

Ataque por ácido acelerado para recubrimientos transparentes para la industria automotriz

Un trabajo de investigación conjunto proporciona correlación entre el laboratorio y el campo

por: John Boisseau, Químico Senior de Desarrollo, BASF Corporation
Donald Campbell, Jefe del Grupo, BASF Corporation
William Wurst, Ingeniero Senior de Proyectos, Q-Lab Corporation
Patrick J. Brennan, Vicepresidentet, Q-Lab Corporation

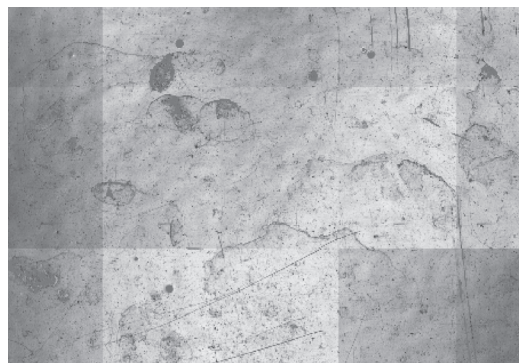
Resumen

Son muchos los intentos que se han realizado para desarrollar una prueba que pueda predecir la resistencia al ataque por ácido de los recubrimientos transparentes automotrices. Métodos tales como la barra de gradientes y manchas de ácido son tan solo dos ejemplos de los numerosos métodos de laboratorio utilizados actualmente en la industria. Ningún método de laboratorio actualmente en uso se correlaciona bien con los resultados observados en terreno. Previos intentos de utilizar el envejecimiento artificial acelerado para reproducir los resultados del ataque por ácido tampoco estuvieron en correlación.

Este documento examina un nuevo procedimiento de ensayo de ataque por ácido para la industria automotriz, desarrollado en colaboración conjunta por BASF Corporation y Q-Lab Corporation.

Se procedió a recopilar una extensa cantidad de datos ambientales sobre la composición y acidez de la lluvia caída, la frecuencia y duración de la pluviosidad, la temperatura ambiente y la temperatura de las muestras. Los parámetros críticos del ensayo identificados incluyen: la solución ácida, temperatura, humedad, espectro de UV, calefacción radiante de la muestra y orientación de las muestras. Basado en los datos obtenidos en terreno, se desarrolló una solución de lluvia ácida simulada, además de un ciclo de ensayo de exposición. Se modificó una cámara de envejecimiento artificial acelerado para convertirla en un nuevo modelo que aceptara los requerimientos para exposición. El procedimiento recientemente desarrollado, de-

nominado ensayo de ataque por ácido acelerado BASF, muestra una excelente correlación con los resultados del ataque por ácido natural en terreno. Además de describir el reciente trabajo de desarrollo, este documento también crea las esperanzas de poder ofrecer en el futuro el protocolo a la industria en general.



Digital image of Jacksonville outdoor test panels.



Digital image of accelerated acid test panels.

Notas documentales

En los años 1980, el daño causado a los recubrimientos automotrices por la lluvia ácida llegó a convertirse en un problema. Tanto los concesionarios como los compradores se quejaban de los círculos o “manchas de agua” dejadas por la hidrólisis catalizada por ácido que ocurría en zonas donde caía lluvia ácida y las temperaturas eran muy altas.

Las figuras de corrosión se forman cuando se pierde el material de la superficie del recubrimiento. Este material se pierde como resultado de la hidrólisis catalizada por ácido de los enlaces químicos dentro del recubrimiento. Cuando una cantidad suficiente de enlaces se rompe, las moléculas o fragmentos de polímeros se desprenden del resto del recubrimiento y son arrastradas por la lluvia. El material perdido es mayor en el borde de las gotas de agua donde el ácido se concentra durante la evaporación. Esto lleva a la conocida formación de círculos o “manchas de agua”.

Los trabajos que más éxito han tenido en el mejoramiento de la resistencia al ataque por ácido en los recubrimientos automotrices se han concentrado en la reformulación para reducir o eliminar los puntos sensibles a los ácidos dentro de la red de polímeros. La mayoría de los recubrimientos automotrices se componen de una capa de color muy pigmentada (o capa base) la cual está cubierta por una capa transparente.

Exposiciones a la intemperie en Blount Island. El verano en Blount Island en Jacksonville, Florida era, y sigue siendo, uno de los lugares más severos de Norteamérica en cuanto a condiciones causantes de ataque por ácido. Como resultado, este lugar es el sitio indicado para realizar ensayos reales anuales para evaluar el comportamiento de los recubrimientos automotrices ante el ataque por ácido. Cada año, los fabricantes de equipos originales automotrices (OEM) y sus proveedores colocan una cantidad variable de capós, paneles y fáscias de automóviles en Jacksonville. El tamaño y la forma de los mismos varían, pero en su mayoría son de color negro para crear el peor de los escenarios para la prueba de ataque por ácido. Los componentes se exponen colocados de diversas formas, pero típicamente se prueban en un ángulo de exposición horizontal entre 0 y 5 grados. El período de ensayo típico dura aproximadamente 14 semanas, de junio a septiembre de cada año. En distintos intervalos durante el período de 14 semanas, se procede a evaluar las muestras según el daño por ataque ácido, empleando un método visual de evaluación con paneles normales utilizados como guía. Mientras las exposiciones a la intemperie en Blount Island tienen el beneficio de un ensayo en ambiente natural, el procedimiento actual encuentra numerosas limitaciones con respecto al desarrollo del producto. Además de la inconveniencia de tener un solo lugar y un período muy corto para realizar los ensayos, los resultados de este ensayo anual son tan variables como el clima.

