

## Un debate sobre el ácido en los sistemas de refrigeración

*Por Lawrence R. Grzyll, maestría en Ciencias, ingeniero químico, y el Dr. Robert P. Scaringe, ingeniero profesional.*

Mainstream Engineering Corporation  
Rockledge, Florida 32955

El desarrollo de ácidos en el refrigerante de los refrigeradores de compresión a vapor, las bombas de calor y los aires acondicionados puede acortar de forma rigurosa la vida útil del compresor y el refrigerante. Estos ácidos se pueden formar por reacciones químicas con los componentes y/o materiales de construcción, los aceites lubricantes, y/o las impurezas. La inestabilidad del refrigerante, y por lo tanto la formación de ácidos, se acelera por las temperaturas elevadas que pueden ser el resultado de un funcionamiento inadecuado, como un ventilador del condensador que no funciona bien o aire atascado en la trayectoria del flujo. Una recomendación común de mantenimiento es controlar si hay ácido en el sistema, ya que las condiciones ácidas se pueden limpiar antes de que el motor de un compresor se destruya por sobrecalentamiento.

Puede controlar si hay ácido en el aceite (con cualquier equipo de pruebas de aceite en el mercado), o puede controlar si hay ácido en el refrigerante con TotalTest™ de Carrier o QwikCheck® de Mainstream. Se recomienda la prueba de ácido de 5 segundos QwikCheck de Mainstream para el refrigerante, ya que es precisa, rápida y económica. Detectará los niveles de ácido mucho antes de que lleguen a una concentración nociva. La prevención de la acumulación de ácido es el mejor mantenimiento preventivo. QwikCheck funciona con todos los refrigerantes y aceites, y no dará una lectura falsa cuando se use con aceites POE (de éster). La capacidad de QwikCheck de proporcionar una lectura precisa con cualquier aceite es crucial, ya que es posible que usted no conozca el tipo de aceite en un sistema. Muchos equipos de pruebas de ácido en el aceite dan una lectura falsa del ácido con los aceites POE de éster, debido a que el aceite se comporta como un ácido para el equipo de pruebas (es decir, el aceite éster muestra propiedades anfóteras). Este es el motivo por el que algunos fabricantes de equipos de pruebas de ácido en el aceite cuentan con un equipo para los aceites minerales y otro equipo de pruebas diferente para los aceites POE. Si se detecta una concentración de ácido pequeña, este ácido se debe eliminar, no neutralizar, antes de que se dañe el sistema. Esto se analiza más adelante en este artículo.

Si un compresor se destruye por sobrecalentamiento, el aceite se vuelve muy ácido. Si todo este ácido no se elimina cuando se reemplaza el compresor, los niveles elevados de ácido atacarán el compresor nuevo y provocarán otra destrucción por sobrecalentamiento del motor del compresor. La limpieza del ácido implica, por lo general, cambiar el aceite del compresor y el refrigerante para reducir el nivel de ácido (y cambiar el compresor hermético o semihermético si se destruyó por sobrecalentamiento). Por desgracia, la eliminación del aceite que se encuentra en el compresor no elimina todo el ácido del sistema, ya que el refrigerante que fluye transporta el ácido por todo el bucle de compresión a vapor y, por lo tanto, el aceite ácido o su residuo se encuentra en todo el sistema. Se ha demostrado que este ácido residual acorta la vida útil del sistema, debido a que acelerará la formación de ácido en el sistema. Esto ha sido respaldado por evidencia experimental según la cual tras una destrucción por sobrecalentamiento, la frecuencia de destrucciones por sobrecalentamiento posteriores aumenta.

El debate sobre los tipos de ácido presentes en el sistema es necesario para comprender por completo el proceso de eliminación de ácido. Según el refrigerante y el aceite que se usen, un sistema de refrigeración puede contener dos tipos de ácidos: ácidos orgánicos (como el ácido oleico) y ácidos

inorgánicos (minerales), como el ácido clorhídrico. Los ácidos orgánicos son solubles en el aceite (y no se evaporan) y, por lo tanto, permanecen principalmente en el aceite líquido del cárter del aceite del compresor. Los ácidos inorgánicos son muy poco solubles en el aceite. Los ácidos orgánicos son mucho menos corrosivos, y solo se encuentran en el aceite éster o en sistemas con un oxidante fuerte o con altas temperaturas. Por lo tanto, los ácidos orgánicos se encuentran en concentraciones considerables con muy poca frecuencia en los sistemas de aire acondicionado de hoy en día.

