the production.

area elettrodica). Inoltre questo si traduce in maggiori costi di raffreddamento a causa del maggiore effetto Joule.

Le celle piane richiedono una manutenzione estremamente complessa poiché, a causa della loro disposizione, richiedono lo svuotamento delle vasche per ispezione e sostituzione, mentre le celle tubolari no. Un altro punto negativo è il peso delle celle, molto più elevato delle tubolari.

In caso di guasto è necessario, oltre al già citato svuotamento della vasca, asportare la cella sostituendola con una funzionante, mentre con le celle tubolari è possibile, in via provvisoria, asportare la cella guasta e avvicinare le due adiacenti senza interrompere la produzione.



5 Lines of force of the electric field generated by flat cells.

Linee di forza del campo elettrico generato da celle piane.

6 Track of the electrolyte inside the flat cell.

Percorso dell'elettrolita all'interno di una cella piana.

Surface Finishing Systems

Cleaning and Pre-Treatment Process – Painting and Drying – Transport Systems



Innovative Oberflächentechnik®
LUTRO
Lackieranlagen

LUTRO Luft- und Trockentechnik GmbH
70771 Leinfelden-Echterdingen, Germany
Tel. +49 711 79094-0

HANNOVER
MESSE

Visit us at
Hannover Messe
hall 3, booth C21
08.04.-12.04.2013

www.lutro.de

Tubular cells

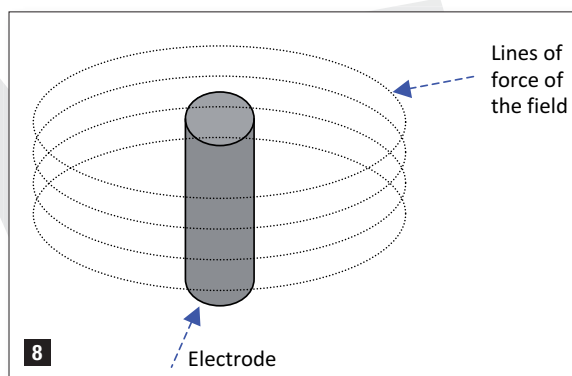
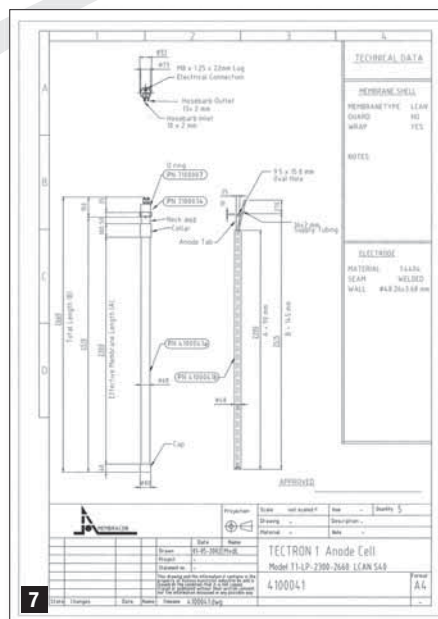
Tubular cells are cylinders whose walls are made of ion-exchange membrane and inside the electrode is housed (Fig. 7).

As already explained before, important advantages are granted by these cells:

- Greater homogeneity of the generated electric field, thus better throwpower (Fig. 8)
- Less resistance, thus lower power costs, thanks to bigger membrane surface compared to flat cells.
- Easier maintenance: the inspection of the electrode of a flat cell requires approx 2 manhours, while a tubular membrane requires one person who, with a pair of pliers and a wrench, can perform the intervention in 5 minutes.

Tubular cells are generally installed on the paint tanks walls but they can also be installed on floor or above the metal surfaces (Fig. 9). Tubular membranes have different diameters to be chosen depending on the available space.

Membranes are generally made by wrapping flat membranes around a cylinder but some producers developed a technology based on the use of extruded membranes. The defect of these latter is that they are thicker and therefore have higher electric resistance and this means a greater heat development causing premature aging of the polymer. Moreover this kind of membrane has the tendency to dilate very much and wrinkles as a result, causing shorts due to contact between membrane and electrode (Fig. 10).



Le celle tubolari

Le celle tubolari sono dei cilindri la cui parete è costituita dalla membrana di scambio ionico e all'interno dei quali alloggia l'elettrodo (fig. 7).

Come già illustrato in precedenza, i vantaggi derivanti dall'impiego di queste celle sono importanti:

- Maggiore omogeneità del campo elettrico generato, quindi maggiore qualità (fig. 8)
- Minore resistenza, quindi minori costi, grazie alla superficie più grande della membrana rispetto alle celle piane.
- Manutenzione più facile: l'ispezione dell'elettrodo di una cella piana richiede circa 2 ore-uomo, mentre una membrana tubolare necessita di una persona che, con un paio di pinze e una chiave inglese, può effettuare l'intervento in 5 minuti.

Le celle tubolari sono generalmente installate sulle pareti delle vasche di trattamento, anche se sono possibili configurazioni da pavimento o tetto (fig. 9). A seconda degli spazi a disposizione, le membrane tubolari hanno differenti diametri.