Ataque por ácido acelerado. Se han realizado muchos intentos de desarrollar técnicas de laboratorio para pronosticar la resistencia al ataque por ácido de los recubrimientos transparentes automotrices. Actualmente hay varios métodos en uso en la industria, como la prueba de barra de radientes, la prueba de manchas de ácido, etc. Ninguna de ellas ha incluido todos los componentes naturales que contribuyen al daño por ácido de los recubrimientos transparentes automotrices (humedad, luz ultravioleta, orientación de la muestra, solución ácida).

Desarrollo del procedimiento de ensayo actual

BASF reconoció la necesidad de contar con un procedimiento de ensayo de ataque por ácido acelerado realista en el laboratorio y comenzó a determinar la cantidad de elementos críticos. Muchos de los parámetros críticos del ensayo podrían ser reproducidos en las cámaras de ensayo con luz por arco de xenón existentes.

Desde los años 1950, las cámaras de ensayo con luz de arco de xenón han sido utilizadas para probar el envejecimiento a la intemperie de recubrimientos. Estas cámaras han alcanzado gran popularidad porque utilizan una fuente de luz que, al filtrarla correctamente, proporciona una excelente simulación del espectro completo de la luz solar. Tradicionalmente, a estas cámaras se les coloca una luz de arco de xenón en el centro y las muestras se montan verticalmente en un armazón que gira alrededor de la fuente de luz, como un carrusel. A este mecanismo frecuentemente se le denomina cámara estilo "tambor giratorio", y está disponible en muchos modelos, de varios fabricantes. Desafortunadamente, el sistema de montaje vertical de muestras significa que cualquier líquido que se pulverice sobre las muestras tiende a escurrirse rápidamente.

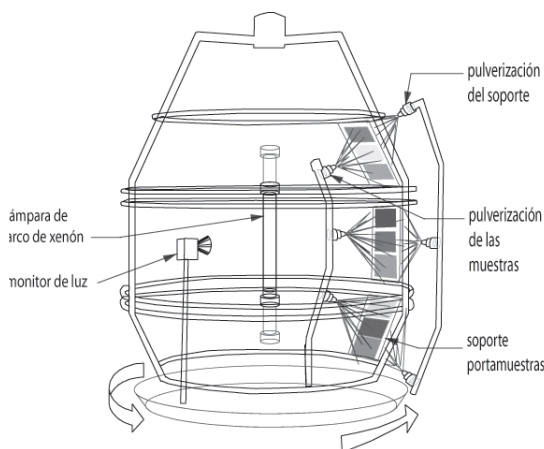
Recientemente, Q-Lab Corporation desarrolló y lanzó al mercado la cámara de ensayo con luz de arco de xenón Q-Sun, la cual tiene las lámparas de arco de xenón colocadas en la parte superior de la cámara de exposición y las piezas y paneles sometidos a prueba se colocan debajo de las lámparas orientados casi horizontalmente¹. Esta configuración tiene varias ventajas de diseño. Específicamente, cualquier líquido que se pulverice sobre las muestras tiene tendencia a permanecer allí por largo tiempo. En vez de escurrirse rápidamente, como sucede en las cámaras estilo tambor giratorio más antiguas, se seca lentamente en su lugar.

Los científicos de BASF reconocieron que esta cámara con luces de arco de xenón de configuración plana sería particularmente útil para reproducir los efectos de la lluvia ácida vistos en las muestras horizontales en Jacksonville. Debido a la experiencia de Q-Lab en la ciencia de envejecimiento artificial, en estudios de correlación y diseño de cámaras de ensayo, BASF acordó asociarse con ellos para emprender juntos el desarrollo de un procedimiento de ensayo de ataque por ácido acelerado realista.

figura 1

Configuraciones de cámaras de ensayo con luz de arco de xenón

Vista esquemática del tambor giratorio

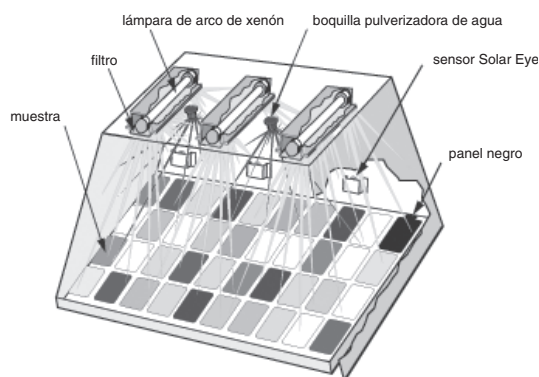


Con la cámara de ensayo estilo tambor giratorio, el sistema de montaje vertical de muestras significa que cualquier líquido pulverizado sobre las muestras tiene tendencia a escurrirse rápidamente.

figura 2

Configuraciones de cámaras de ensayo con luz de arco de xenón

Vista esquemática de la configuración plana



Los científicos de BASF reconocieron que con la configuración plana de la Q-Sun, el líquido pulverizado sobre las muestras tiene tendencia a permanecer allí por largo tiempo.