Tanto los ácidos inorgánicos como los orgánicos son corrosivos. Sin embargo, los ácidos inorgánicos tienen una constante de disociación más alta que los hace fuertes y muy reactivos, mientras que los ácidos orgánicos reaccionan mucho más lento. En el caso de los aceites minerales, la temperatura elevada provoca que el aceite finalmente se descomponga, y los productos finales son carbono y gas hidrógeno. Los ácidos orgánicos solo se pueden formar en presencia de un oxidante, como oxígeno o aire. En el caso de los aceites POE, el ácido orgánico puede estar presente al inicio (hasta 8 ppm) como un residuo del proceso de fabricación de esterificación que se usa para fabricar aceite éster. Por lo tanto, queda claro que el verdadero problema de ácido en los sistemas de refrigeración o aire acondicionado es un problema de ácido inorgánico y no de ácido orgánico.

Durante una destrucción por sobrecalentamiento de un motor de un compresor, se forman ácidos inorgánicos como resultado de la descomposición del refrigerante a temperaturas elevadas. Estos ácidos inorgánicos que se forman son muy poco solubles en el aceite. Una parte significativa de los ácidos inorgánicos generados durante la destrucción por sobrecalentamiento del motor del compresor permanece en la fase de vapor y reacciona rápidamente con los materiales de construcción o se absorben en el filtro o el secador. Los experimentos han demostrado que la cantidad de vapor con ácido inorgánico disminuye un 85% en cuestión de horas. Sin embargo, los experimentos también han demostrado que el aceite también contiene una cantidad de ácido inorgánico considerable (más que suficiente como para destruir otro compresor). La concentración de ácido retenido en el aceite es mayor que la cantidad que simplemente se disolvería en el aceite (recuerde que la solubilidad de los ácidos inorgánicos es baja). Este aumento en la concentración de ácido es una combinación del ácido disuelto en el aceite, el ácido retenido en el aceite debido al espumado y la agitación del aceite, el ácido disuelto en la humedad retenida, y el ácido absorbido por las partículas sólidas presentes en el aceite. Se ha demostrado que este ácido inorgánico permanece en el aceite durante un tiempo muy largo y que está en contacto con los componentes del compresor, incluso los devanados del motor. El ácido inorgánico en el aceite decapará el aislante de laca del cable, lo que provocará que el devanado del motor haga un cortocircuito eléctrico, y dará como resultado la posterior destrucción por sobrecalentamiento del motor. Se ha descubierto que una concentración de ácido de 50 ppm puede provocar la destrucción por sobrecalentamiento del motor del compresor en cuestión de días.

Una forma de eliminar el residuo ácido de todo el sistema es realizar varios enjuagues del sistema de compresión a vapor con refrigerante, ya que el refrigerante disolverá el aceite, y reducirá las concentraciones de aceite y ácido mediante la disolución. Debido a los requisitos de recuperación de refrigerantes de la EPA, esta es una tarea costosa y que lleva tiempo, y el costo del refrigerante usado en la operación de enjuague no es insignificante.

Un enfoque alternativo inaceptable es neutralizar el ácido mediante la reacción del ácido con una solución básica (una base sólida disuelta en un medio líquido), que da como resultado la formación de sales no deseadas como consecuencia de la neutralización. Los enfoques típicos de neutralización consisten en neutralizar el ácido con una base, como hidróxido de potasio (KOH). Estas bases son sólidas y se disuelven en un solvente sin agua. En dicha reacción, el ácido y la base se combinan para formar una sal cáustica metálica y agua. Mientras que el filtro o el secador pueden eliminar el agua del sistema, la sal permanece retenida en el sistema y puede causar problemas. Debido a que la sal es sólida, no se evaporará; en su lugar, permanecerá en el sistema y generará corrosión.

