

REUTILIZACIÓN DE EFLUENTES DE TINTURA: CELDA UVEC

M.C. Gutiérrez-Bouzán*, M. Sala**

0. 1. Resumen

Algunos tipos de colorantes y otros compuestos no biodegradables presentes en las aguas residuales no se pueden eliminar mediante los tratamientos biológicos convencionales. Se presenta una tecnología constituida por una celda electroquímica con una fuente de irradiación UV, la Celda UVEC, capaz de degradar este tipo de compuestos. Esta celda es un método eficaz para eliminar el color de los baños de tintura agotados. Es un sistema limpio, funciona a temperatura ambiente, no genera residuos y no es necesaria la adición de reactivos químicos. Los efluentes decolorados pueden ser reutilizados en un nuevo proceso de tintura, lo cuál es una alternativa muy ventajosa respecto a su descarga. En caso de reutilización, se consigue una importante reducción del consumo de sal y agua (aproximadamente se recicla el 70% del agua y el 60% de la sal).

Palabras clave: tratamiento electroquímico, reutilización de efluentes, decoloración, eliminación del color, colorantes reactivos

0.2. Summary: REUSE OF DYEING EFFLUENTS: CELL UVEC

Certain type of dyes and other non biodegradable compounds cannot be removed with the biological conventional treatments of wastewater. A technology constituted by an electrochemical cell with an UV source of irradiation, Cell UVEC, able to degrade this kind of compounds is presented. This cell is an efficient method to remove colour of exhausted dyebaths. It is clean system, operates at room temperature, no

residues are generated and the addition of chemical reagents is not required. The decoloured effluents can be reused for a new dyeing process, which is an advantageous alternative to their discharge. In this case, an important reduction of salt and water consumption (about 70% of dyeing water and 60% of salt are recycled) is achieved.

Key words: electrochemical treatment, effluents reuse, decolouration, colour removal, reactive dyes.

0.3. Résumé: REUTILISATION DES EAUX USEES DE TEINTURE: CELLULE UVEC

Certains types de colorants et d'autres composés non biodégradables présents dans les eaux usées ne peuvent pas être éliminés par les traitements biologiques. On présente une technologie constituée par une cellule électrochimique avec une source d'irradiation UV, la cellule UVEC, capable de dégrader ces composés. Cette cellule est une méthode efficace pour enlever la couleur de bains de teinture épuisés. Il s'agit d'un système propre, fonctionne à la température ambiante, ne génère pas de déchets et n'est pas nécessaire d'ajouter des réactifs chimiques. Les effluents décolorés peuvent être réutilisés dans un nouveau procédé de teinture, qui est une alternative très avantageuse en ce qui concerne le déchargement. En cas de réutilisation, on obtient une réduction importante de la consommation de sel et d'eau (environ 70% de l'eau recyclée et 60% de sel)

Mots clés: traitement électrochimique, réutilisation d'effluents, décoloration, élimination de couleur, colorants réactifs.

* Dra. en Ciencias Químicas, M^a Carmen Gutiérrez Bouzán. Directora de investigación de la Universitat Politècnica de Catalunya, en el Laboratorio de Control de Contaminación Ambiental, INTEXTER (U.P.C.)

** Mireia Sala, Ph.D. Universitat Politècnica de Catalunya, en el Laboratorio de Control de Contaminación Ambiental, INTEXTER (U.P.C.)

1. INTRODUCCIÓN

La industria textil produce grandes volúmenes de aguas residuales en sus procesos de tintura y acabado. Estos efluentes tienen como característica común su alta coloración. El bajo grado de agotamiento y el elevado consumo de los colorantes reactivos, que representan

aproximadamente el 20-30% del mercado total¹⁾, aumentan este problema ambiental y estético.

Se utilizan varios métodos para la eliminación de la materia orgánica de las aguas residuales, siendo los tratamientos biológicos los más convencionales. La mayoría de los colorantes sólo se eliminan parcialmente bajo condiciones aeróbicas por lo que los tratamientos biológicos son insuficientes para eliminar el color y para cumplir con la normativa vigente. En este caso, se requiere la aplicación de tratamientos específicos.

Los métodos físico-químicos de eliminación del color que se aplican actualmente, están generalmente basados en la separación del colorante de los efluentes, produciendo un residuo que requiere su eliminación mediante un tratamiento adicional. Además, los materiales adsorbentes (tales como carbón activo, gel de sílice o alúmina) requieren su regeneración después de varios tratamientos²⁾, y los métodos de filtración y de membranas necesitan tratamientos de limpieza. Por estas razones, los métodos electroquímicos son en la actualidad objeto de una amplia gama de investigaciones a escala de laboratorio y de planta piloto. La ventaja de estas técnicas electroquímicas es que el electrón es un reactivo limpio. También tienen buena versatilidad y alta eficiencia energética. Son fáciles de automatizar y son seguros, ya que operan en condiciones ambientales³⁾.