¹ Para una comparación completa de los dos métodos diferentes de construcción de la cámara de ensayo con luz de arco de xenón, véase Brennan et al, 2003.

Determinación de la cantidad de ambiente de exposición

BASF ha estado monitoreando las condiciones de exposición en el lugar de exposición en Jacksonville, Florida por varios años. Basado en esos datos, las siguientes condiciones ambientales críticas fueron tomadas en consideración en el desarrollo del nuevo procedimiento de ensayo de ataque por ácido acelerado BASF.

Temperatura. Muy pronto, BASF se dio cuenta de la importancia del efecto de la temperatura en los resultados de la exposición a la intemperie en terreno en Jacksonville. Por consiguiente, se procedió a cuantificar los parámetros de temperatura tomando las medidas en tiempo real de las muestras que se encontraban expuestas en Jacksonville. En 1993, las mediciones con termopares dieron temperaturas de hasta 80°C. En 2002, en Jacksonville, las mediciones con pirómetro de las piezas y paneles de ensayo reales, en las condiciones de campo, indicaron temperaturas máximas de las muestras de aproximadamente 72°C.

tabla 1

Temperaturas de las muestras en Jacksonville		
Todas las piezas pintadas con pintura base negra/recubrimiento transparente. Temperaturas máximas aproximadas.		
Temperatura máxima	Pirómetro 2002	Termopar 1993
Capó de acero	72°C	80°C
Panel de acero	63°C	74°C
Fáscia	58°F	69°F

Como resultado de estos datos, se escogió 80°C como la temperatura objetivo del Panel negro sin aislamiento² para la etapa de exposición a la luz del ensayo de laboratorio.

Pluviosidad. Los científicos de BASF identificaron la necesidad de usar una solución de lluvia simulada con una composición química y pH específico conocidos por producir deterioro por ácido en las piezas automotrices en Jacksonville. Las observaciones en terreno indicaron que una pluviosidad inferior a 0.25 cm (< 0.1 pulg) y nubosidad baja, son las condiciones que mayor efecto tienen en la producción de ataque por ácido en Jacksonville. Estudios determinaron que las lluvias de pH más bajo son las que causan más deterioro ácido (por ejemplo, pH de 3,49 colectado en Jacksonville en 1989).

Los datos meteorológicos de Jacksonville indican que entre junio y agosto, hay un promedio de 10 a 15 días de este tipo cada año.

tabla 2

Días con <0.25 cm de lluvia de las 11:00 a las 16:00 horas				
Año	Junio	Julio	Agosto	Total
2000	9	3	3	15
2001	7	4	2	13
2002	5	3	2	10

La composición química y pH de la solución de lluvia ácida simulada utilizada para el método experimental acelerado se basó en un análisis de las muestras de lluvia de Jacksonville.

² Para la definición de un termómetro de panel negro sin aislamiento, véase la norma ASTM G151.

Humedad y tiempo húmedo. Los trabajos de investigación de BASF indicaron la necesidad de mantener una humedad relativa que sea consistente con el ambiente de exposición natural de Jacksonville. Esto imitaría mucho mejor el secado prolongado visto en terreno. La información meteorológica de Jacksonville muestra que la humedad relativa media es de aproximadamente 80% durante los meses de verano (junio-agosto).

Las investigaciones del tiempo de humedad realizadas en el estado de Florida y otras localidades, indican que las muestras sometidas a prueba se mantienen húmedas más del 50% del tiempo, y que el origen de esta humedad es el rocío (Grossman, 1978). Observaciones en terreno en Jacksonville confirmaron esto determinando que, durante la mayoría de las noches de verano, se forma rocío sobre las piezas y paneles. Típicamente, el rocío todavía se encuentra allí a la mañana siguiente.

Por eso, en la simulación experimental, se utiliza una serie de pulverizaciones de agua pura durante la etapa oscura para simular el rocío nocturno. Al mismo tiempo, se mantienen una humedad alta de 80% durante todo el ensayo para simular las condiciones de verano en Jacksonville.

