



**GUÍA DE USO, INSPECCIÓN, CUIDADO Y
PRUEBAS PERIÓDICAS DE CILINDROS
COMPUESTOS WI**

CONTENIDO

PAUTAS	1
HOJA DE MODIFICACIONES	2
ALCANCE	3
INTRODUCCIÓN	3
INSPECCIÓN DE LOS CILINDROS	4
DESCRIPCIÓN DEL CILINDRO	4
ETIQUETA DEL CILINDRO DEL FABRICANTE	5
INSPECCIÓN PREVIA AL LLENADO	6
Preparación para la inspección previa al llenado	6
Inspección externa	6
USO DEL CILINDRO	6
Llenado del cilindro	6
Gases aprobados	8
Aire comprimido	8
Oxígeno	8
Retirada e inserción de la válvula	9
Retirada de la válvula	9
Inserción de la válvula	9
DAÑO EXTERNO	10
Niveles de daño	10
Tipos de daños y criterios de aceptación	12
Daño por abrasión	12
Daño por corte	13
Daño por impacto	14
Deslaminación	15
Daño por calor o fuego	16
Daño estructural	17
Ataque químico	17
Etiqueta ilegible	18
Otros daños	18
Defectos en el cuello	18
Defecto en la base	18
Fisura delgada en la etiqueta	19
Decoloración de la resina	19
PRUEBAS PERIÓDICAS	20
Preparación para la inspección de prueba periódica	20
Inspección externa	20
INSPECCIÓN INTERNA	21
REPARACIONES	22
DESTRUCCIÓN	24
PRUEBA DE PRESIÓN HIDROSTÁTICA	24

CONTENIDO

Procedimiento de la prueba de expansión volumétrica	25
Procedimiento de la prueba de expansión volumétrica - Camisa sin agua	27
Procedimiento de la prueba de presión.	27
DURACIÓN DEL DISEÑO DEL CILINDRO	28
MARCADO DE LOS CILINDROS.	28
OPERACIONES FINALES	28
Secado y limpieza.	28
Volver a pintar.	29
Penetración de la superficie.	29
Pintado	29
Curado de la pintura	29
Otros.	29
REFERENCIAS	30

PAUTAS

La información contenida en estas pautas se obtuvo de fuentes que se consideran confiables y se basa en información técnica, experiencia y reglamentaciones disponibles actualmente de Worthington Industries (y sus subsidiarias Structural Composite Industries [SCI], EFI Corporation, EFIC Ltd.), la Agencia Ejecutiva para la Salud y Seguridad Británica, el Instituto de Normas Británico (BSI), CEN, ISO y otras fuentes.

Las pautas proporcionadas en el presente no pretenden ser exhaustivas y se proporcionan para ayudar al personal adecuadamente capacitado en la operación segura, la inspección, las pruebas periódicas y el sistema de válvulas de los cilindros compuestos Worthington. El uso de estas pautas no debe crear ni generar ninguna responsabilidad a Worthington.

No obstante, podrían existir situaciones que pueden estar fuera de la experiencia actual de la compañía y por lo tanto no están incluidas en este documento. Se debería contactar con Worthington, la autoridad de aprobación nacional o una agencia de reiteración de pruebas aprobada por el gobierno para recibir una guía si surge cualquier duda con respecto a la condición de un cilindro. Si dicha consulta no es posible, el cilindro debe ser rechazado.

Debe tenerse en cuenta que estas pautas no deben usarse para inspeccionar cilindros compuestos de ningún otro fabricante.

Puede comunicarse con Worthington en las siguientes direcciones

AMÉRICA DEL NORTE

Worthington Industries
336 Enterprise Place
Pomona, CA 91768-3268 EE. UU.

