

La lucha contra la corrosión

Desde la Rey Juan Carlos, un grupo de investigadores persigue aumentar la inoxidabilidad de los aceros expuestos a ambientes especialmente corrosivos

El acero inoxidable se lleva usando hace años en multitud de aplicaciones, desde utensilios caseros a plataformas petroleras. Obviamente, no se emplea el mismo tipo en unas u otras, como tampoco es idéntica su resistencia a la corrosión. De hecho, ningún acero se mantiene completamente libre de corrosión cuando está expuesto a medios especialmente agresivos, como puede ser el agua marina, pero sí se está consiguiendo mejorar cada vez más su resistencia. El Grupo de Ciencia y Tecnología de Materiales de la Universidad Rey Juan Carlos de Madrid, liderado por Enrique Otero, centra su actividad en esta lucha contra la corrosión, desarrollando aceros inoxidables de nuevo diseño que palián parcialmente un mal de los materiales que conlleva enormes limitaciones tecnológicas y cuantiosas pérdidas económicas.

Patricia Serrano Antolín

El objetivo principal de la línea de investigación impulsada por Enrique Otero es obtener aceros inoxidables más competitivos en medios de alta agresividad, mejorarlos en cuanto a su comportamiento ante la corrosión, y, al mismo tiempo, reducir su coste de producción. Las aleaciones clásicas de acero inoxidable de alta resistencia son, en general, efectivas en cuanto a su resistencia a la corrosión generalizada, el problema se presenta respecto a procesos de ataque local como es el caso de la corrosión por picadura, un tipo de corrosión que aparece sólo en determinados puntos de la superficie del acero. Estas aleaciones están constituidas normalmente por una única fase, es decir muestran, una estructura cristalina homogénea, pero presentan algunas discontinuidades constituidas por lo que se denominan fases secundarias o inclusiones de segunda fase.

Entre estas últimas, existe un tipo de inclusión muy perjudicial en lo que se refiere a la resistencia del material ante la corrosión, el sulfuro de manganeso, que facilita el inicio de la corrosión por picadura. Y es desde este punto desde donde parte la investigación y se plantea la idea del desarrollo de un nuevo tipo de acero inoxidable libre, o prácticamente libre de este tipo de partículas.

Enrique Otero Huerta, doctor en Ciencias Químicas, trabaja en este campo desde hace prácticamente 30 años; inició el grupo en la Universidad Complutense, donde estuvo 23 años, y luego lo implantó en la Rey Juan Carlos, en la que cuenta con el catedrático Alejandro Ureña y unos 14 investigadores. La línea de investigación en aceros inoxidables de nuevo diseño con especiales características de resistencia a la corrosión localizada (por picadura e intergranular) arranca de una iniciativa coordinada con el laboratorio de Investigación y Desarrollo de la empresa Acerinox, con la que este grupo colabora, desde hace más de diez años.

La idea, explica el investigador, es desarrollar aceros inoxidables austeníticos, un tipo de acero que presenta una estructura cristalina en la que los átomos se estructuran en una red cúbica centrada en las caras, con contenidos muy bajos de



Enrique Otero Huerta

No existen aceros inoxidables cien por cien, pero sí estructuras atómicas cada vez más resistentes, como las que desarrolla el grupo de Otero

azufre. De esta manera se reduce la presencia de inclusiones de sulfuro de manganeso que actuarían como discontinuidades que propiciarían el inicio de la picadura en los medios más agresivos para el acero inoxidable, los que contienen cloruros o pH ácido. "En esos medios", asegura, "incluso aleaciones teóricamente de alta resistencia tienen problemas de deterioro". El término inoxidable, continúa, no debe tomarse en su sentido gramatical, puesto que ésta es una característica que depende del medio en contacto con el material y que, en general, casi nunca se da. Por ello, el objetivo es desarrollar "nuevos inoxidables" capaces de resistir bien la corrosión en medios adversos específicos.

Ambientes en los que el acero inoxidable esté en contacto con cloruros o ácidos hay muchísimos, y por ende, muchísimas son las aplicaciones de los aceros inoxidables de nuevo diseño. Por ejemplo, todo aquello que esté en contacto directo o indirecto con el agua del mar, como barcos, instalaciones portuarias, plataformas de extracción de crudo en el mar, arquitectura o ingeniería civil cercana a las costas, sufre el riesgo del ataque de corrosión por picadura. También la industria alimentaria se beneficia del desarrollo de estos nuevos materiales, pues cuanto menor sea la corrosión de los dispositivos donde se elabora o almacena el producto alimenticio menor será el nivel de contaminación del alimento.