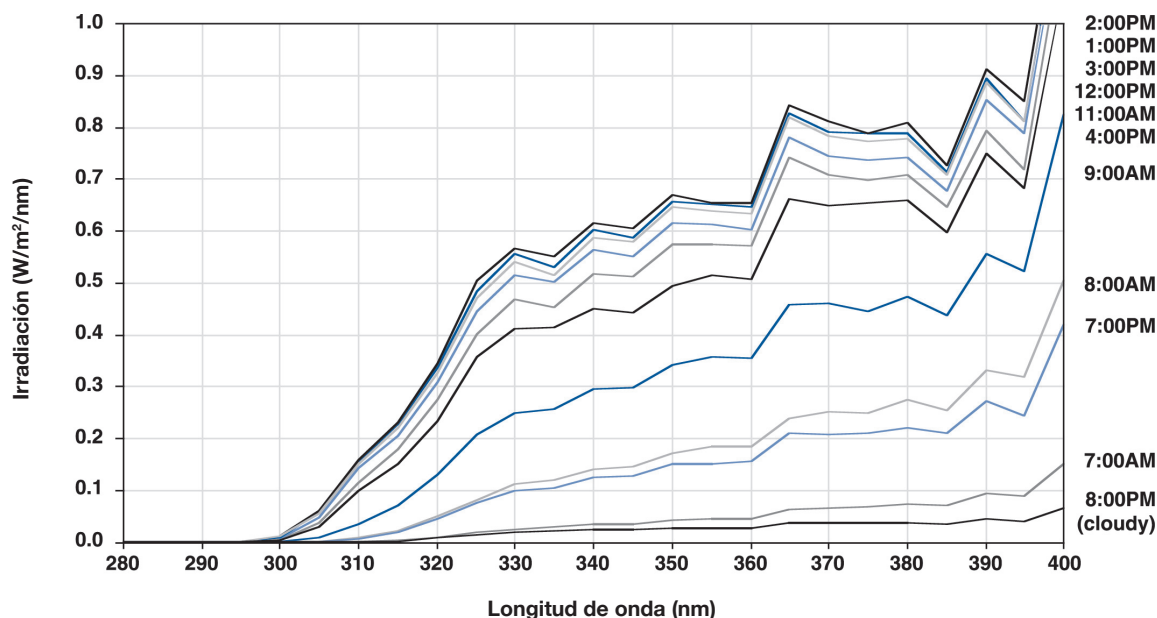
Orientación de las muestras. Los paneles y las piezas expuestos a la intemperie en Jacksonville se colocan en los ángulos de orientación horizontal o casi horizontal causantes del efecto severo de ataque por ácido. Típicamente, el ataque más severo se observa en un ángulo de exposición de 0 a 5 grados.

Para reproducir la condición de exposición natural más severa, para el ensayo acelerado se modificó la cámara de ensayo Q-Sun para orientar las muestras a 0 grados. (Esta es una modificación del ángulo de exposición normal de la Q-Sun de 10 grados.)

Luz ultravioleta. La experiencia de Q-Lab afirmó que, para obtener la mejor correlación con los resultados de los ensayos a la intemperie, las muestras de laboratorio deben ser expuestas a luz ultravioleta con una distribución de la energía espectral y una intensidad similares a aquellas vistas en terreno. Las investigaciones de Q-Lab sobre el espectro de la luz solar muestran que, aun cuando el espectro de la luz diurna cambia de un minuto a otro durante el día (véase la figura 3), en el verano la luz solar es de aproximadamente 0.68 W/m²/nm a 340 nm al mediodía solar durante el punto máximo de radiación. La mediciones realizadas por Q-Lab concuerdan fundamentalmente con la norma CIE 85, tabla 4, y con los nuevos espectros SMART2 actualmente propuestos por el Comité G03 de ASTM.

figura 3

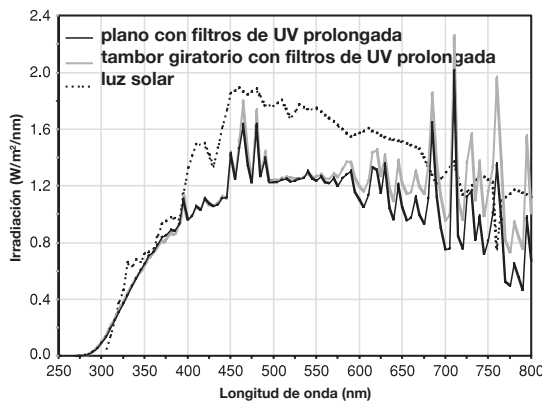
Distribución de energía espectral solar durante la luz ultravioleta diurna versus el tiempo



Algunos métodos de ensayos automotrices más antiguos como el SAE J1960, usan el espectro de de “UV prolongada” de arco de xenón para acelerar la degradación de los recubrimientos. Este espectro tiene la desventaja de producir luz ultravioleta de longitud de onda corta por debajo del límite solar de 295 nm. La experiencia nos ha enseñado que estos espectros pueden causar resultados anormales para algunos recubrimientos. Por consiguiente, los protocolos de pruebas más recientes, como el SAE J2527, tienen en cuenta un espectro más realista especificando el filtro de luz diurna descrito en la norma ASTM G155. (Estos son los mismos espectros especificados en las normas ISO 4892-2 e ISO 11341). Para el nuevo procedimiento de ensayo de ataque por ácido acelerado BASF se eligió el espectro de filtro de luz diurna por ser muy parecido a la luz solar natural.