Tel.: +1 909 594 7777

Fax: +1 909 594 3939

www.worthingtonindustries.com/SCBA

EUROPA

Worthington Industries
Correo electrónico:
sciEUsales@worthingtonindustries.com

HOJA DE MODIFICACIONES

PUBLICACIÓN	NÚMEROS DE PÁGINA	FECHA
1	Documento EFIC completo	Julio de 1996
2	Documento SCI completo	Agosto de 1999
3	Páginas 1, 2, 17, 21, 24 y 26	Agosto de 2006
4	Portada	Mayo de 2010
5	Daño externo, §8	Julio de 2010
6	Todo	Junio de 2016
7	Todo	Marzo de 2017

ALCANCE E INTRODUCCIÓN

ALCANCE

Estas pautas están dirigidas a personal adecuadamente capacitado a fin de ayudarlo a llevar a cabo de forma segura la operación, sistema de válvulas, inspección y pruebas periódicas de los cilindros compuestos Worthington, fabricados para aprobar las especificaciones, normas y aprobaciones nacionales.

Estas especificaciones se refieren al diseño y la fabricación de cilindros compuestos, fabricados con una camisa de aleación de aluminio sin uniones, totalmente envueltos con fibras de alto rendimiento en una matriz de resina epoxi. Estas fibras incluyen: Vidrio, Kevlar®, carbono y también mezclas híbridas de Kevlar®/vidrio y carbono/vidrio.

INTRODUCCIÓN

La tecnología de los cilindros compuestos fue desarrollada por la industria aeroespacial para los propulsores de cohetes y otros recipientes presurizados en la década de 1960. Los cilindros de gas propiamente dichos se introdujeron por primera vez en aplicaciones comerciales en los EE. UU. a mediados de la década de 1970.

Las compañías han estado fabricando recipientes presurizados de compuesto desde principios de la década de 1970 y actualmente hay alrededor de 2 millones de cilindros compuestos SCI y 750.000 EFIC en servicio en todo el mundo con un registro de seguridad ejemplar. No obstante, EFIC detuvo la producción a fines de 1998, después de su adquisición por SCI. Worthington Industries adquirió SCI y sus subsidiarias en 2009.

Toda la gama de cilindros compuestos de Worthington está aprobada para su uso en: Estados Unidos, Canadá, Japón, Reino Unido, Alemania, Suiza, Dinamarca, Holanda, Bélgica, Finlandia, Noruega, Suecia, Austria, República Checa y Eslovaquia, Polonia, Australia y Nueva Zelanda y otros países de todo el mundo. Cada país tiene su propio conjunto de requisitos y especificaciones para los cilindros y sus pruebas. Se debería contactar con Worthington o con una organización oficial si surgen preguntas sobre los requisitos específicos para un país en particular. En 2003, las Directivas Europeas se convirtieron en ley y ahora Worthington tiene las aprobaciones tipo EC tanto en la Directiva de Equipos de Presión como en la Directiva de Equipos de Presión Transportables.

Los estrictos procedimientos de garantía de calidad de Worthington, junto con su experiencia en la tecnología de diseño de cilindros compuestos, aseguran que los cilindros son de la más alta calidad cuando salen de la fábrica. Por lo tanto, el mantenimiento de la calidad e integridad de los cilindros pasa a ser responsabilidad del usuario y de las organizaciones que los llenan y los vuelven a probar.

Estas pautas se produjeron para ayudar a individuos capacitados u organizaciones responsables del examen, la reparación y las pruebas hidrostáticas adecuadas de los cilindros compuestos Worthington.

INSPECCIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LOS CILINDROS

INSPECCIÓN DE LOS CILINDROS

Los cilindros solo deberían ser inspeccionados por personal capacitado con conocimientos sobre el cuidado, el mantenimiento y el manejo seguro de cilindros de gas.

Los cilindros deben ser inspeccionados:

- Antes de ser llenados
- Cuando se sabe que se maltrataron en el servicio
- Como parte de los procedimientos de nuevas pruebas periódicas.

El usuario o la agencia encargada de reiterar las pruebas debe remitirse a las especificaciones gubernamentales pertinentes (según está marcado en los cilindros) para los requisitos específicos correspondientes a un uso dado del cilindro.

