Reprinted From
Sulfuric Acid TODAY

Desarrollando un Método para Reparación de Filtraciones en Torres de Acido

Por Matthias Walschburger, Knight Material Technologies

Durante la conferencia sobre el Azufre, en Berlín, noviembre de 2012, Knight Material Technologies (KMT) fue contactada por Rick Davis, presidente de Davis & Associates Consulting. Rick quería saber si KMT disponía de un método de reparación para una torre de absorción con fugas que había sufrido una liberación incontrolada de energía (explosión de hidrógeno) a principios de 2012. La torre había comenzado a tener fugas sólo algunas semanas después de la puesta en marcha de la planta. El propietario, Noracid, quería una solución temporal hasta que pudiera realizarse la instalación de una nueva torre revestida de ladrillo, la que estaba prevista para dentro de varios meses.

En dicha conferencia, KMT se reunió con los diseñadores del equipo original para obtener información sobre el diseño del revestimiento. Todas las torres de absorción de esta planta de ácido habian sido diseñadas sin ningún tipo de membranas resistentes a los ácidos para proteger la carcasa de acero, como Pecora Mastic, Rhepanol ORG o el revestimiento de lámina resistente a los ácidos PYROFLEX®. Los diseñadores originales creyeron que sólo una capa de papel cerámico empapado en solución de silicato de potasio sería suficiente para este fin.

En discusiones posteriores a la reunión, se descubrió que la fuga de ácido en uno de los intercambiadores de calor habria sido producida por una liberación incontrolada de energía. Durante la puesta en marcha de la planta de ácido, los instrumentos de la sala de control nunca mostraron una disminución del valor del pH en el circuito de agua de refrigeración del intercambiador de calor y, por tanto, la planta nunca se habría apagado.

KMT explicó a los ingenieros del fabricante original la idea de inyectar resina en el intersticio entre el ladrillo y la carcasa de acero de la torre de absorción intermedia que había sufrido los daños. En ese momento, no estaban convencidos de que una inyección de resina pudiera ser la solución. Les preocupaba el nivel de resistencia al ácido de la resina en un entorno tan duro y la incertidumbre de cómo funcionaría la interacción de la carcasa de acero y el revestimiento de ladrillo con una capa intermedia de resina endurecida. La opinión de KMT sobre la implicación estructural era que el material de inyección, una vez solidificado, crearía un sistema estructural combinado con el ladrillo. Como la inyección se ejecutaría a temperatura ambiente, el vacío entre el ladrillo y el acero sería el máximo y se llenaría de resina, dejando muy poco o ningún espacio entre la caparazón y el ladrillo. Al calentarse durante el funcionamiento, la expansión térmica crearía una carga de compresión anular sobre el ladrillo y una carga radial del ladrillo sobre la carcasa, cerrando cualquier vacío. Esto reduciría la posibilidad de que el ácido fluyera en este intersticio y causara daños en la coraza.

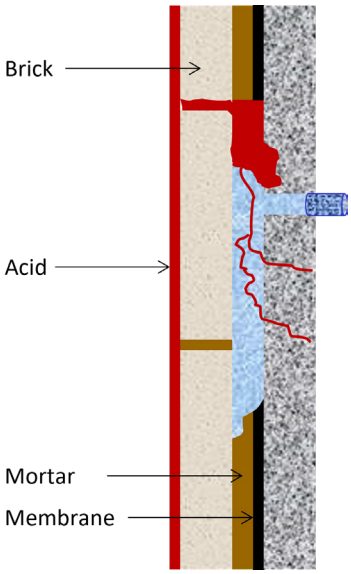
Para comprobar el alcance de los daños, Noracid realizó varias mediciones al grosor de las placas y detectó una reducción del grosor del acero en varias zonas del armazón de acero. En las zonas en las que detectaron una reducción del grosor, se soldaron placas de acero sobre el revestimiento que se estaba adelgazando para reducir la posibilidad de fugas y una mayor inestabilidad estructural. Aunque la estabilidad estructural era menos preocupante, las fugas continuaron, por lo que esta solución se consideró un éxito limitado. Noracid acababa de terminar la construcción de la planta de ácido el año anterior y ya había realizado varias reparaciones en la planta de ácido para ponerla en funcionamiento. Ahora estaban presionados para demostrar a sus accionistas que podían esperar la producción y los ingresos asociados lo antes posible. Esto significaba que Noracid necesitaba urgentemente una reparación permanente lo antes posible, y la búsqueda de una solución tenía que empezar de inmediato.

