

ELECTROQUÍMICA - UNA DISCIPLINA ACADÉMICA QUE SUSTENTA DIVERSAS INDUSTRIAS, GRANDES Y PEQUEÑAS

Derek Pletcher

Chemistry, the university, southampton SO17 1BJ, UK
Email: D.Pletcher@soton.ac.uk



Recibido: 05-08-2021

Aceptado: 24-09-2021

Dedicado a la celebración del 50 aniversario de la creación del laboratorio de Electroquímica de la Universidad de Los Andes en Mérida - Venezuela

La electroquímica es el estudio y la explotación de la transferencia de electrones a través de la interfaz entre una fase conductora de electrones y una fase conductora de iones y los cambios químicos que se producen. Las aplicaciones de la electroquímica se remontan a hace mucho más de cien años y siguen desarrollándose otras nuevas. Aunque los principios subyacentes son los mismos, las aplicaciones difieren mucho en cuanto a su objetivo y escala (desde microdispositivos hasta grandes procesos industriales), así como en cuanto a los materiales de los electrodos y el medio electrolítico. En consecuencia, el diseño y la ingeniería de las tecnologías parecen bastante diferentes.

Dos de los primeros procesos a gran escala fueron la extracción de aluminio por electrólisis de sales fundidas y la fabricación de cloro e hidróxido de sodio por electrólisis de salmuera acuosa. Ambos han visto evolucionar la tecnología para reducir su impacto en el medio ambiente, disminuir el consumo de energía y aumentar la vida útil de los componentes de la celda. La industria de clorosoda es un buen ejemplo de ello. Durante el reemplazamiento de las celdas de mercurio por las de membrana se produjeron grandes cambios. Las celdas de membrana de alto rendimiento han requerido el desarrollo de membranas perfluoradas, permeables a los iones de sodio, de bajo sobrepotencial, de cátodos para el desprendimiento de hidrógeno y de revestimientos de ánodos estables que permiten el desprendimiento del cloro. Más recientemente, los cátodos reductores de oxígeno han desplazado a los cátodos de desprendimiento de hidrógeno para reducir aún más el consumo de energía. En conjunto, estos avances han conducido a una producción sin el riesgo de la contaminación por mercurio y a una reducción del consumo de energía de más del 50 %, mientras que el mantenimiento rutinario de las celdas sólo es necesario cada pocos años. En la actualidad, las plantas de clorosoda se encuentran en unos 650 emplazamientos en muchos países de todo el mundo, con una tasa de producción anual de unas 60×10^6 toneladas de cloro al año. Por supuesto, la electrólisis puede emplearse para fabricar otros metales (por ejemplo, Na, Li, Mg, Cu, Zn y Au) y diversos productos químicos (por ejemplo, hidrógeno, flúor, clorato de sodio, permanganato de potasio, adiponitrilo).

Otras dos aplicaciones de la electroquímica con una larga historia son las baterías y la galvanoplastia. Las baterías, tanto primarias como secundarias, se utilizan desde hace más de 100 años, pero el desarrollo más interesante de los últimos años ha sido el de las baterías de litio. Hace unos 50 años, las baterías de litio eran una curiosidad de laboratorio, pero ahora son muy apreciadas por su fiabilidad y adaptabilidad. Las baterías pequeñas alimentan nuestros teléfonos, ordenadores y otros dispositivos portátiles, mientras que las más grandes alimentan herramientas y utensilios domésticos. Las baterías de litio también son fundamentales en el movimiento mundial hacia los coches eléctricos, cuyos modelos actuales funcionan con unidades de 40 a 100 kWh. La competencia de las baterías de litio son las celdas de combustible, también con la electroquímica como disciplina principal.

Muchos metales se electrodepositan de forma rutinaria, con desarrollos recientes como la deposición de recubrimientos con propiedades muy específicas y el papel del enchapado en la fabricación de componentes electrónicos. Y esto se consigue utilizando baños modernos libres de componentes tóxicos o peligrosos.

La electroquímica contribuye a la lucha contra el calentamiento global y los daños a nuestro medio ambiente de otras maneras. Las baterías y celdas de combustible son componentes vitales de una economía energética verde, ya que el almacenamiento de energía es esencial para superar las diferencias de tiempo en que se puede generar electricidad mediante tecnologías eólicas, solares y mareomotrices y las demandas de los consumidores. Varias empresas comercializan equipos para la depuración del agua basados en la generación in situ de hipoclorito u ozono, mientras que la eliminación de nitratos se consigue mediante electrodiálisis. También existe tecnología electroquímica para el tratamiento de efluentes industriales antes de su vertido. Esta tecnología se centra en los contaminantes orgánicos e inorgánicos. Los equipos para la eliminación de iones metálicos de bajo nivel (p. ej., cobre, metales pesados, metales preciosos) suelen tener un gran éxito y se basan en electrodos tridimensionales.