EN ESTAS PAUTAS NO SE TRATAN TODOS LOS ASPECTOS DE LA REITERACIÓN DE PRUEBAS DE LOS CILINDROS COMPUESTOS ES FUNDAMENTAL QUE CUALQUIER RESULTADO IMPREVISTO O CIRCUNSTANCIA INUSUAL SEAN COMUNICADOS A WORTHINGTON PARA UN POSTERIOR ASESORAMIENTO. ESTAS PAUTAS NECESARIAMENTE SOLO TRATAN LOS ASPECTOS COMUNES Y DE RUTINA DE LA INSPECCIÓN Y PRUEBAS DE LOS CILINDROS COMPUESTOS.

DESCRIPCIÓN DEL CILINDRO

Los cilindros compuestos Worthington se producen mediante la aplicación de fibras continuas de alta resistencia y resina epoxi sobre una camisa de aleación de aluminio sin uniones. Actualmente se utilizan fibras de vidrio, aramida o carbono como material de refuerzo. Estas fibras se envuelven en un patrón de bobinado de filamento continuo que cubre completamente la camisa dejando solo expuesta la rosca del cuello. Los cilindros resultantes, conocidos como cilindros compuestos totalmente envueltos, son los más livianos disponibles actualmente. En la Figura 1 se muestra un cilindro compuesto de carbón típico.

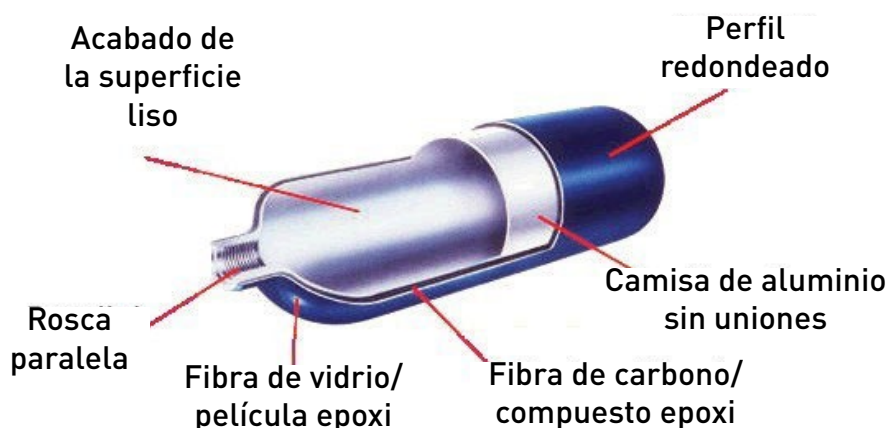


Figura 1: Cilindro compuesto de carbono típico

ETIQUETA DEL CILINDRO DEL FABRICANTE

Cada elemento del cilindro tiene una función crítica y exclusiva y su integridad debe ser verificada y preservada. La camisa sirve como una membrana hermética y es un recipiente de presión en sí misma. Sin embargo, son las fibras las que proporcionan la principal porción de la resistencia estructural fundamental del cilindro.

La resina protege las fibras de los efectos ambientales y proporciona la matriz para permitir la transferencia de carga entre las fibras.

Durante la fabricación, los cilindros compuestos Worthington se someten a un proceso de autozunchado antes de la prueba de presión hidrostática estándar. En el autozunchado, el cilindro se presuriza de modo que la camisa se sobrecarga más allá de su límite de elasticidad, produciendo así una deformación plástica permanente de la camisa. Las tensiones de compresión residuales resultantes en la camisa y las tensiones de tracción en las fibras a una presión interna de cero hacen un uso óptimo de las propiedades mecánicas dinámicas de la camisa y la matriz de fibra.

CABE DESTACAR QUE EL MATERIAL COMPUESTO ES UNA PARTE INTEGRAL DEL CILINDRO Y NO SE DEBE QUITAR.

ETIQUETA DEL CILINDRO DEL FABRICANTE

En el material compuesto de cada cilindro compuesto Worthington se incluye una etiqueta que muestra información vital. La información específica que se muestra en la etiqueta del fabricante está regulada por la especificación gubernamental según la cual se fabrica cada cilindro.