El especialista en ácido sulfúrico de KMT, Matthias Walschburger, había realizado anteriormente inyecciones similares en Turquía, Colombia y México. Él confiaba que, con el diseño de resina adecuado, KMT podría rellenar los huecos creados por el ácido movilizado entre los huecos entre el ladrillo y el acero, deteniendo la degradación de la carcaza.

En cuanto a otras opciones para reparacion de las torres, que van desde la soldadura de una caja de acero al exterior de la coraza y el relleno con silicato de potasio hasta la inyección con Pecora Mastic a través de los puertos de inyección, se pudieron visualizar varias deficiencias para estas técnicas:

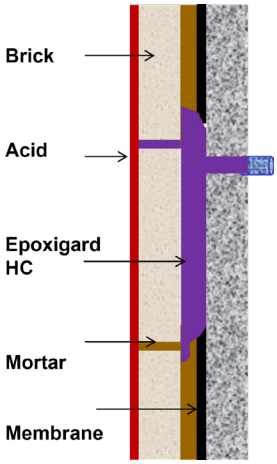
- Intentar detener la corrosión/degradación de la coraza de acero rellenando un cajón de soldadura al exterior de la torre con silicato de potasio y esperando que la gravedad hiciera fluir el silicato de potasio en el hueco creado por la corrosión no funcionaría. El silicato reaccionaría con el ácido, endureciéndose en forma inmediata. El problema es que el silicato no puede alcanzar el interior de la torre. Por el contrario, crea un parche en el exterior, y el ácido empieza a fluir en ese espacio, dañando aún más el revestimiento de acero alrededor del agujero corroído.

Pecora Mastic Injection



- Otra alternativa consistia en inyectar Pecora Mastic en el hueco. Esto debe hacerse a una temperatura elevada con la presencia de disolventes para diluir la Pecora y conseguir la baja viscosidad necesaria para penetrar en el estrecho espacio entre la coraza de acero y el ladrillo. El problema inherente a este tipo de inyección es que los disolventes y flexibilizadores -COV- se evaporan, dejando pequeños canales de evaporación dentro de la resina. Esto no ha resuelto el problema, ya que el ácido puede volver a fluir hacia la capa de acero, continuando el deterioro de la carcasa. Por lo tanto, esta estrategia sólo funcionará durante un periodo limitado. Además, en caso de viento y actividad sísmica, si el material inyectado comienza a agrietarse debido a la pérdida de flexibilizadores, como es común en Chile, esas grietas pueden contribuir a una propagación más rápida del ataque del ácido a la coraza.

EPOXIGARD HC Injection



KMT necesitaba encontrar un tipo de resina para su sistema de inyección que no presentara las deficiencias de las técnicas anteriores: que el ácido endureciera los materiales de inyección inmediatamente o que dejara canales de evaporación cuando reaccionara y se endureciera por completo. La resina ideal debía permanecer fluida al entrar en contacto con el ácido, permanecer elástica, no dejar canales de evaporación tras el endurecimiento y, además, no agrietarse bajo carga. KMT utilizaría la reacción de la resina epoxy, que se vuelve roja al entrar en contacto con el ácido, como indicador para controlar el progreso de nuestra inyección: cuando salía coloreada de los agujeros de aireación se continuaba inyectando resina hasta que salía clara de este agujero de aireación.

