

CORROSIÓN DE METALES EMPLEADOS EN LA FABRICACIÓN DE EQUIPOS ELECTRO-ELECTRÓNICOS EN LAS CONDICIONES TROPICALES DE CUBA

Ing. Yarelys Martín Regueira.

Investigadora

Grupo de Protección de Materiales, Dirección de Química.

Centro Nacional de Investigaciones Científicas, Avenida 25 y Calle 158, Playa, Apartado Postal 6414, Ciudad de La Habana, Cuba.

7 de septiembre de 2007.

TRABAJO PRESENTADO EN OPCIÓN AL GRADO CIENTÍFICO DE MAESTRA EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE MATERIALES.

El buen desempeño de los productos electro-electrónicos, depende en gran medida de su capacidad para soportar la agresividad ambiental en cada una de las etapas de su ciclo de vida útil. En la producción y puesta en servicio de estos productos, se han realizado muchos esfuerzos encaminados a desarrollar nuevos materiales, componentes electrónicos de mejor desempeño y nuevas tecnologías para su empaquetamiento y conservación.

No obstante, no se han tenido en cuenta todas las condiciones medioambientales, ya que es común encontrar que la actual tecnología electro-electrónica es adaptada para soportar las condiciones del clima templado. Debido a ello, muchos de los ensayos para evaluar su estabilidad y comportamiento en un determinado ambiente, son realizados en condiciones típicas de tales regiones, con lo cual se genera un desconocimiento sobre el comportamiento de dichos materiales en otras regiones, como por ejemplo en las tropicales.

La mayoría de los equipos electro-electrónicos tiene como común denominador un circuito impreso con componentes electrónicos, los cuales están diseñados a partir de diferentes materiales que en condiciones más agresivas como es el caso del clima tropical de Cuba, presentan grandes posibilidades de deteriorarse, debido al fenómeno de la corrosión y provocar por consiguiente, numerosas fallas en su interior y por ende, en su funcionamiento.

Actualmente, existe una creciente demanda de los países latinoamericanos y otros localizados en regiones tropicales, por adquirir productos electro-electrónicos de gran confiabilidad. Fabricantes, universidades y centros de investigación han dedicado esfuerzos en el sentido de adaptar esos productos, para soportar las condiciones ambientales de esas regiones. Esta es una tendencia tecnológica mundial, conocida como tropicalización de los equipos electro-electrónicos.

Para dar una posible atención a esta problemática, se concibió este trabajo como parte del Proyecto Internacional "Efectos de los ambientes tropicales sobre Productos Electro-electrónicos" (TROPICORR) que coordina la labor de ocho países de la Región. El objetivo general de este trabajo consistió en determinar la resistencia a la corrosión de los metales más empleados en la fabricación de equipos electro-electrónicos, así como la influencia que sobre ellos ejerce la condición de exposición (efecto estufa) bajo diferentes ambientes (rural, costero y urbano) durante dos años de exposición.

Para relacionar esos tres factores se consideraron los objetivos específicos siguientes: evaluar el régimen de las variables meteorológicas (temperatura y humedad relativa) y determinar el tiempo de humectación bajo efecto estufa en tres estaciones de ensayo con diferentes condiciones ambientales (rural, costera y urbana), determinar el índice de agresividad corrosiva en las tres estaciones estudiadas, determinar la resistencia a la corrosión de los metales estudiados bajo condiciones de efecto estufa, caracterizar el estado de los metales mediante Difracción de Rayos-X y Microscopía Electrónica de Barrido después de 2 años de exposición y por último, evaluar dos modelos matemáticos para determinar la posible influencia de las variables que intervienen en el proceso de corrosión.

Los metales empleados en el estudio fueron: acero, cobre, estaño y níquel. Los cuatro fueron colocados en tres sitios de exposición con diferentes condiciones ambientales (urbana, rural y costera) en el interior de armarios metálicos, simulando el efecto estufa, los cuales fueron orientados en la dirección del viento a 1,5 m de altura.

En el interior de los armarios se instalaron diferentes captadores de contaminantes atmosféricos (iones cloruro y sulfato, así como material particulado), los cuales fueron determinados cada seis meses. Así mismo, se colocó un sensor para registrar el comportamiento de la temperatura y la humedad relativa, así como el tiempo de humectación. Se determinó la velocidad de corrosión mediante el cálculo de la pérdida de peso en el tiempo y se llevó a cabo un análisis de la agresividad corrosiva en condiciones interiores. La caracterización de los materiales se realizó a los dos años de exposición. También, se llevó a cabo un análisis estadístico basado en dos modelos propuestos, con el objetivo de determinar la posible influencia de dos variables fundamentales en el proceso corrosivo, el tiempo real y el tiempo de humectación.