Le membrane vengono generalmente realizzate avvolgendo membrane piane intorno a un supporto cilindrico, mentre alcuni produttori hanno sviluppato una tecnologia basata sull'utilizzo di membrane estru-

se. Queste ultime però hanno il difetto di avere uno spessore maggiore e quindi una resistenza elettrica elevata: come visto in precedenza, questo si traduce in un maggior sviluppo di calore, causando l'invecchiamento precoce del polimero. Inoltre questo tipo di membrane ha la tendenza a dilatarsi molto e, di conseguenza, si accartocchia, causando anche cortocircuiti dovuti al contatto tra membrana ed elettrodo (fig. 10).

7

Technical bulletin of a tubular cell Mod. T1 TECTRON.

Scheda tecnica di una cella tubolare Mod. T1 TECTRON prodotta dalla Membracon.

8

The electric field generated by tubular cells is homogeneous, with better throwpower.

Il campo elettrico generato dalle celle tubolari è omogeneo.

9

Example of tubular cells (Membracon courtesy).

Esempio di posizionamento di celle tubolari in vasca.

In tubular cells the electrolyte is flushed from the bottom inside the electrode and, going up from the bottom, leaves the cell with an excess of electrolyte.

In traditional cells the water flows into the electrode while in the more advanced cells it passes through a closed plastic tube which is sealed at the opposite side which prevents its return through the inside of the electrode.

This solution eliminates the risk of creation of a preferential water path which may occur in case of pitting corrosion of the electrode with subsequent accumulation of electrolyte and heat in the part of the anode cell below the corrosion hole (Fig. 11).

Some cell configuration, in case of failure, must be completely replaced while in others we have the big advantage to replace only the electrode or only the membrane.

Cells with C configuration (Fig. 12).

This geometry can be defined as intermediate between flat and tubular. C-cells usually have bolts just like box cells but in one design, electrode, membrane and support are linked together to form an economic, light structure without bolts as shown in the drawings (Fig. 13).

Optional

Closed cells.

In a standard configuration the cells have the upper part open.

This solution facilitates the inside inspection and a simple maintenance.

However it is possible to close the upper part with a lid. This shall be connected to the circuit of the electrolyte and to the electric cable in order to work with cells under pressure where the electrolyte tank, or the outflow piping, are placed over the cell itself (Fig. 14).

Nelle celle tubolari l'elettrolita viene flussato dall'alto all' interno dell'elettrodo e, risalendo dal fondo, esce dalla cella con l'eccesso di elettrolita.

Nelle tradizionali celle il flusso di acqua entra nell'elettrodo toccandolo fisicamente al suo interno, mentre nelle celle più avanzate passa in un tubo in plastica chiuso all'estremità opposta da un tappo che ne evita il passaggio nell'elettrodo. Questa soluzione elimina il rischio che, in caso di rottura dell'elettrodo, si crei un cammino preferenziale di acqua, con conseguente accumulo di elettrolita nello spazio tra elettrodo e membrana (fig. 11).

Alcune configurazioni di celle, in caso di guasto, devono essere sostituite completamente, mentre in altre si ha l'indubbio vantaggio di potere cambiare il solo elettrodo, conservando la membrana.

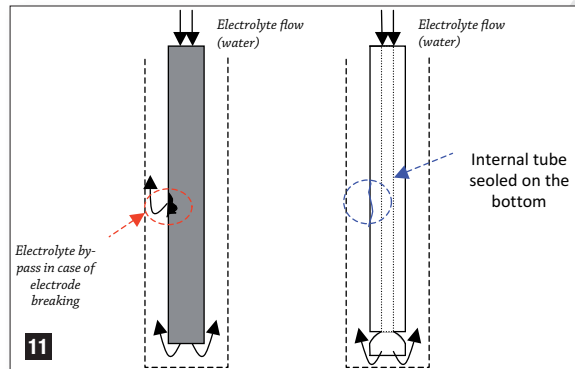
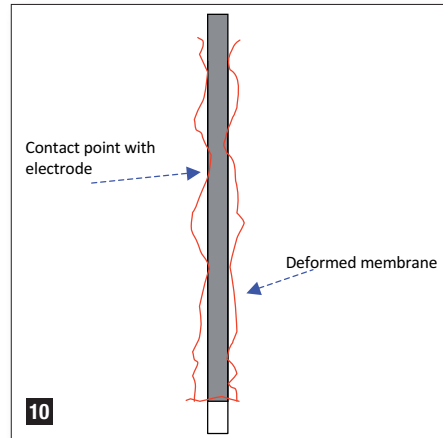
Celle con configurazione a C (fig. 12)

In questa geometria, che potremmo definire intermedia tra la configurazione piana e quella tubolare, l'elettrodo, la membrana e il supporto sono legati insieme a formare una struttura economica, leggera e senza bulloni come evidenziato nei disegni riportati (fig. 13).