Algunas aguas residuales industriales contienen grandes cantidades de cloruro. En este caso, el método de oxidación electroquímica indirecta mediante cloro activo es el más adecuado para tratar este tipo de efluentes, debido que no se requiere la adición de reactivos químicos. En cambio, la combinación de la electroquímica y cloruro pueden producir trazas de haloformos, tales como cloroformo, aunque esto no es un inconveniente si el agua tratada se degrada posteriormente en una planta biológica para su mineralización. De hecho, se ha comprobado que la concentración de haloformos es muy baja y no presentan ningún efecto tóxico sobre los microorganismos de la planta⁴⁾. Por otra parte, es posible eliminar los haloformos generados mediante una lámpara de UV ubicada en la propia celda electroquímica, donde tiene lugar la reacción⁵⁾, o mediante la adición de H₂O₂ a las aguas residuales antes del inicio de la reacción electroquímica. El primer estudio fue realizado por López-Grimau y Gutiérrez⁶⁾ y se llevó a cabo con el fin de incrementar las cinéticas de la degradación electroquímica de algunos colorantes azo con electrodos Ti/PtOx. También se ha comprobado que el método electroquímico indirecto mediante oxidación con cloro es eficaz en otros tipos de colorantes, tales como los colorantes ácidos⁷⁾ o los dispersos⁸⁾ y, combinado con fotoelectroquímica, proporcionó buenos resultados para la degradación de colorantes ftalocianina⁹⁾, pero en este caso,

tienen que ser eliminados los iones metálicos liberados (cobre).

Por otro lado, las políticas actuales en materia de agua y de consumo de energía conducen a tratamientos de reciclaje y reutilización. En este sentido, algunos estudios recientes¹⁰⁾ demuestran la posibilidad de reutilizar estos efluentes decolorados en nuevos procesos de tintura. La reutilización del 70% de efluentes decolorados mediante el tratamiento electroquímico asistido por irradiación UV, proporciona en la mayoría de los casos diferencias de color bajas ($DE_{CMC} (2:1) \leq 1$) con respecto a la tintura original llevada a cabo con agua del grifo descalcificada.

2. DESCRIPCIÓN DE LA TECNOLOGÍA

El tratamiento propuesto (celda UVEC) se basa en las siguientes etapas:

A. Decoloración electroquímica. La densidad de corriente aplicada entre dos electrodos produce varias reacciones de oxidación y reducción que modifican la estructura química de los colorantes. El color de los efluentes se elimina como consecuencia de la degradación total o parcial del colorante. Generalmente, este cambio en la estructura química del colorante implica un aumento de su biodegradabilidad.

B. Irradiación con luz UV. La radiación UV aumenta la velocidad de degradación. Este paso opcional se puede aplicar simultáneamente o posteriormente al tratamiento electroquímico.

C. Preparación del baño. Antes de un nuevo proceso de tintura, el efluente tratado debe ser acondicionado para su reutilización. Por esta razón, los agentes oxidantes residuales deben ser eliminados y a continuación sólo se debe añadir aproximadamente el 30% del agua y 40% de sal requeridos para la tintura. También es necesario un ajuste del pH.

D. Reutilización. El efluente tratado se bombea a la máquina de tintura y los colorantes y productos auxiliares se añaden de acuerdo con el método de tintura.

3. RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Los principales resultados obtenidos en el laboratorio y a escala industrial se pueden resumir en los siguientes puntos:

1) Se obtiene la decoloración total del efluente con el tratamiento electroquímico descrito, como puede apreciarse en la figura 1, mediante electrodos de Ti / PtOx.



FIGURA 1: Decoloración de efluentes industriales con la celda UVEC.

2) La irradiación UV elimina los haloformos generados durante el tratamiento (Figura 2):

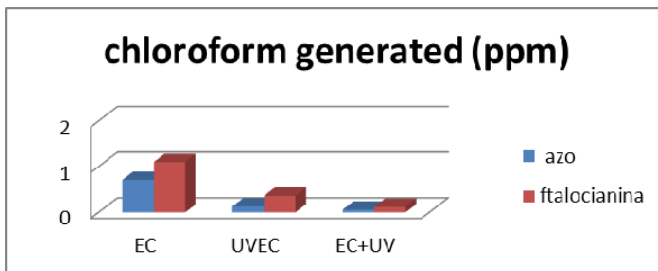


FIGURA 2: Cantidad de cloroformo generado a partir de diferentes tratamientos.