En general, las etiquetas del fabricante en los cilindros Worthington muestran la mayor parte o toda la siguiente información:

- La especificación del gobierno que controla la fabricación, las pruebas y el uso del cilindro.
- La marca del fabricante: Worthington Industries
- La presión de carga
- El número de serie del cilindro
- La marca del organismo de verificación, p. ej., marca CE, marca Pi, Arrowhead Industrial Services Inc., Authorized Testing Inc., TÜV SÜD, T.H. alemana. Cochrane Laboratories Ltd.
- La fecha (mes y año) de la primera prueba de presión hidrostática en la fabricación
- La presión de prueba
- La capacidad de agua
- Contenido de gas
- La rosca

El número de pieza del cilindro, el tamaño de pipeta de la prueba de presión, el aviso de advertencia, el número de serie en formato de código de barras, la duración del diseño, el peso y el material de la camisa de aluminio también podría incluirse en muchas etiquetas de cilindros.

INSPECCIÓN PREVIA AL LLENADO Y USO DEL CILINDRO

SI FALTA LA ETIQUETA, EL CILINDRO DEBE SER RECHAZADO. SI CUALQUIERA DE LAS MARCAS EXIGIDAS SON ILEGIBLES, SE DEBE CONSULTAR AL FABRICANTE.

INSPECCIÓN PREVIA AL LLENADO

Quienes llenen los cilindros Worthington deben realizar una inspección externa antes del llenado para asegurar que están dentro del período de reiteración de pruebas y que no han sufrido ningún daño significativo desde el llenado anterior.

Preparación para la inspección previa al llenado

Retire cualquier objeto que pueda interferir con la inspección visual, como por ejemplo sustancias extrañas, suciedad, pintura suelta, etc.

ATENCIÓN: NO SE DEBE QUITAR LA ETIQUETA DE CUMPLIMIENTO CON LAS ESPECIFICACIONES DEL GOBIERNO INCLUIDA EN EL MATERIAL COMPUESTO.

Con el uso normal, cualquier funda o cubierta integral de protección puede permanecer en el cilindro y debe ser inspeccionada de forma visual antes del llenado. Cuando la funda o cubierta de protección se haya dañado en exceso, debe quitarse para permitir la inspección del cilindro.

Inspección externa

Cada etiqueta de cilindro debe ser revisada para asegurar que el cilindro está dentro del plazo de prueba y no está en fecha para las pruebas periódicas y que no se ha excedido la vida útil del diseño. **No llenar** si se ha excedido la fecha de prueba del cilindro.

Cada cilindro se debe inspeccionar externamente para detectar daños según se describe en la Sección 8 y solo se llenarán aquellos cilindros que tengan niveles aceptables de daños. **No llenar** cuando el cilindro haya sufrido daños inaceptables.

USO DEL CILINDRO

Los cilindros Worthington están diseñados para ser utilizados del mismo modo que otros cilindros de gas de alta presión. No obstante, hay determinadas diferencias que se tratan en las siguientes secciones.

Llenado del cilindro

El cilindro se debe llenar a la presión de llenado de su diseño que se indica en la etiqueta del cilindro. El material compuesto utilizado en la fabricación de los cilindros es un buen aislante y,

USO DEL CILINDRO

por lo tanto, el calor generado en el proceso de llenado tarda más tiempo en disiparse que con los cilindros de metal tradicionales. Por consiguiente, un cilindro cargado a la presión de llenado normal, particularmente si se llena rápido, alcanzará temperaturas superiores a 30 °C durante el llenado. Por lo tanto, al regresar a la temperatura ambiente, la presión interior del cilindro se reducirá y el cilindro no tendrá una carga completa. Será necesario rellenarlo.

Sumergir el cilindro en un baño de agua durante el llenado puede ayudar a eliminar esta acumulación de calor, pero solo es realmente útil con el cilindro de compuesto de carbono.

Atención: En algunas circunstancias pueden desprenderse burbujas de aire de la superficie del compuesto. Esto es normal para este tipo de cilindro.

No obstante, también es posible optimizar los procedimientos de llenado para lograr una carga completa.

A.) Llenado lento

Llenar los cilindros lentamente reducirá en gran medida el calor generado en el proceso de llenado. Se recomienda una velocidad de carga máxima de 30 bar/min. o menor.