Los resultados correspondientes a la determinación de la velocidad de corrosión permitieron constatar que a los dos años de exposición, el estaño sobrepasa las pérdidas de peso del cobre en la estación costera. Este comportamiento pudo deberse a una ruptura de las capas tanto pasivas como protectoras de este metal debido a la influencia de los iones cloruro. También se observó que la morfología de los productos de corrosión en general, no muestra una estructura perfectamente cristalina. Igualmente, se pudo apreciar que bajo el efecto estufa la corrosión de los tres metales estudiados es menor en esas condiciones.

Se demostró que existen comportamientos similares en las tres estaciones estudiadas, con respecto al régimen de temperatura y humedad relativa, y que ambas variables alcanzan magnitudes elevadas y superiores a las reportadas en condiciones de intemperie. Además, los mayores tiempos de humectación se alcanzaron en el intervalo de temperatura de 20-25 °C, así como a humedades relativas por encima del 90 %. En algunos casos, se pudo corroborar que se alcanzó la saturación de la atmósfera.

Por otra parte, en la estación de ensayos costera se obtuvo la mayor agresividad corrosiva en condiciones de efecto estufa, de acuerdo con la deposición de contaminantes atmosféricos y las pérdidas de peso obtenidas.

Se comprobó que la resistencia a la corrosión de los metales estudiados varía en el orden siguiente: acero < cobre < estaño < níquel, aunque en la estación costera, el estaño sobrepasa ligeramente al cobre a los dos años de exposición.

Se reportaron los productos de corrosión formados en el acero, cobre, níquel y estaño a los dos años de exposición. Dadas las condiciones de formación y la relativamente baja agresividad corrosiva, en general, los productos (lepidocrocita, goethita, brochantita, cuprita, etc) no mostraron una morfología perfectamente cristalina.

Se corroboró, a partir del análisis estadístico la no existencia de diferencias significativas entre la influencia que ejercen en el fenómeno de la corrosión el tiempo real y el tiempo de humectación.

La tesis de Maestría consta de Introducción, Revisión Bibliográfica, Materiales y Métodos, Resultados y Discusión, Conclusiones, Recomendaciones, Bibliografía y Anexos. La Introducción aporta los antecedentes del tema, los objetivos general y específico, junto a la hipótesis planteada. En la Revisión Bibliográfica se describen conceptos fundamentales del fenómeno de la corrosión, los principales factores ambientales que influyen en él, así como su manifestación en el interior de los equipos electro-electrónicos, donde existe una condición de exposición característica llamada efecto estufa. En Materiales y Métodos se describen las características de las muestras utilizadas, las condiciones de exposición en cada estación de ensayos, así como los métodos de caracterización empleados. En Resultados y Discusión se evalúa el régimen de temperatura y humedad relativa, así como el tiempo de humectación. Además, se analiza la influencia de los contaminantes en el fenómeno de la corrosión y se determina la velocidad de corrosión a partir de la pérdida de peso, lo que permite clasificar las diferentes atmósferas de acuerdo con su agresividad corrosiva. También se analizan las fases presentes en dos de los metales estudiados, lo que se vincula directamente con los aspectos analizados con anterioridad. Finalmente, se plantean las conclusiones generales del trabajo al igual que las recomendaciones para continuar esta investigación.

La tesis ha sido desarrollada en 75 páginas en las que se insertan 9 tablas y 37 figuras. Cuenta además, con cuatro anexos. El primero de ellos muestra los datos registrados de temperatura y humedad relativa durante los dos años de exposición. Los tres restantes están relacionados con las distancias interplanares e intensidades relativas de cada metal estudiado. En la tesis, se refieren 68 trabajos, de los cuales el 69 % corresponde a la última década y el 31 %, al último lustro.

Como conclusión final pudo afirmarse, que la temperatura y la humedad relativa bajo las condiciones estudiadas (efecto estufa) alcanzan magnitudes superiores que a la intemperie. Además, se corroboró que en la estación costera se presenta la mayor agresividad corrosiva para los metales ensayados, siendo el acero, el menos resistente. Se demostró también, que no existen diferencias significativas entre las influencias que ejercen el tiempo real y el de humectación en el fenómeno de la corrosión y que la influencia de cada variable depende de la naturaleza del metal.

La novedad científica de este trabajo se enmarca en los aportes que realiza la fundamentación la propuesta de norma ETS 300 019/1994 "Condiciones y ensayos ambientales para el equipamiento de las telecomunicaciones", dirigida a contribuir a la tropicalización de los equipos electro-electrónicos, así como a su mejor desempeño y a que puedan alcanzar un mayor tiempo de vida útil.

Los resultados de la investigación han sido presentados en cuatro actividades científicas y dieron origen a una publicación nacional y tres internacionales en revistas de la corriente principal, así como, a la escritura de un capítulo de la obra: Corrosion research frontiers. Atmospheric corrosion in tropical climate. On the concept of time of wetness and its interaction with contaminant deposition.