Optional

Celle chiuse

In configurazione standard, le celle hanno la parte superiore aperta. Questa soluzione permette una facile ispezione dell'interno e una manutenzione semplice. Tuttavia, è possibile chiudere la parte superiore con un coperchio che sarà connesso al circuito dell'elettrolita e al cavo elettrico al fine di operare con celle in pressione, mentre la vasca dell'elettrolita, o le tubazioni di deflusso, sono posizionate al di sopra della cella stessa (fig. 14).



10

Thermal deformation of tubular self-supporting membrane.

Deformazione termica di una membrana tubolare.

11

Exemplification of the advantage of internal driven flushing.

Esemplificazione del vantaggio per flussaggio interno guidato.

12

Example of Membracon C cell positioning.

Esempio di posizionamento celle a C della Membracon.

Splash guard

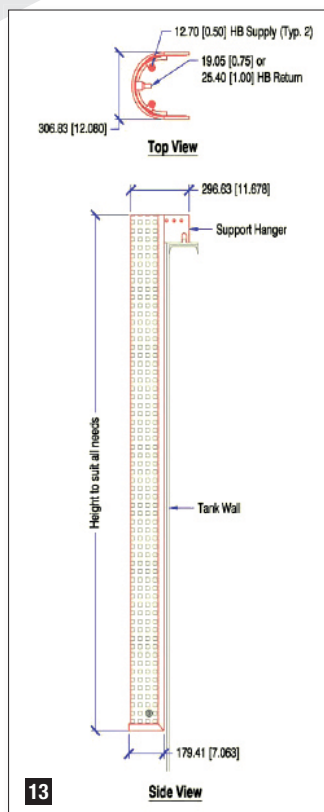
In the open cells it avoids undesirable splashing (Fig. 15).

Bumper

It is very important to protect the membranes from accidental shocks. For this reason the cells can be provided with a plastic bumper. It is very important to protect the membranes from accidental shocks (Figs. 16, 17 and 18).

Flowmeters

In order to secure the right flow of electrolyte, it is good practice to install flowmeters on the supply points to each individual cell (Figs. 19 and 20). ■



13

Dimension of a Membracon C cell.

Disegno di ingombro di una cella a C della Membracon.

Paraspruzzi

Nelle celle aperte permette di evitare indesiderati spruzzi di liquido (fig. 15).

Paracolpi

È importante proteggere la membrana dagli urti accidentali. Per questo è possibile dotare le celle di una rete in plastica avvolta intorno alla membrana oppure di due tipi diversi paracolpi (figg. 16, 17 e 18).

Flussimetri

È buona regola montare dei flussimetri sui tubi da cui entra l'elettrolita per regolarne il corretto flusso. (figg. 19 e 20). ■



14

14
Cell under pressure.
Cella in pressione.



15

15
Open cell with splash guard.
Cella aperta con paraspruzzo.



16

16

Bumper.
Paracolpi.



17

17

Bumper.
Paracolpi.



18

18

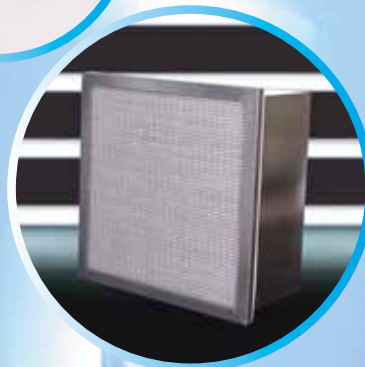
Protective net.
Rete protettiva.

Filtrazione per impianti di verniciatura

*Rotoli, pannelli e celle in fibra di vetro
Celle filtranti per alte temperature
Rotoli e pannelli in fibra sintetica
Accumulatore vernice "Columbus"
Filtri "Andreae"
Cartucce filtranti
Filtri assoluti
Applicazioni speciali*

filtering for finishing lines

*Rolls, panels and cells of glass fiber
Filtering cells for high temperatures
Rolls and panels of synthetic fiber
Paint accumulator "Columbus"
"Andreae" filters
Filtering cartridges
Absolute filters
Special application*



Via Vincenzo Monti 173
20099 Sesto San Giovanni (MI) - ITALY
Tel. (+39).02.24.89.583/02.26.224.313
Fax (+39).02.26.21.065
e-mail: info@defil.it
www.defil.it

www.ipcm.it

il punto di riferimento internazionale
per il trattamento delle superfici



www.ipcm.it è **INFORMAZIONE**: possibilità di accedere alla versione digitale di *IPCMI-International Paint&Coating Magazine* - aggiornamento costante su tutto ciò che accade nel settore delle tecnologie superficiali - informazioni su aziende e prodotti grazie al motore di ricerca *The World of Finishing* che indicizza centinaia di aziende del settore - monitoraggio di fiere, eventi, convegni e seminari.



www.ipcm.it è **PROMOZIONE PER LA TUA AZIENDA**: inserimento di profili e schede aziendali nel motore di ricerca - servizi di marketing e pubblicità online - invio di DEM (Direct Email Marketing).



ipcm.it



19 20

Details on cells positioning.

Dettagli di posizionamento delle celle.