figura 4

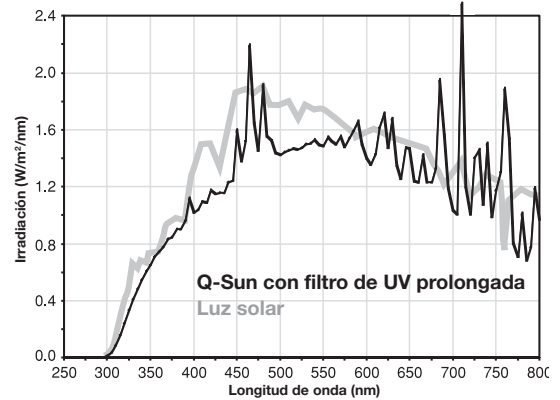
Filtros de luz diurna y luz solar



Los filtros de luz ultravioleta prolongada se usan principalmente para ensayos automotrices con el fin de acelerar la degradación del recubrimiento. Estos permiten longitudes de onda muy cortas de UV que normalmente no se encuentran en la superficie de la tierra.

figura 5

Filtros de luz ultravioleta prolongada



Los filtros de luz diurna igualan el espectro de la luz solar total y el límite de longitud de onda corta mejor que los filtros de UV prolongada.

tabla 3

Resumen de las propiedades		
Propiedades	Observaciones en terreno	Técnica BASF/Q-Sun
Temperatura	70-80°C	80°C
Pluviosidad	10 a 15 lloviznas significativas de pH más bajo 3.5	13 pulverizaciones ácidas pH de 3.4
Rocío	Rocío nocturno	Pulverización de agua durante etapa oscura
Humedad relativa	Típicamente 80% ó más alta	80% durante toda la prueba
Orientación	0 - 5 grados	0 grados
Espectro de luz UV	Variable durante todo el día	Luz solar a mediodía de verano
Intensidad de la luz UV	Variable durante todo el día 0-0.68 W/m²/nm a 340 nm	Constante 0.55 W/m²/nm @ 340 nm

Desarrollo experimental

BASF desarrolló una solución de lluvia ácida simulada basada en la química de la lluvia ácida observada en Jacksonville. BASF también le proporcionó a Q-Lab un conjunto inicial de muestras recubiertas con 4 tipos de sistemas de recubrimientos transparentes.

La cámara de ensayo con luz de arco de xenón Q-Sun fue modificada y convertida en un modelo nuevo para incorporar las características dictadas por las observaciones en terreno. Se añadió una superficie plana de 0 grados para montaje de muestras y un sistema de pulverización doble. Este último puede programarse para pulverizar (spray) automáticamente ya sea agua desionizada pura o una solución de lluvia ácida simulada.

Q-Lab, utilizando la cámara de ensayo Q-Sun modificada, experimentó con diversos ciclos de prueba, incluyendo 100% de luz, con pulverización intermitente de ácido. Q-Lab determinó que un ciclo con una exposición a la luz y a la etapa oscura daba una correlación mejor con los resultados de ataque ácido a la intemperie de Jacksonville. El volumen y la frecuencia de la pulverización ácida fueron ajustados para simular mejor los resultados de los ensayos a la intemperie.

Después de algunas investigaciones edisonianas, fue posible desarrollar un ciclo de exposición optimizado. Después de determinar el ciclo, las muestras fueron expuestas en la cámara Q-Sun y evaluadas en intervalos de 200, 300, 400, 500, 600 y 700 horas.

tabla 4

Ciclo de exposición del ensayo de ataque por ácido acelerado BASF		
Paso 1	1 minuto	Exposición en oscuro; con pulverización de lluvia ácida
Paso 2	3 hrs 50 minutos	Exposición en oscuro; 38°C temp. panel negro; 38°C temp. ambiente en cámara; 80% H.R.
Paso 3	12 hrs	Exposición a luz; 0.55 W/m ² /nm @ 340 nm; filtros de luz diurna; 80°C temp. panel negro; 55°C temp. ambiente en cámara; 80% H.R.
Paso 4	27 minutos	Exposición en oscuro; 38°C temp. panel negro; 38°C temp. ambiente en cámara; 80% H.R.
Paso 5	1 minuto	Exposición en oscuro; con pulverización agua desionizada pura
Paso 6	3 hrs 50 minutos	Exposición en oscuro; 38°C temp. panel negro; 38°C temp. ambiente en cámara; 80% H.R.
Paso 7	1 minuto	Exposición en oscuro; con pulverización agua desionizada pura
Paso 8	3 hrs 50 minutos	Exposición en oscuro; 38°C temp. panel negro; 38°C temp. ambiente en cámara; 80% H.R.
Paso 9	Comenzar nuevamente en el paso 1	

Procedimiento de evaluación del ataque por ácido

La evaluación del daño causado por el ácido se realiza visualmente y la muestra se clasifica en una escala de 0 (mejor) a 10 (peor). A continuación se presenta un resumen de la escala de clasificación.

tabla 5

Clasificación	Descripción
0 a 3	El daño sería muy leve y solamente distinguible por un observador capacitado
4 a 6	El daño sería entre leve y moderado y en algunos casos distinguible por el propietario del vehículo (observador sin experiencia)
7 a 10	El daño sería tan severo que muchos propietarios de vehículos lo podrían notar y reclamar

Para ciertos ensayos, se amplió la escala para permitir una discriminación más minuciosa.