Esto significa que el hueco ha sido llenado en su totalidad. Debido a la baja viscosidad, la resina fluirá en todas las direcciones donde encuentre un camino, y es casi imposible limitar la expansión a una sección predeterminada de la torre. Por eso recomendamos inyectar todo el recipiente cuando se utilice este método de reparación. El único problema descubierto fue que después de inyectar algunas torres, la resina que quedaba en el interior de la torre y en contacto con el ácido recién producido cambiaba el color del ácido a un rosa claro. Sin embargo, la coloración no afectaba a la calidad del ácido generado y desaparecía tras varios días de funcionamiento.

KMT empezó a buscar posibles formulaciones de resina disponibles en el mercado, pero no pudo encontrar ninguna que se ajustara a nuestros requisitos de baja viscosidad, 100% de sólidos sin COV y suficiente resistencia a los ácidos. Después de dedicar un tiempo considerable a la investigación y al desarrollo para probar varias fórmulas que resolvieran cada uno de los problemas descritos por el cliente, comenzamos a probar una serie de mezclas de resina que ya habíamos desarrollado para contenedores secundarios de alta resistencia química. A partir de ahí, las modificamos para conseguir la baja viscosidad requerida y desarrollamos una resina epoxi propia de baja viscosidad, alta resistencia química y térmica, y cero COV como material de inyección. Esta resina perdería muy poco, o nada, de sus componentes y no se retraería ni crearía nuevos canales de flujo debido a la evaporación de los COV, creando así una barrera química más duradera.

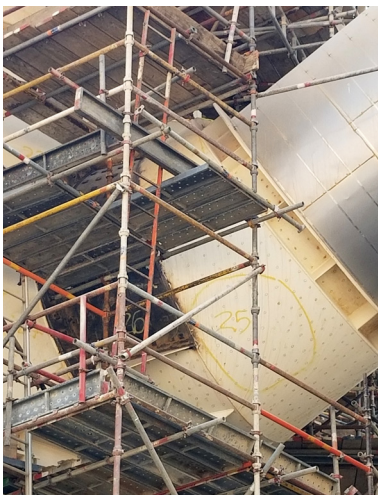
Mientras desarrollaba la formulación, KMT también necesitó crear la tecnología para suministrar esta nueva formulación en el hueco entre el ladrillo y el acero sin causar daños adicionales al revestimiento de ladrillo, como han hecho otros métodos en el pasado. Por lo tanto, desarrollamos un sistema de suministro que utilizaba un mezclador estático y un sistema de boquillas de inyección adecuado para empujar la resina en los huecos del interior de la torre con una presión lo suficientemente alta como para que el material fluyera en los vacíos. Con la combinación adecuada, la fórmula penetraría en las fracturas o grietas de las juntas de ladrillo o mortero evitando un pico de presión que pudiera dañar o desprender el revestimiento de ladrillo.

El método tradicional de premezclar un producto de resina de dos componentes e inyectarlo a través de una olla a presión era una posibilidad, pero al tener que lidiar con un tiempo resina gelada muy breve, la mezcla y la inyección sólo podían hacerse en lotes pequeños. Esto provocaría una pérdida adicional de material durante el proceso de inyección y alargaría innecesariamente el tiempo de parada. El

reto consistía en encontrar un sistema de suministro que incluyera una bomba de inyección de dos componentes con un volumen de producción suficiente para acortar el tiempo de parada.

KMT comenzó a inyectar sus materiales en las torres con gran éxito mientras seguía buscando formas de mejorar el sistema de inyección. Nos dimos cuenta de que la relación de mezcla utilizando una bomba de inyección eléctrica era inconsistente debido a la rotura de los resortes de accionamiento en las válvulas de bola, lo que necesitaba ser mejorado. Teniendo en cuenta la necesidad de controlar adecuadamente la presión de inyección para que fuera inferior a dos (2) bares al entrar en la torre, empezamos a investigar diferentes equipos de inyección disponibles en el mercado. Encontramos una bomba de inyección de accionamiento neumático que era capaz de controlar la presión de inyección, suministrar un volumen de inyección adecuado y tener la ventaja de manejar las proporciones de resina y endurecedor de forma consistente.