Abaratar el coste de producción

La mejora de la resistencia a la corrosión mediante cambios en la composición o en la microestructura es uno de los dos grandes objetivos de esta investigación. El otro es reducir el precio del acero inoxidable de alta resistencia y hacerlo más estable en el mercado. Para ello se sustituye algún elemento de aleación caro, como el níquel, por otro que ejerza el mismo o similar papel y que resulte más barato, como el nitrógeno. El sustituto del níquel debía ser un elemento capaz de proporcionar buenas características tanto mecánicas como de resistencia a la corrosión pero que no produjera otros efectos no deseados.

Pudo haber sido el manganeso, dice Otero, pero se vio que provocaba problemas de erosión en los hornos donde se producen las aleaciones. Se probó más tarde la llamada Tecnología del Nitrógeno que, pese a ser complicada, se basa en un elemento de coste mucho más asequible, que igual que el níquel estabiliza la estructura austenítica y a priori no produce ninguna propiedad negativa. Al contrario, incluso mejora las propiedades mecánicas del material. "Por ello, nos pareció razonable probar con el nitrógeno". La prueba dio resultados positivos.

La introducción de nitrógeno como sustitutivo parcial de níquel en los aceros inoxidables de alta resistencia no sólo abarata su elaboración, también permite estabilizar su precio en el mercado. El níquel es un "elemento estratégico" para la elaboración del acero inoxidable, caro y con un precio muy fluctuante que hace que lo sea también el del acero inoxidable. "Al introducir nitrógeno conseguimos un acero inoxidable más barato, con las mismas prestaciones y al mismo tiempo de precio más estable en el mercado".

En los laboratorios de la Universidad Rey Juan Carlos, se encargan principalmente de hacer los ensayos de resistencia a la corrosión de los nuevos inoxidables con las diferentes composiciones. "Establecemos cuáles son las composiciones más idóneas para que el material resista mejor la corrosión, concretamente por



Enrique Otero en uno de los laboratorios donde se hacen pruebas de corrosión.

El diseño de aceros más resistentes a la corrosión encuentra numerosas aplicaciones, por lo que levanta un gran interés económico, además de científico

picadura". Determinan relaciones de potencial/intensidad de las distintas aleaciones y las someten a pruebas electroquímicas. En base a los cambios que registran esas relaciones de potencial e intensidad, se averigua en qué condiciones ese material resistiría en mayor o menor medida a la corrosión.

Lo que se pretende es que la aparición de la picadura se produzca en condiciones más extremas. "Ya que la mayoría de las veces no podemos evitar que aparezca", puntualiza Otero, "al menos que lo haga solamente cuando el medio es más agresivo, más oxidante".

No existe hoy en día ningún material metálico cien por cien inmune a este tipo de deterioro, porque, como explica el investigador, la corrosión es un fenómeno termodinámicamente favorecido. "La naturaleza nos ofrece los metales en forma de óxidos, de sulfuros...; nosotros cogemos esos compuestos y los ponemos en condiciones extremas, de temperatura, de presión, etc. Y, a partir de ellos, obtenemos metales y aleaciones útiles". Pero, cuando el material metálico entra en contacto con el medio ambiente, la naturaleza se encarga de volver las cosas a su sitio, a situaciones estables como las de origen. "El proceso de corrosión es, en el fondo, un retorno del metal a su situación de origen". Lo que este grupo está consiguiendo -y de hecho, dos de sus nuevas aleaciones se encuentran ya en el mercado- es hacer que esa vuelta a la forma oxidada, a su forma natural termodinámicamente estable, sea cada vez más lenta.

Aleaciones rentables

Los avances de este grupo en el retraso en la aparición de la corrosión en los aceros inoxidable de alta resistencia, unidas al abaratamiento de su elaboración, han sido reconocidos tanto dentro de la comunidad científica nacional como internacional, a través de sus publicaciones en las principales revistas científicas del campo de los materiales y la corrosión. No obstante, Otero hace mayor hincapié en la importancia de llegar al ciudadano y hacer que éste tome conciencia de la importancia de la investigación científica. "Si los ciudadanos entienden que hay que hacer I+D para que su calidad de vida mejore y su país sea más competitivo y más desarrollado, exigirán a los políticos mayores inversiones".

"El ciudadano sabe que los materiales se degradan y deterioran", añade. Sin embargo seguramente no podrá imaginar que se estima que entre el 2 y 3 % del PIB de un país se pierde cada año como consecuencia del problema de la corrosión. Esto supondría alrededor de 5000 millones de euros que pagamos entre todos los ciudadanos.