Comparación de los resultados de la exposición

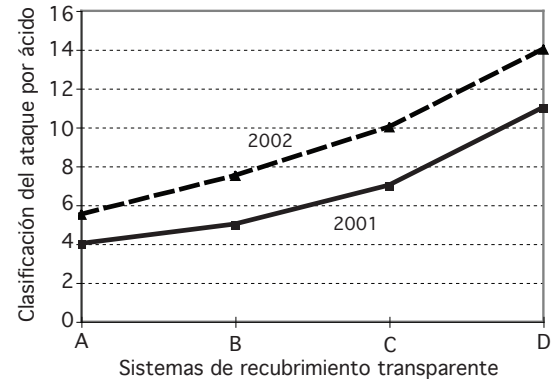
Datos obtenidos en Jacksonville. Se hizo una comparación de los datos obtenidos de exposiciones a la intemperie naturales de dos años en Jacksonville para establecer una línea base. Como se esperaba, hubo diferencias de un año al otro en los valores absolutos. Sin embargo, hubo un acuerdo perfecto en el orden de clasificación de los diversos sistemas de un año al otro. Véanse la tabla 6 y la figura 6.

tabla 6

Datos del ataque por ácido en Jacksonville		
Clasificaciones de la evaluación visual		
Sistema de recubrimiento	Clasificación 2001	Clasificación 2002
A	4	5.5
B	5	7.5
C	7	10
D	11	14

figura 6

Resultados del ensayo de ataque por ácido acelerado



Resultados del ensayo de ataque por ácido acelerado BASF. Las muestras fueron evaluadas en intervalos de 100 horas, comenzando en 200 horas. Los resultados se muestran en la tabla 7 y la figura 7. Después de 200 horas en la cámara Q-Sun, ya se había establecido bien el orden relativo de clasificación y permaneció igual durante todo el período de exposición.

Los resultados del ensayo de ataque por ácido acelerado BASF fueron comparados con los datos efectivos de la exposición natural en Jacksonville. Como puede verse en las figuras, después de solamente 200 horas en la Q-Sun, el procedimiento de ensayo de ataque por ácido acelerado BASF dio la misma clasificación que las exposiciones en Jacksonville. Después de 400 horas, produjo el coeficiente de rangos de Spearman correcto ($\rho = 1.0$) y aproximadamente el mismo nivel de mordentado que el visto después de 14 semanas de la exposición del 2001 en Jacksonville (figuras 8 y 9). Los resultados del ensayo de ataque por ácido acelerado BASF durante 700 horas fueron esencialmente idénticos a los datos del año 2002 en Jacksonville (figura 10).

tabla 7

Resultados de BASF/Q-Sun						
Clasificaciones de la evaluación visual						
Sistema	200 hrs	300 hrs	400 hrs	500 hrs	600 hrs	700 hrs
A	3	3	3	4	4	5
B	4	4	6	7	7	8
C	6	5	7	8	8	10
D	9	9	11	12	13	14

