

# Resumen

## Celdas Tubulares de Flujo Redox de Vanadio y Vanadio/Aire

por Simon Philipp RESSEL

Un aumento de la generación de energía a partir de fuentes renovables (solar, eólica) requiere una alta flexibilidad de las redes eléctricas. En este sentido, las *baterías de flujo redox de vanadio (BFRV)* han demostrado una excelente capacidad para proporcionar dicha flexibilidad, mediante el almacenamiento eficiente de energía eléctrica en el rango de los kWh a los MWh. Sin embargo, sus elevados costes son en la actualidad unos de los mayores inconvenientes que dificultan una amplia penetración en el mercado.

En la presente Tesis Doctoral se presenta el desarrollo y evaluación de una celda tubular especialmente diseñada con una membrana de 5.0 mm. Las células tubulares así diseñadas deberían alcanzar una mayor densidad de potencia ( $\text{kWm}^{-3}$ ). Del mismo modo, la sustitución de uno de los electrodos por un electrodo bifuncional de aire debería de incrementar la energía específica de dicha celda ( $\text{Whkg}^{-1}$ ) y reducir, por tanto, los costes energéticos asociados ( $\text{€/kWh}$ ).

El diseño de la celda desarrollado en la presente Tesis Doctoral facilita la fabricación de los colectores y membranas actuales con el empleo de procesos de extrusión y marca un paso importante hacia la fabricación rentable de semiceldas y celdas completas en el futuro.

Para evaluar el comportamiento de la nueva celda diseñada se han llevado a cabo estudios de polarización, de espectroscopia de impedancia, y medidas de ciclos de carga/descarga. Las celdas desarrolladas presentan una corriente de descarga máxima de  $89.7 \text{ mA cm}^{-2}$  y una densidad de potencia de  $179.2 \text{ kW/m}^3$ . Además, los bajos sobrepotenciales residuales obtenidos en los electrodos de la celda resultan prometedores. No obstante, la resistencia del área específica de celda de  $3.2 \Omega \text{ cm}^2$  impone limitaciones significativas en la densidad de corriente.

Eficiencias Coulomb del  $\approx 95 \%$  han sido obtenidas, comparables a los valores alcanzados en celdas planas de referencia. Sin embargo, las pérdidas óhmicas resultan elevadas, reduciendo la eficiencia energética del sistema al  $\approx 56 \%$ .

Las celdas tubulares fabricadas con un electrodo de difusión de gas de una sola capa con  $\text{Pt}/\text{IrO}_2$  como catalizador permiten alcanzar densidades de corriente máximas

de  $32 \text{ mA cm}^{-2}$  ( $E_{cell} = 2.1 \text{ V} / 0.56 \text{ V Ch/Dch}$ ). Los elevados sobrepotenciales de activación y el reducido *voltaje en circuito abierto* (debido a potenciales mixtos) conducen a una densidad de potencia comparativamente baja de  $15.4 \text{ mW/cm}^2$ . El paso de iones de vanadio a través de la membrana se considera uno de los grandes inconvenientes en este tipo de celdas tubulares, lo que lleva a que la densidad de energía real de  $23.2 \text{ Wh l}^{-1}$  caiga por debajo del valor nominal de  $63.9 \text{ Wh l}^{-1}$ .