Y, si por un lado, los aceros inoxidable de alta resistencia a la corrosión por picadura encuentran numerosas aplicaciones, y por otro, suponen un considerable ahorro, no es de extrañar que este Grupo de Investigación e innovación en Nuevos Materiales de la Universidad Rey Juan Carlos sea uno de los contados grupos españoles capaz de transferir tecnología a la industria, tecnología capaz de aumentar su potencialidad y competitividad. Otero se muestra orgulloso de ello: "llevamos muchos años y hemos demostrado que somos solventes; no sólo desarrollamos I+D, sino que somos capaces de transferir innovación, que es lo que la industria y la actividad científica española necesitan. Todo lo que se haga en esta dirección es positivo".

Más allá de los aceros

El Grupo de Ciencia e Ingeniería de los Materiales de la Universidad Rey Juan Carlos cuenta, además, con otras dos líneas de investigación: una enfocada al desarrollo de materiales compuestos de baja densidad, y la otra, al estudio de fenómenos de corrosión a altas temperaturas y al desarrollo de nuevos materiales resistentes en estas condiciones extremas de operación.

Los materiales compuestos se configuran con una matriz y un refuerzo; los que estudia este equipo utilizan el aluminio como matriz, material con muchas aplicaciones debido a su baja densidad, pero con poca resistencia mecánica. Para mejorar este aspecto del aluminio se desarrollan materiales compuestos introduciendo una segunda fase, una fibra o un polvo cerámico, por ejemplo, que mejore sus propiedades mecánicas. "Entonces, estudiamos que la unión entre esa matriz y el dispersante sea lo más coherente posible", que se dé la menor discontinuidad posible para lograr mejorar las propiedades mecánicas de ese material compuesto y evitar, al mismo tiempo, que surjan fenómenos de corrosión, que tienden a aparecer en cuanto hay materiales heterogéneos en contacto, como es el caso de estos materiales compuestos.

Para planificar el trabajo en esta línea, el grupo de Otero mantiene relaciones con la empresa española de alta tecnología INDRA, porque "aunque la financiación de este proyecto es pública, trabajamos un poco en función de las orientaciones que ellos nos dan sobre las necesidades del mundo industrial en este campo con el fin de dar cobertura a la innovación de las empresas españolas".

El otro campo de investigación persigue aumentar la resistencia de los materiales a temperaturas elevadas, lo cual resulta muy interesante en la industria de la transformación de energía. El rendimiento de la transformación de energía térmica en eléctrica, por ejemplo, aumenta cuanto mayor es la temperatura a la que se produce esa transformación, sin embargo, existen limitaciones para transformar energía a altas temperaturas derivadas fundamentalmente del comportamiento de los materiales en esas condiciones.

Hace 100 años, los materiales de que disponía la industria perdían propiedades mecánicas y sufrían corrosión severa por encima de 500° C. Hoy día, los materiales metálicos más evolucionados, las llamadas superaleaciones, pueden trabajar con solvencia ligeramente por encima de los 1000° C. Si el medio en el que va estar expuesto el material metálico supera estas temperaturas, por ejemplo, en los dispositivos aeroespaciales cuando tiene lugar la reentrada en la atmósfera. Una posible solución es recubrirlo con un material cerámico que resista el efecto de la temperatura. Este recubrimiento cerámico aísla al metal del medio caliente externo, evitando que se caliente mucho y que sufra corrosión y pierda propiedades mecánicas. La línea de investigación desarrollada por el Prof. Otero y su grupo estudia la adecuada compatibilidad y eficacia de estos sistemas metal-cerámico para aplicaciones a elevadas temperaturas.

FICHA TÉCNICA

Grupo de Ciencia e Ingeniería de los Materiales (Universidad Rey Juan Carlos)

Centro: Departamento de Tecnología Química, Ambiental y de los Materiales. Escuela Superior de Ciencias Experimentales y Tecnología. Universidad Rey Juan Carlos de Madrid.

Coordinador: Enrique Otero Huerta

Dirección: c/ Tulipán s/n, 28933 Móstoles (Madrid)

Teléfono: 91 488 70 14

Fax: 91 488 70 68

Email: e.otero@escet.urjc.es

Líneas de investigación: Aceros inoxidables de última generación, resistentes a la corrosión localizada; Resistencia a la corrosión de materiales magnéticos amorfos y nanocristalinos; Interacciones matriz-reforzante y comportamiento frente a la corrosión de materiales compuestos de matriz metálica; Soldadura de Materiales Avanzados; Procesos de Unión Metal-Cerámica; Procesado de Materiales Compuestos de Matriz Metálica; Caracterización de Intercaras Metal-Cerámica por microscopía electrónica; Micromecanismos de fractura en materiales compuestos de matriz metálica; Materiales en lámina delgada; Microscopía electrónica y catodoluminiscencia; Modelización del comportamiento a desgaste de MMCs; Control interfacial en materiales compuestos; Soldabilidad y comportamiento frente a la corrosión de aceros dúplex pulvimetalúrgicos.