B.) Mayor presión de llenado

Es posible compensar las temperaturas más altas que ocurren durante el proceso de llenado al llenarlo a una presión mayor.

Un cilindro llenado a 300 bar a 15 °C desarrollará una presión de 324 bar a 30 °C o como alternativa, si un cilindro se llenara bajo condiciones ambientales de 30 °C, sería necesario llenarlo a 324 bar para lograr una carga completa.

Los cilindros Worthington se pueden llenar a una presión mayor con un máximo de un 10 % por encima de la presión de llenado normal.

En el caso de que los cilindros aún no queden totalmente cargados cuando regresan a las condiciones ambientales, pueden rellenarse.

Atención: Durante el llenado y la descarga ocurren ciertos movimientos del compuesto y esto puede generar algo de ruido, crujidos, etc. Esto es normal.

C.) Llenado rápido

Worthington no tiene ninguna objeción con respecto al llenado rápido de los cilindros de compuesto de carbono, ya que los cilindros están diseñados para tener en cuenta el llenado rápido, la exposición a temperaturas moderadas intermitentes y el llenado excesivo de modo que la presión estabilizada a 15 °C no exceda la presión de carga nominal.

USO DEL CILINDRO

Nota: Durante las pruebas hidrostáticas los cilindros se presurizan a la presión de prueba y se despresurizan en un lapso de 2 a 4 segundos. Los experimentos de llenado rápido en cilindros de compuesto de vidrio han demostrado que la camisa de aluminio alcanza temperaturas de alrededor de 50 °C cuando se llenan los cilindros con aire en un lapso de 30 a 60 segundos. Esta temperatura está muy por debajo de cualquier temperatura que pudiera degradar el aluminio o la matriz.

Gases aprobados

Los cilindros Worthington solo deben llenarse con gases que sean compatibles con la camisa de aluminio y que estén aprobados para su uso ya sea por referencia a las normas o por una autoridad gubernamental.

Los cilindros deben marcarse ya sea en la etiqueta del cilindro o en otra etiqueta colocada en el cilindro con el nombre del gas y solo deben llenarse con el gas indicado.

Aire comprimido

Cuando se llenan los cilindros Worthington con aire comprimido, se debe tener cuidado para asegurarse de que el compresor tenga un buen mantenimiento de modo que la calidad del aire cumpla con la norma adecuada.

Se recomienda el contenido máximo de humedad indicado en la siguiente tabla:

MÁXIMO CONTENIDO DE HUMEDAD		
Presión de llenado bar	Contenido de humedad	
	mg/m ³	Punto de condensación
200	35	-51 °C
300	27	-53 °C

Atención: Cuando no se controla la calidad del aire y se sospecha que entró humedad al cilindro, se recomienda someter el cilindro a un examen interno cada 6 meses. Después de esta inspección el cilindro debe lavarse con un detergente suave, se debe enjuagar muy bien con agua limpia y luego se debe secar antes de volver a colocar la válvula. Si se encuentran contaminantes dentro del cilindro, se debe limpiar y secar el interior del cilindro usando los procedimientos definidos en la Sección 15.1.

Oxígeno

El cilindro interior, las roscas de la válvula y la junta tórica de los cilindros a ser llenados con oxígeno deben estar limpios y libres de cualquier contaminante que pueda reaccionar con el oxígeno.

USO DEL CILINDRO

Retirada e inserción de la válvula

Retirada de la válvula

Asegure firmemente el cilindro. El accesorio de sujeción debe diseñarse de modo que evite cualquier daño al cilindro compuesto.

ABRA CON CUIDADO LA LLAVE APUNTANDO LA SALIDA EN DIRECCIÓN OPUESTA AL OPERADOR PARA ASEGURARSE DE QUE EL CILINDRO ESTÉ TOTALMENTE VACÍO ANTES DE INTENTAR QUITAR LA VÁLVULA.