Otro problema de la neutralización del ácido es la adición de la cantidad adecuada de base. Muy poca base hará que el refrigerante aún sea ácido, y demasiada base hará que el refrigerante sea básico. Un entorno ácido o básico generará corrosión y hará que la vida útil del compresor sea más corta (destrucción por sobrecalentamiento).

Otro problema de la reacción por neutralización es que los materiales que se neutralizan son sólidos y se deben disolver en un medio solvente líquido o que se encuentre físicamente en el flujo del sistema de compresión a vapor. La base no se puede evaporar y, por lo tanto, el transporte de la base por todo el

sistema, aunque esté disuelta en un solvente líquido, está severamente limitado. Algunos fabricantes de neutralización de ácido han propuesto que la solución por neutralización se debe introducir en la descarga del compresor, para que se vea forzada a pasar por el condensador, el filtro o secador, la TXV y el evaporador, antes de quedar retenida en el suministro de aceite del compresor. Explican que, de ese modo, la solución por neutralización líquida se ve forzada a circular por todo el sistema antes de quedar retenida en el aceite del compresor. Sin embargo, la expansión instantánea del vapor en la TXV también puede provocar que el solvente se evapore y deje un sedimento del material de base sólida, como KOH, que atascará la TXV. Aunque la solución básica pase a través de la TXV, es probable que el solvente se evapore en el evaporador y deje un material básico sólido en este.

Toda reacción por neutralización ácida dará como resultado la formación de un residuo de sal; es química básica y no se puede cambiar. Algunos han propuesto el uso de bicarbonato de sodio como base, pero esta reacción de base ácida producirá una sal y también gas de dióxido de carbono (un gas incondensable no deseado).

Finalmente, estas técnicas de neutralización ácida SOLO se pueden aplicar a aceites minerales o a aceites alquilbencenos. Esto se debe a que el aceite POE de éster posee propiedades anfóteras que hacen que el aceite se comporte como una base en presencia de un ácido y viceversa. Como consecuencia, la base agregada reaccionará con el aceite éster.

Una forma aceptable de eliminar el ácido es liberarlo del líquido y de las superficies sólidas que contienen el ácido, y dejar que el filtro o secador del sistema elimine el ácido. El filtro o secador hace un excelente trabajo al eliminar el ácido mediante la absorción, y no mediante la neutralización. El problema de dejar que el filtro o secador elimine el ácido es que la parte significativa de ácido que se encuentra retenida en las superficies sólidas y en el aceite nunca llega al filtro o secador para que este los elimine.

Después de una sustitución por la destrucción por sobrecalentamiento del compresor, habíamos medido concentraciones muy altas de ácidos inorgánicos (considerablemente mayores a 200 ppm) en el aceite del compresor nuevo. En teoría, este ácido inorgánico no es muy soluble en el aceite. Sin embargo, queda retenido en el aceite y/o se absorbe en la superficie de las partículas sólidas que están presentes en el sistema (como resultado de la destrucción por sobrecalentamiento del motor). En algunos casos, este ácido también se disuelve en el agua que queda retenida en el aceite. Generalmente, el aceite POE tiene niveles de agua mucho más altos que otros aceites refrigerantes. No se ha demostrado que la agitación del aceite libere este ácido retenido. Para demostrar esto, se revolvió de manera enérgica una muestra de aceite con un valor de acidez inicial de 133 ppm (ácido inorgánico) durante 32 horas con un mezclador magnético. La acidez disminuyó un 45 por ciento a 73 ppm. Aunque esto puede parecer una disminución significativa, se debe señalar que el compresor se hubiese destruido por sobrecalentamiento en menos de 33 horas de funcionamiento a este nivel de acidez. Por lo tanto, el compresor fallaría (se destruiría por sobrecalentamiento) antes de que se pudiera eliminar de forma natural del aceite la cantidad suficiente de ácido, aunque el compresor agitara el aceite tanto como en este experimento. Sin embargo, si el ácido inorgánico retenido se pudiera liberar del aceite (así como de las superficies ácidas) en un tiempo razonable (y se evaporara), el filtro o secador existente en el sistema eliminaría este ácido. QwikShot funciona liberando el ácido retenido del aceite y de las superficies contaminadas con ácido. QwikShot también hace que se evapore para que viaje por todo el sistema. El experimento de agitación del aceite ácido se repitió, solo que esta vez se agregó QwikShot al aceite antes de revolverlo. Después de 20 minutos, QwikShot eliminó el ácido del aceite por completo (100%). El filtro o secador ordinario en el sistema de compresión a vapor absorberá el ácido liberado y el QwikShot.