figura 7

Resultados de BASF/Q-Sun

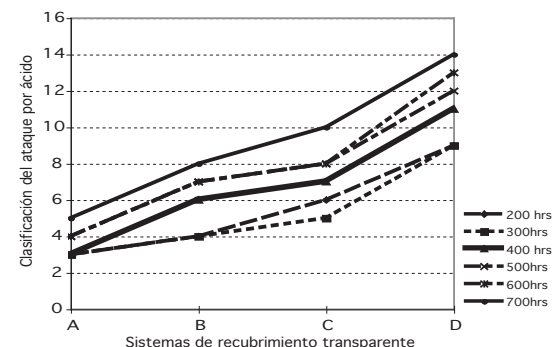


figura 8

Clasificaciones de Jacksonville vs. BASF/Q-Sun

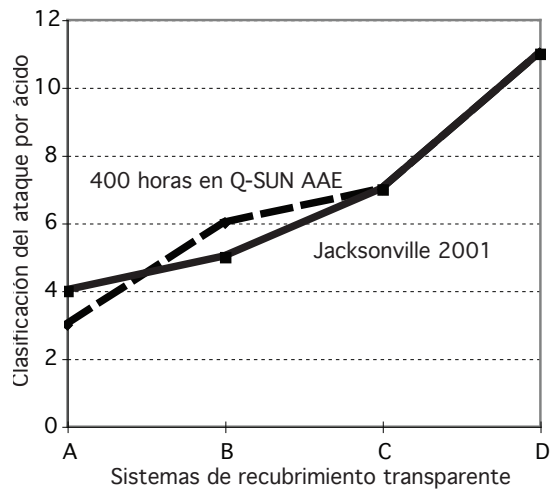


figura 9

Jacksonville 2001 versus 400 horas en BASF/Q-Sun

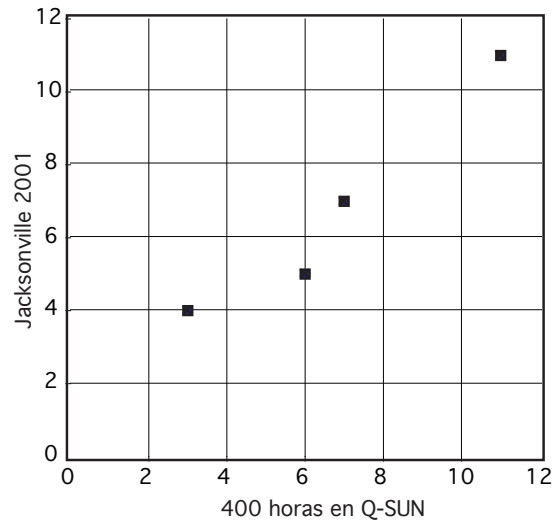
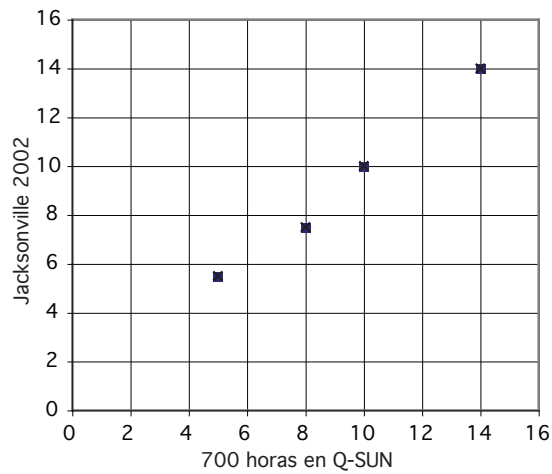


figura 10

Jacksonville 2002 versus 700 horas en BASF/Q-Sun



Ensayo ampliado. Debido a los excelentes resultados, el ensayo se amplió para incluir más sistemas de recubrimientos transparentes para los cuales ya habían disponibles datos de Jacksonville. Para establecer un punto de referencia, se compararon los datos del año 2001 y 2002 de Jacksonville utilizando los métodos de correlación de Pearson y de Spearman. Para datos de este tipo, los autores consideran que el método de Pearson es el más útil. Los grupos de datos exhibieron un coeficiente de correlación de Pearson de 0.88 y un coeficiente de rangos de Spearman de 0.72.

Los mismos sistemas fueron expuestos por 420 horas al procedimiento de ensayo de ataque por ácido acelerado BASF. Los resultados de la Q-Sun coincidieron con aquellos de Jacksonville 2001 con una correlación de Pearson de 0.90 y un coeficiente de rangos de Spearman de 0.80.

Cuando las clasificaciones del ensayo de ataque por ácido acelerado BASF se compararon con la media de los resultados del 2001 y 2002 de Jacksonville, la correlación fue aún mejor. Pearson $R^2 = 0.93$ y Spearman $\rho = 0.80$. En resumen, los resultados del ensayo de ataque por ácido acelerado BASF también coincidieron con Jacksonville, o mejor aún, Jacksonville coincidió consigo mismo.

tabla 8

Clasificaciones de Jacksonville vs. BASF/Q-Sun

Sistema de recubrimiento o transparente	Clasificación 420 hrs en Q-Sun	Clasificación Jacksonville 2001
1	5	5
2	5	6
3	6	4
4	6	5
5	6	6
6	8	6
7	10	9
8	10	10
9	10	10

tabla 9

Datos de Jacksonville 2001 y 2002 vs. BASF/Q-Sun

Sistema de recubrimiento o transparente	Clasificación 420 hrs en Q-Sun	Clasificación media Jacksonville 2001 y 2002
1	5	5
2	5	5
3	6	5
4	6	6
5	8	6
6	6	6
7	6	6
8	6	7
9	10	10
10	9	10
11	10	10
12	10	10

Resumen y conclusiones

Un nuevo procedimiento de ensayo de ataque por ácido acelerado BASF fue desarrollado conjuntamente por BASF y Q-Lab Corporation. El procedimiento identificó e incorporó todos los parámetros críticos conocidos del ensayo. Para poder lograrlo, BASF desarrollo una solución de lluvia ácida simulada y Q-Lab modificó la cámara de ensayo con luz de arco de xenón Q-Sun. La correlación entre el nuevo procedimiento y las exposiciones naturales en Jacksonville es mejor que, o igual a, la correlación entre los resultados de un año a otro en Jacksonville.