El primer enfoque de KMT para suministrar resina en la zona vacía de las torres consistio en usar empaquetadores: un tubo hueco roscado con un manto de manguera de goma alrededor de un conjunto de arandelas y tornillos en cada extremo que, cuando se aprieta, comprime la manguera de goma forzándola a expandirse en el agujero. Durante los procedimientos posteriores, llegamos a la conclusión de que esta solución era más eficaz para los casquillos de acero más gruesos. El empacador podía tener un número de hilos adecuado para un agarre suficiente en la cáscara, de modo que no fuera expulsado durante la inyección. Sin embargo, con los cascos de acero delgados en los que se diseñaron las plantas de ácido, tuvimos que recurrir a una solución con un puerto de vaciado roscado.



Noracid quería tener el material inyectado en su torre rápidamente para cumplir con sus ajustados plazos, por lo que KMT envió el nuevo producto por avión a Chile antes de finales de 2013.

Noracid ya había construido el andamio alrededor de la torre buscando otras formas de ahorrar tiempo. Una vez en el lugar, KMT estaba lista para empezar a sondear la torre, marcar las regiones huecas detrás de la coraza de acero y perforar los puertos de inyección. El proceso de inyección se inició desde la parte inferior de la torre hasta la parte superior. En diez días, habíamos rellenado los huecos detectados previamente por el sondeo, y la planta se puso en marcha poco después. Con gran expectación, el personal de la planta esperó a ver cómo funcionaba la resina y durante cuánto tiempo, ya que la torre se había deteriorado mucho.

Siempre habrá algunas zonas a las que la resina no llegue durante la inyección inicial, pero los puntos huecos y/o las fugas recién

encontradas pueden repararse fácilmente durante una visita de seguimiento. Noracid pidió a KMT, cuatro meses más tarde, que realizara algunos retoques menores en algunos puntos de inyección, los que pudimos completar en dos días.

Hasta la fecha, no hemos inyectado una torre en condiciones de funcionamiento. Determinamos que sería demasiado peligroso para los operarios realizar una inyección, ya que el ácido podría salir a alta presión al perforar los puertos en la coraza, con el consiguiente riesgo de daños graves. Las torres que trabajan bajo presión negativa -succión- pueden ser inyectadas. Sin embargo, debido a los riesgos de seguridad asociados, no realizaremos esta tarea. Siendo la seguridad la máxima prioridad, siempre se recomienda que las torres estén inactivas durante las actividades de inyección.

La noticia de este nuevo método de reparación viajó rápidamente por las empresas productoras de ácido con plantas de ácido en Chile, incluyendo a Codelco Ventanas, que había contactado con KMT ese mismo año solicitando una reparación por inyección. Al año siguiente, Codelco Altonorte fue uno de los clientes que solicitó inyecciones similares. Otros mercados notaron los excelentes resultados y el trabajo de desarrollo que KMT había realizado, y esta tecnología se expandió a la industria de la pulpa y el papel, al mercado del ácido fosfórico y a otras aplicaciones de ácidos mixtos. Hemos realizado este trabajo en múltiples países de todo el mundo, como Chile, México, Corea, Filipinas, Australia, Perú, Brasil y Estados Unidos, por nombrar algunos.

Hace tres años, la papelera chilena CMPC nos pidió que inyectáramos sus dos torres de blanqueo. Esta aplicación requería un sistema diferente a base de resina: un éster de vinilo para el que KMT había

estado completando el trabajo de investigación y desarrollo para su implementación. Se nos pidió que inyectáramos dos torres de blanqueo de 7,3 m de diámetro por 60 m de altura. Debido al corto plazo de entrega, establecimos un programa de inyección utilizando cuatro bombas de inyección trabajando en paralelo. Debido al gran volumen que había que inyectar, este trabajo se dividió en dos inyecciones separadas que se ejecutaron a lo largo de dos turnos planificados.