Idealmente, el QwikShot se debe introducir en el cárter del aceite del compresor para que se pueda mezclar bien con el aceite durante la lubricación del compresor. Las concentraciones del aceite QwikShot son menores que el 1% y no afectarán las propiedades de lubricación del aceite. La mezcla de QwikShot con el aceite sirve para disolver y liberar el ácido del aceite y de las superficies ácidas. El QwikShot y el ácido se evaporan (por lo que salen del aceite) y circulan por el sistema, donde se absorben en el filtro o

secador (funcionan los filtros o secadores de tamiz molecular, carbono o alúmina activa). El resultado neto es que el ácido se elimina y no queda ningún residuo en el sistema, ya que el filtro o secador absorbe tanto el ácido como el QwikShot. Las tablas de dosis de QwikShot están formuladas para que el QwikShot no agote la capacidad total del filtro o secador y deje alrededor de la mitad de la capacidad del filtro o secador para la futura limpieza de agua o ácido.

Al usar QwikShot, se puede eliminar a fondo el ácido de un sistema sin dejar ningún residuo. Esto ha sido demostrado por el experimento. En el primer experimento analizado, QwikShot se introdujo en el aceite ácido de un sistema R-22. Estas pruebas se repitieron con y sin un filtro o secador en el sistema. Recuerde que el rendimiento de QwikShot depende del uso del filtro o secador para eliminar el ácido liberado y el QwikShot del sistema. Los resultados de las pruebas se presentan en las Figuras 1 a 3.

Al consultar la Figura 1, que muestra el QwikShot en el vapor del sistema R-22, queda claro que el QwikShot se dirige a la fase de vapor, a medida que libera el ácido del aceite del compresor. Sin embargo, si no hay un filtro o secador, el QwikShot permanecerá en el sistema y, con el tiempo, alcanzará el equilibrio, lo que significa que el QwikShot ya no se podrá evaporar y la liberación de ácido se detendrá. Esto también se ve respaldado por la Figura 2, que muestra la disminución de QwikShot en el aceite. Tenga en cuenta que al usar el filtro o secador, se elimina más del 60 por ciento de QwikShot del aceite en menos de 6 minutos (0,1 hora).

Sin embargo, la cuestión clave es la eliminación del ácido, y estos resultados se muestran en la Figura 3. Al consultar la Figura 3, se puede ver que cuando se usa un filtro o secador, se elimina alrededor del 7% del ácido en menos de 6 minutos (0,1 hora), y casi el 18% se elimina después de 1,5 horas. Lo que no se muestra en la Figura es que la eliminación de todo el ácido del sistema tarda aproximadamente entre 12 y 16 horas. También tenga en cuenta que sin el filtro o secador, la eliminación del ácido es mucho más lenta. El filtro o secador se debe cambiar siempre que se agregue QwikShot al sistema. Como se muestra en la Figura 3, si no se cambia el filtro o secador cuando se agrega QwikShot, la eliminación del ácido puede ser 3 veces más lenta y es posible que la eliminación completa del ácido no se logre.

El experimento antes descrito se repitió en un sistema R-134a. Estos datos se presentan en las Figuras 4 a 6. Los resultados son similares a los del R-22, pero el QwikShot eliminó mucho más ácido en 1,5 horas en el sistema R-134a (Figura 6).