A menor escala, los microsensores, basados en la voltamperometría, la potenciometría o los electrodos selectivos de iones ofrecen la posibilidad de controlar los flujos de procesos y efluentes. Además, las salidas (de corriente o de potencial) son ideales para la supervisión y el control a distancia (¡incluso desde otro continente!). Los sensores voltamperométricos tienen aplicación en la monitorización de atmósferas (por ejemplo, de oxígeno, dióxido de carbono y monóxido de carbono), en flujos de agua y acuosos (por ejemplo, de oxígeno y cloro) y en medicina (por ejemplo, de glucosa). El potencial de oxidación/reducción (POR) es una medida estándar en el control de la calidad del agua. La aplicación más común de los electrodos selectivos de iones es el control del pH, pero hay una amplia gama de otros electrodos selectivos de iones que se utilizan en los flujos de proceso.

ELECTROCHEMISTRY – AN ACADEMIC DISCIPLINE UNDERPINNING DIVERSE INDUSTRIES, LARGE AND SMALL

Electrochemistry is the study and exploitation of electron transfer across the interface between an electron conducting phase and an ion conducting phase and the chemical changes that result. Applications of electrochemistry date back much further than a hundred years and new ones continue to be developed. Although the underlying principles are the same, the applications differ greatly in objective and scale from (microdevices to large industrial processes) as well as both electrode materials and electrolyte medium. In consequence, the design and engineering of the technologies appear quite different.

Two of the early large-scale processes were the extraction of aluminium by a molten salt electrolysis and the manufacture of chlorine and sodium hydroxide by the electrolysis of aqueous brine. Both have seen developments of the technology to reduce their impact on the environment, to decrease energy consumption and increase the lifetime of cell components. This is well illustrated by the chlor-alkali industry. Vast changes occurred during the displacement of mercury cells by membrane cells. High performance membrane cells have required the development of perfluorinated, sodium ion permeable membranes, low overpotential, hydrogen evolving cathodes and stable chlorine evolving anode coatings. Most recently, oxygen reducing cathodes have been displacing hydrogen evolving cathodes in order to further reduce energy consumption. Together, these advances have led to production without the threat of mercury pollution and a reduction in energy consumption of more than 50 % while routine cell maintenance is necessary only every few years. At present, chlor-alkali plants are to be found at some 650 sites in many countries throughout the world with a total annual production rate of some 60×10^6 tonnes of chlorine per year. Electrolysis

can, of course, be employed to manufacture other metals (eg. Na, Li, Mg, Cu, Zn and Au) and diverse chemicals (eg. hydrogen, fluorine, sodium chlorate, potassium permanganate, adiponitrile).

Two other applications of electrochemistry with very long histories are batteries and electroplating. Both primary and secondary batteries have been widely used for over 100 years. but the exciting development of recent years has been that of lithium batteries. Some 50 years ago, lithium batteries were a laboratory curiosity but they are now highly regarded for their reliability and adaptability. Small batteries power our telephones, computers and other portable devices while larger ones power tools and household implements. Lithium batteries are also central to the worldwide movement towards electric cars with present models being powered with 40 – 100 kWh units. The competition to Li batteries are fuel cells, again with electrochemistry as a core discipline. Many metals are routinely electroplated with recent developments being the deposition of coatings with very specific properties and the role of plating in the manufacture of electronic components. And this is achieved using modern baths free from toxic or hazardous components.

Electrochemistry contributes to the fight against global warming and damage to our environment in other ways. Batteries and fuel cells are a vital component of a green energy economy as energy storage is essential to overcome the differences in time when electricity can be generated by wind, solar and tidal technologies and the demands of consumers. Several companies market equipment for water purification based on the in situ generation of hypochlorite or ozone while nitrate removal is achieved by electrodialysis. There is also electrochemical technology for the treatment of industrial effluent prior to discharge. This targets both organic and inorganic contaminants. Particularly successful is equipment for the removal of low-level metal ions (eg. copper, heavy metals, precious metals) usually based on three dimensional electrodes.

On the smaller scale, microsensors based on voltammetry, potentiometry or ion selective electrodes all offer opportunities for monitoring of process and effluent streams. Moreover, the outputs (current or potential) are ideal for remote monitoring and control (even from another continent!). Voltammetric sensors find application for monitoring atmospheres (eg. for oxygen, carbon dioxide and carbon monoxide), in water and aqueous streams (eg. for, oxygen, chlorine) and in medicine (eg. for glucose). ORP (oxidation/reduction potential) is a standard measurement in water quality control. The commonest application of ion selective electrodes is monitoring pH but a diverse range of other ion selective electrodes find use in process streams.