En caso de que no se pueda quitar fácilmente la válvula, aplique un fluido penetrante en la junta y en la válvula y luego gire con cuidado la válvula hacia adelante y hacia atrás. Se recomienda aplicar libremente el fluido penetrante y se le debe dar tiempo suficiente para que penetre en las roscas antes de que se afloje la válvula. Las roscas del cilindro y la válvula, así como también el interior del cilindro, deben limpiarse minuciosamente después para eliminar todo resto del fluido penetrante, contaminación, suciedad, etc. (Ver la Sección 10a).

Inserción de la válvula

Antes de colocar la válvula en el cilindro, esta debe inspeccionarse atentamente y debe repararse según sea necesario, de acuerdo con las recomendaciones de los fabricantes de la válvula o de los fabricantes del aparato de respiración para asegurar un rendimiento satisfactorio durante su uso.

Las roscas de la válvula no deben estar dañadas y también deben revisarse para confirmar el cumplimiento con las especificaciones de la rosca usando calibres adecuados. La superficie de contacto en la válvula también debe estar lisa y libre de daños.

Atención: Las roscas de la válvula dañadas o deformadas pueden dañar las roscas del cilindro. El daño a la superficie de contacto puede impedir un sellado adecuado y dañar la superficie de sellado superior del cilindro.

Verifique para asegurarse de que la ranura de la junta tórica y las roscas en el cilindro están limpias y sin daños.

Instale una nueva junta tórica en la válvula, de acuerdo con las recomendaciones del fabricante de la válvula o del fabricante del aparato de respiración.

Se puede aplicar una fina capa de grasa de silicona a las tres o cuatro roscas inferiores para proporcionar lubricación, teniendo cuidado de que no se aplique grasa a la superficie inferior del vástago de la válvula. Solo se necesita una pequeña cantidad de grasa. Demasiada grasa puede provocar problemas de sellado.

Precaución: No se debe usar grasa de silicona en cilindros llenados con oxígeno.

USO DEL CILINDRO Y DAÑO EXTERNO

Introduzca la válvula en el cuello del cilindro y apriétela primero a mano para asegurarse de que las roscas estén bien alineadas.

Las válvulas deben ajustarse de acuerdo con los siguientes niveles de torsión recomendados:

ROSCA	RANGO DE TORSIÓN
M18x1,5	80 - 100 NM (60 - 75 libras pies)
M25 x 2	120 - 140 NM (90 - 105 libras pies)
0,625 - 18 UNF	55 - 75 NM (40 - 55 libras pies)
0,750 - 16 UNF	80 - 100 NM (60 - 75 libras pies)
0,875 - 14 UNF	120 - 140 NM (90 - 105 libras pies)
1,125 - 12 UNF	165 - 175 NM (125 - 130 libras pies)

Precaución: Se debe contactar con el fabricante de la válvula para asegurarse de que estos niveles de torsión son adecuados.

DAÑO EXTERNO

Niveles de daño

El aspecto de la superficie de los cilindros compuestos Worthington es similar a los cilindros tradicionales totalmente metálicos, ya que la superficie exterior de resina cubre las hebras de fibra. Tienen una superficie "lisa" en general pero no necesariamente igual de plana que la de los cilindros totalmente metálicos.

Los niveles de daños se dividen en tres categorías:

A) Permitido - Nivel 1

El daño es menor que 0,25 mm (0,01 pulg.) de profundidad y no tiene ningún efecto sobre la seguridad o el rendimiento del cilindro. Ejemplos de daño Permitido son daños a la cobertura de pintura; arañazos, abrasiones o cortes de menos de 0,25 mm de profundidad; o pequeños grupos de fibras desgastadas.

B) Reparable - Requiere inspección adicional y reparaciones - Nivel 2

Los daños podrían ser cortes, abrasiones o muescas que sean más profundas o largas que las de los daños Permitidos y que podrían incluir un grupo de fibras rotas. Este grado de daño puede ser reparable.