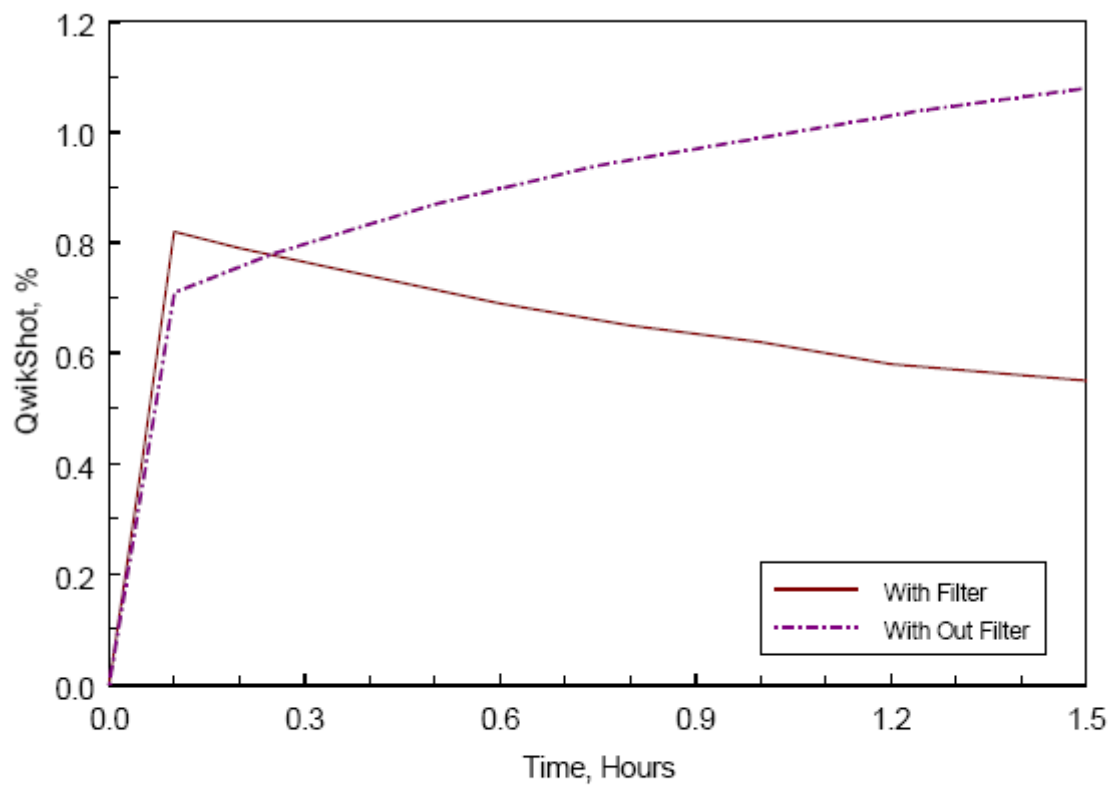


Figure 1. QwikShot in the Vapor of an Operating R-22 System

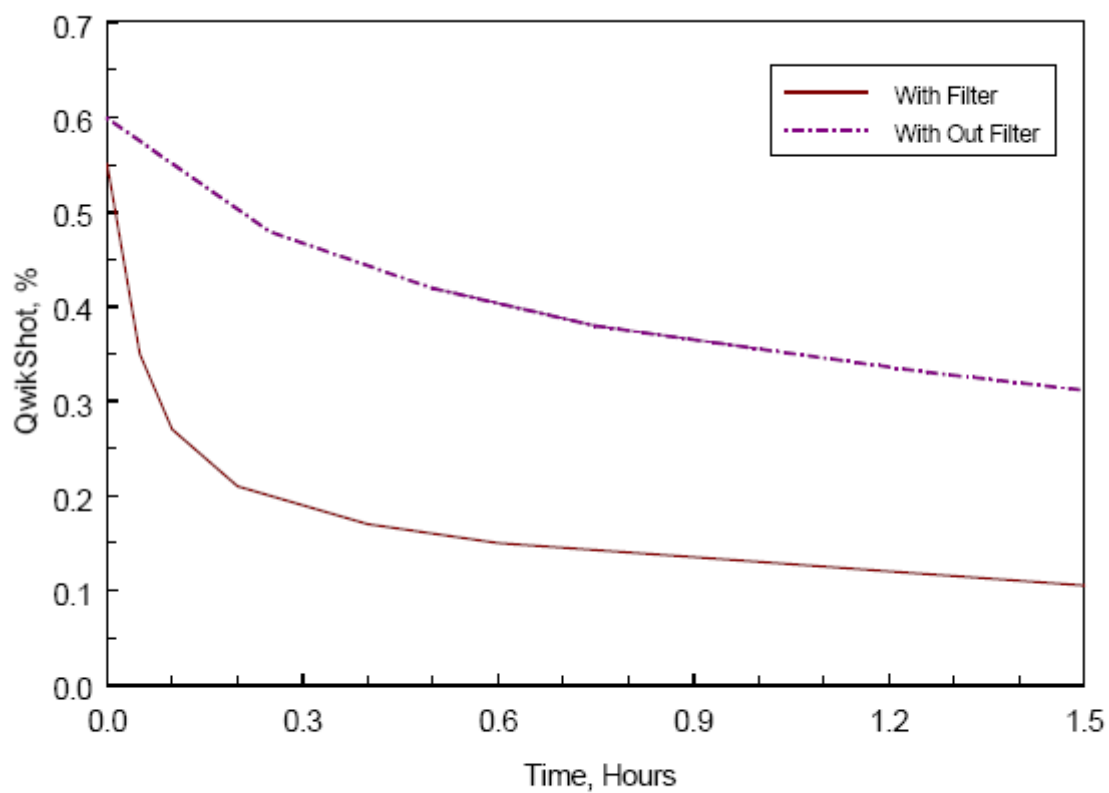


Figure 2. QwikShot in the the Compressor Oil of an Operating R-22 System

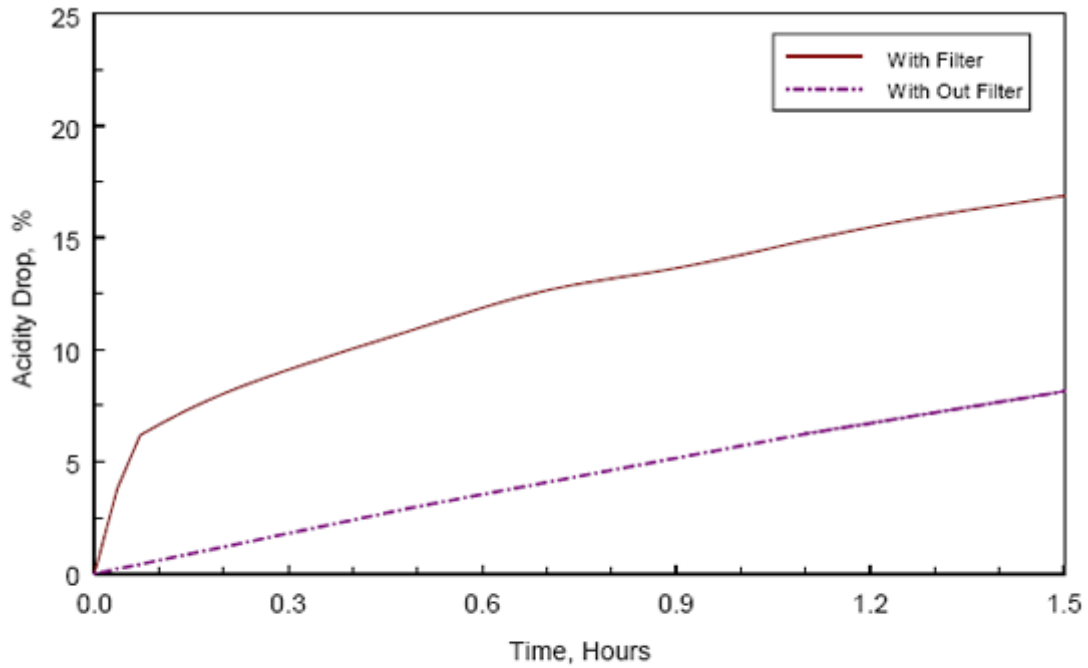


Figure 3. QwikShot Effect on the Acidity of an Operating R-22 System