El desarrollo del nuevo procedimiento tiene varios beneficios significativos para la industria:

1. Permite el desarrollo más rápido de recubrimientos resistentes al ataque por ácido. Tanto como 20 iteraciones por año de formular/ensayar/reformular versus 1 iteración por año actual, según lo exigido por las exposiciones naturales en Jacksonville.
2. La condición relativamente pristina de las muestras probadas en el laboratorio permite el uso de la evaluación digital de las manchas por ácido.
3. Los paneles de Jacksonville prácticamente no pueden emplear esta técnica debido a la presencia de arañazos, suciedad, etc.
4. Se espera que este ensayo de ataque por ácido acelerado BASF pueda utilizarse para simular otros ambientes de lluvia ácida, donde la química de la lluvia difiere de Jacksonville.
5. El nuevo procedimiento ofrece la posibilidad de realizar un monitoreo consistente de los sistemas de plantas de montaje para detectar el ataque por ácido como un “sistema de alerta anticipada”.
6. Finalmente, gracias al nuevo procedimiento de ensayo de ataque por ácido acelerado BASF, debieran ocurrir menos fallas por ataque ácido en servicio.

Reconocimientos

Los autores desean hacer constar sus agradecimientos a las siguientes personas que han contribuido al desarrollo del Ensayo de ataque por ácido acelerado BASF:

BASF Corporation	Q-Lab Corporation
P. Deskovitz	D. Fayak
L. Pattison	G. Fedor
T. Richards	D. Grossman
H. Valatka	J. Quill
	R. Roberts

Bibliografía

ASTM G151, Standard Practice for Exposing Nonmetallic Materials in Accelerated Test Devices that Use Laboratory Light Sources.

ASTM G155, Standard Practice for Operating Xenon Arc Light Apparatus for Exposure of Nonmetallic Materials.

Brennan, P. J, Static and Rotating Xenon Arc Exposures Compared: technical issues, practical considerations, & how different types of hardware comply to the new performance-based test methods. 1st European Weathering Symposium. Prague, Czech Republic.

CIE 85, Table 4. Publication Number 85: 1989, Technical Report - Solar Spectral Irradiance.

Grossman, P. R., Investigation of Atmospheric Exposure Factors that Determine Time-of-Wetness of Outdoor Structures, in Atmospheric Factors Affecting the Corrosion of Engineering Materials, ASTM STP 646, Coburn, S. K., Ed., American Society of Testing and Materials, 1978.

Bibliografía

ISO 4892-2, Plastics - Methods of exposure to laboratory light sources - Part 2: Xenon-arc sources.

ISO 11341, Paints and varnishes - Artificial weathering and exposure to artificial radiation- Exposure to filtered xenon- arc radiation.

SAE J1960, Accelerated Exposure of Automotive Exterior Material Using a Controlled Irradiance Water Cooled Xen- Arc Apparatus.

SAE J2527, Accelerated Exposure of Automotive Exterior Materials Using a Controlled Irradiance Xenon Arc Apparatus.

Notas

ASF Corporation y Q-Lab Corporation registraron conjuntamente una patente en EE.UU. que protege este método de ensayo y el aparato. Según los términos del Convenio de Desarrollo Conjunto entre BASF Corporation y Q-Lab Corporation, BASF Corporation tiene el uso exclusivo de este método de ensayo hasta el 16 de julio de 2005.

Q-Sun es una marca comercial registrada de Q-Lab Corporation, 800 Canterbury Road, Cleveland OH, 44145 EE.UU. (www.q-panel.com).

Para contactar a los autores, dirigirse a:

BASF Corporation, 26701 Telegraph Road, Southfield MI, 48034 EE.UU.

John Boisseau, Químico Senior de Desarrollo, BASF Corporation

Donald Campbell, Jefe del Grupo, BASF Corporation

Q-Lab Corporation, 800 Canterbury Road, Cleveland OH, 44145 EE.UU.

William Wurst, Ingeniero Senior de Proyectos, Q-Lab Corporation

Patrick J. Brennan, Vicepresidentet, Q-Lab Corporation

Los métodos de ensayo están disponibles a través de las siguientes organizaciones:

ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken PA 19425, EE.UU.

ISO, Case Postale 56, CH-1211 Ginebra 20, Suiza

SAE International, 400 Commonwealth Drive, Warrendale, PA 15096.

Q-Lab Corporation

Oficina Central y División de Instrumentos Q-Lab

800 Canterbury Road
Cleveland, OH 44145 EE.UU.
Teléfono: 440-835-8700
Fax: 440-835-8738

Q-Lab Europe

Express Trading Estate
Stonehill Road, Farnworth
Bolton, BL4 9TP Inglaterra
Phone: 011-44-120-486-1616
Fax: 011-44-120-486-1617

Q-Lab China

Room 1809/1810, Liangyou Bld.
618 Shangcheng Road
Pudong District
Shanghai, China 200120
Phone: 011-86-21-5879-7970
Fax: 011-86-21-5879-7960



www.q-lab.com
info@q-lab.com

LX -5025.SP
© 2006 Q-Lab Corporation.
All Rights Reserved.