En conclusión, una reparación teórica a corto plazo para conseguir que un cliente tenga unos meses de servicio para una torre que experimentó un evento significativo (liberación incontrolada de energía) ha estado en funcionamiento durante más de ocho (8) años. De hecho, la torre sigue en funcionamiento, se supervisa anualmente y no muestra ningún signo de deterioro que justifique su sustitución.

Durante la Conferencia del Azufre 2019 en Houston, nos reunimos con el director de la planta de Noracid, Cristian Roempler, y con uno de los propietarios. Durante esta conversación, confirmaron que la solución de KMT ha sido más de lo que esperaban en un principio y les ha ahorrado la instalación de una nueva torre. Enviamos un cuestionario a Noracid para obtener información adicional sobre el rendimiento de nuestra solución de inyección.

KMT planteó al equipo de Noracid las siguientes preguntas:

- ***¿Había considerado Noracid un método de reparación alternativo antes de contactar con Knight Material Technologies?***

  Noracid: "Habiamos evaluado un cambio parcial del revestimiento de ladrillo y de la carcasa de acero. Soldamos varios parches en el exterior de la torre, lo que en este caso no supuso ningún problema, ya que la protección contra el ácido instalada era un papel cerámico empapado en silicato de potasio. Estos intentamos rellenarlos con masilla.

  Durante la Conferencia sobre el Azufre de la CRU en Berlín, nos enteramos de este concepto o idea de hacer una inyección de resina en la torre y nos entusiasmamos con esta alternativa. Más adelante, la pusimos en práctica durante la próxima parada principal a principios del año 2014.

  Al principio, no estábamos seguros del resultado, ya que no teníamos mucha experiencia con el método de inyección, pero ante la alternativa de sustituir la torre o darle algunos meses más de servicio antes de decidir cambiarla, optamos por esta estrategia.

  La inyección se realizó sin contratiempos y pudimos poner en marcha nuestra planta.

  KMT siempre ha hecho un seguimiento de nuestras peticiones y ha prestado un servicio bien preparado que, con el tiempo y con cada ciclo de inyección, se ha hecho más eficaz a la hora de tratar los nuevos puntos de fuga.

  La torre sigue en servicio después de 8 años sin mayores inconvenientes y hemos realizado mediciones del espesor de la coraza de acero durante este periodo y no hemos detectado ninguna pérdida de espesor hasta el momento.

  Nunca esperamos que esta reparación fuera una solución definitiva a nuestro problema, pero resultó ser una reparación definitiva en nuestro caso. Esperábamos que fuera una solución provisional de corta duración para poder construir una nueva torre. Con el paso de los años, Knight Material Technologies KMT se ha vuelto más eficiente a la hora de implementar mejoras en la tecnología, y nos gustaría recomendarles que encontraran una solución más definitiva para el sellado final de los agujeros de inyección".

- ***¿Ha habido algún terremoto importante en la zona de Mejillones que haya podido afectar al funcionamiento de la torre?***

  Ha habido varios terremotos, pero sin grandes repercusiones relacionadas con el funcionamiento de la torre. Hasta ahora no hemos tenido ningún terremoto importante y tampoco efectos adversos.

Viendo el éxito y la necesidad de reforzar la resistencia de la torre, KMT ha estado desarrollando puertos de inyección y métodos de sellado final más sofisticados para proporcionar una mejora continua al proceso de inyección de la torre y su rendimiento.

Para más información, póngase en contacto con Enrique Castro en enrique.castro@knightmaterials.com. Para obtener información sobre los productos y soluciones de Knight, visite www.knightmaterials.com