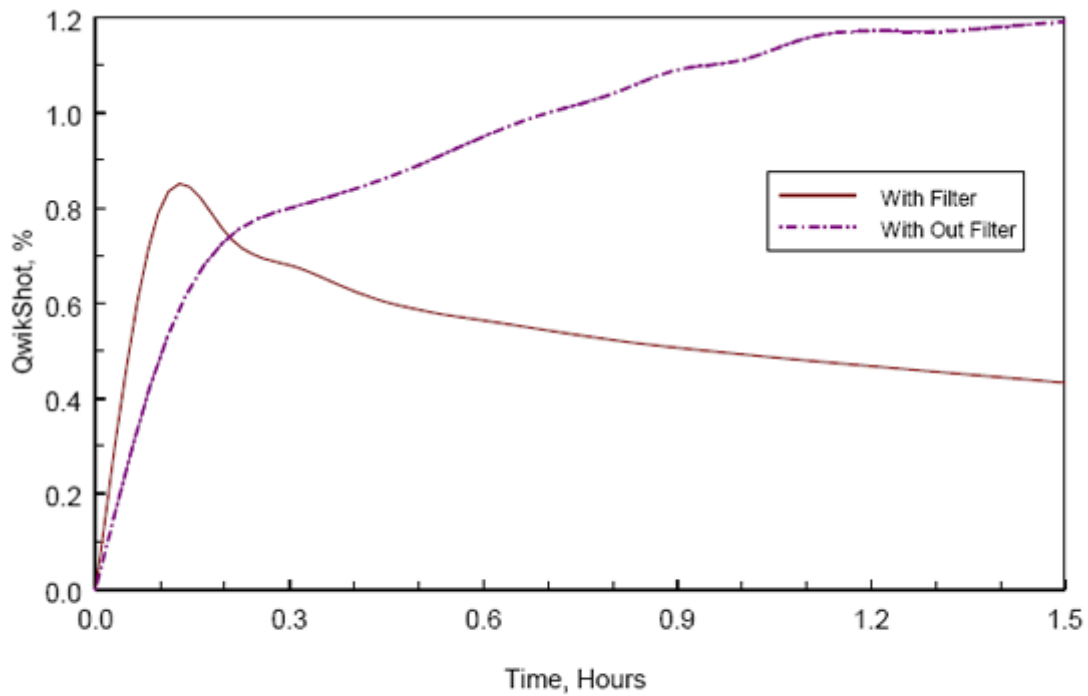


Figure 4. QwikShot In the Vapor of an Operating R-134a System



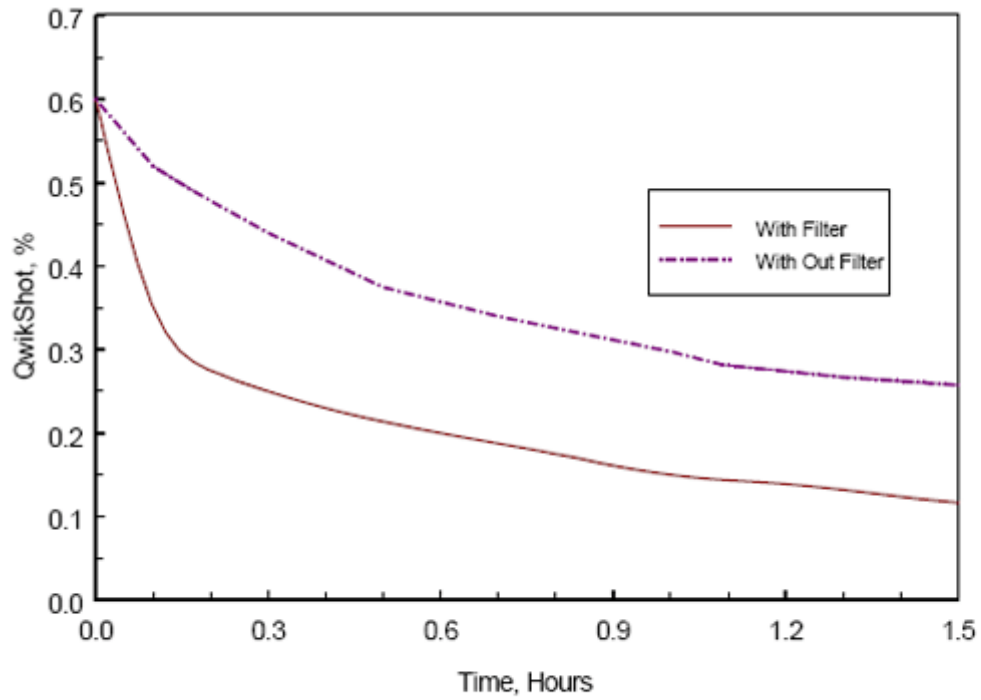


Figure 5. QwikShot In the Compressor Oil of an Operating R-134a System

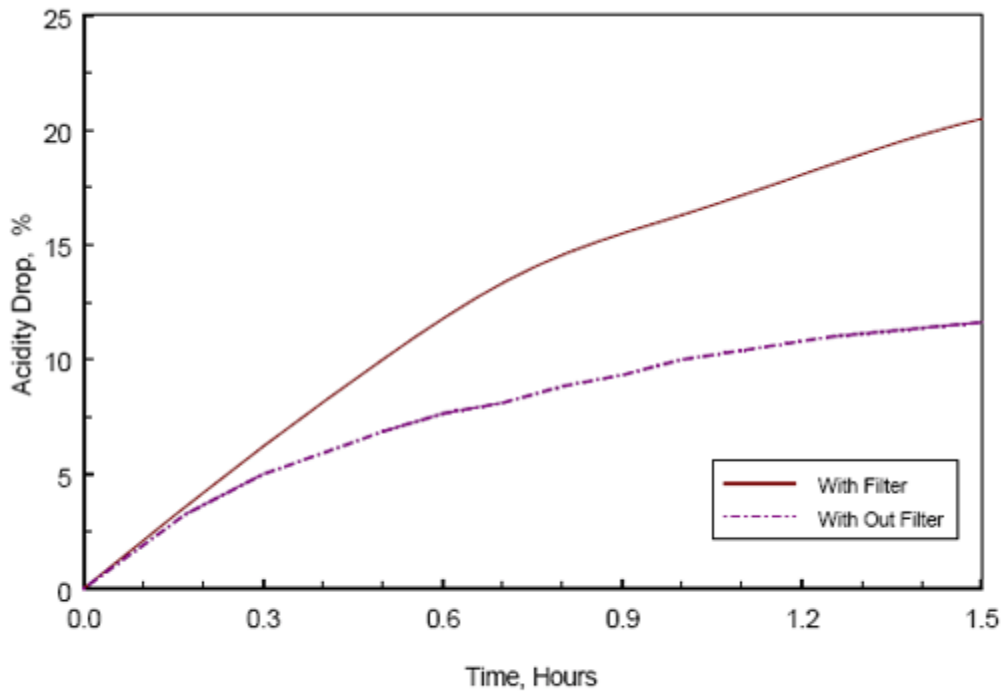


Figure 6. QwikShot Effect on the Acidity of an Operating R-134a System

La ventaja de este enfoque patentado de QwikShot de liberar el ácido es que no hay reacción por neutralización ácida y, por lo tanto, no hay formación de un residuo sólido y corrosivo de sal cáustica. Esta innovadora tecnología de proporcionar esta liberación de ácido solo está disponible con el QwikShot fabricado por Mainstream Engineering Corporation. Recuerde que al usar QwikShot, el filtro o secador no solo elimina el ácido del sistema, sino también el QwikShot. El tratamiento de ácido QwikShot no deja ningún residuo en el sistema.