3) Para eliminar el color del efluente son suficientes tiempos cortos de tratamiento pero con esto sólo se consigue una eliminación parcial de la materia orgánica. Si se requiere una mineralización total del colorante, debe aplicarse un tiempo de tratamiento más largo. Esta última opción no se considera en el caso de reutilización de las aguas residuales tratadas, ya que la degradación parcial de los colorantes proporciona resultados suficientemente buenos y su coste es mucho menor.

4) Nuestros estudios (a escala de laboratorio y a escala industrial) demostraron que los efluentes decolorados se pueden reutilizar en un proceso de tintura nuevo, tal como se muestra en la figura 3.

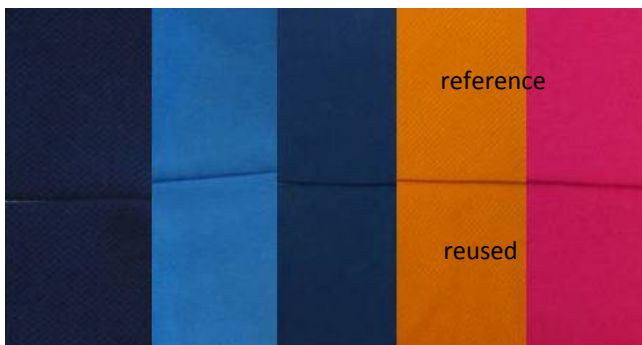


FIGURA 3: Tintura realizada con los efluentes reutilizados.

5) Los efluentes de tintura tienen una elevada salinidad, por lo que su reutilización es un factor interesante para disminuir el consumo de electrolitos en las tintorerías y para reducir la conductividad de los efluentes descargados.

4. FINANCIACIÓN

Estos estudios fueron financiados por ACC10-CIDEM (proyecto VALTEC09-2-0040) y por el Ministerio Español de Ciencia e Innovación (proyecto CTM2010-18842-C02-01).

5. BIBLIOGRAFÍA

- 1) Carneiro, P.A.; Osugi M.E.; Fugivara, C.S.; Boralle, N.; Furlan, M.; Zanoni, M.V.B. Evaluation of different electrochemical methods on the oxidation and degradation of Reactive Blue 4 in aqueous solution. *Chemosphere*. **2005**, 59, 431-439.
- 2) Robinson, T.; McMullan, G.; Marchant, R.; Nigman, P. Remediation of dyes in textile effluent: A critical review on current treatment technologies with a proposed alternative. *Bioresources Tech.* **2001**, 77, 247-255.
- 3) Martínez-Huitle, C.A.; Ferro, S. Electrochemical oxidation of organic pollutants for the wastewater treatment: direct and indirect processes. *Chem Soc Rev.* **2006**, 35, 1324-1340.
- 4) Vilaseca, M.; Gutierrez, M.C.; Lopez-Grimau, V.; Lopez-Mesas, M.; Crespi, M. Biological treatment of a textile effluent after electrochemical oxidation of reactive dyes. *Water Environ Res.* **2009**, 82, 176-182.
- 5) Riera-Torres, M.; Gutierrez, M.C. Colour removal of three reactive dyes by UV light exposure after electrochemical treatment. *Chem Eng J.* **2010**, 156, 114-120.
- 6) Lopez-Grimau, V.; Gutierrez, M.C. Decolourisation of simulated reactive dye bath effluents by electrochemical oxidation assisted by UV light. *Chemosphere*. **2006**, 62, 106-112.
- 7) Oliveira, F.H.; Osugi, M.E.; Paschoal, F.M.M.; Profeti, D.; Olivi, P.; Zanoni, M.V.B. Electrochemical oxidation of an acid dye by active chlorine generated using $Ti/Sn_{(1-x)}Ir_xO_2$ electrodes. *J Appl Electrochem.* **2007**, 37, 583-592.
- 8) Osugi, M.E.; Rajeshwar, K.; Ferraz, E.R.A.; Oliveira, D.P.; Araujo, A.R.; Zanoni, M.V.B. Comparison of oxidation efficiency of disperse dyes by chemical and photoelectrocatalytic chlorination and removal of mutagenic activity. *Electrochim Acta.* **2009**, 54, 2086-2093.

- 9) Osugi, M.E.; Umbuzeiro, G.A.; De Castro, F.J.V.; Zanoni, M.V.B. Photoelectrocatalytic oxidation of remazol turquoise blue and toxicological assessment of its products. *J Hazard Mater.* **2006**, 137, 871-877.
- 10) Gutierrez, M.C.; Lopez-Grimau, V.; Riera-Torres, M.; Vilaseca, M.; Crespi, M. Tratamiento electroquímico y reutilización de efluentes de tintura. *Revista de Química Textil.* **2009**, 191, 40-46.