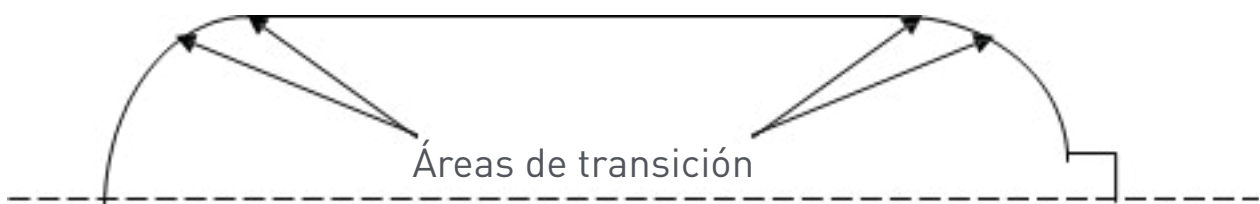
DAÑO EXTERNO

C) Inaceptable - Rechazado - No se debe reparar - Nivel 3

El cilindro se ha dañado mucho y ya no es seguro seguir usándolo y no se puede reparar. Los cilindros con daños **Inaceptables** deben ser rechazados.

DIÁMETRO EXTERIOR (mm)	PRESIÓN DE CARGA (bar)	PRESIÓN DE PRUEBA (bar)	LARGO MÁXIMO DEL DEFECTO (mm)	PROFUNDIDAD DE DIMENSIÓN PERMITIDA (mm)
61-90	200	300	20	0,5
91-110	200	300	25	0,6
111-140	200	300	30	0,7
141-170	200	300	30	0,8
171-190	200	300	35	0,9
191-210	200	300	35	1,0
61-90	300	450	20	0,7
91-110	300	450	25	0,8
111-140	300	450	30	0,9
141-150	300	450	30	1,0
151-170	300	450	35	1,1
171-190	300	450	40	1,2
191-210	300	450	40	1,3
211 - 500	300	450	40	1,3

Tabla 1: Máximo defecto reparable permitido con reparación



Nota: La máxima profundidad permitida del defecto se reducirá en 1/3 para las zonas de transición de la pared a la base y de la pared al cuello.

DAÑO EXTERNO

Tipos de daños y criterios de aceptación

Daño por abrasión

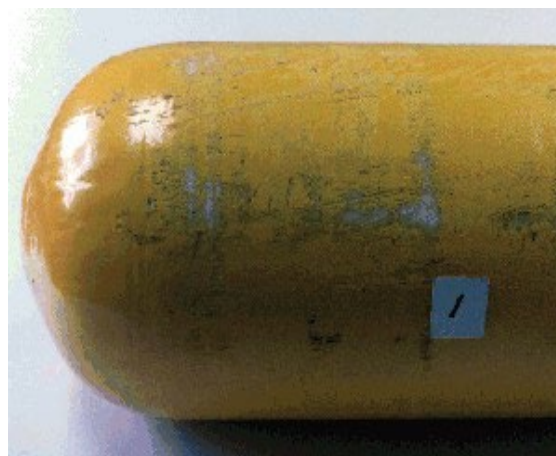
El rozamiento del cilindro contra un objeto o una superficie más duros o en casos extremos por rectificado causa este tipo de daño. Esto se tipifica por la retirada del material de la superficie.

Los arañazos y la retirada de la pintura de la superficie del cilindro se consideran un daño de abrasión menor.

Las abrasiones implicarían un desgaste mayor de la superficie de los cilindros y por lo general, varias fibras estarían visibles. Un punto plano sobre la superficie del cilindro podría indicar una pérdida excesiva de la capa de compuesto.

Las tres categorías de daño por abrasión se definen del siguiente modo:

- **Permitida - Nivel 1**
Las abrasiones y desgastes con una profundidad menor a 0,25 mm (0,01 pulg.) son aceptables.
- **Reparable - Nivel 2**
Las abrasiones con algunas fibras expuestas o puntos planos con una profundidad de entre 0,25 mm (0,01 pulg.) y 0,76 mm (0,03 pulg.) pero menos del 50 % del tamaño de defecto permitido que se muestra en la Tabla 1. El área dañada debe repararse con resina epoxi para protegerla contra posteriores daños.
- **Inaceptable - Nivel 3**
Los cilindros con abrasiones que superen el daño Reparable (nivel 2) deben rechazarse.



Permitido - Desgaste normal

DAÑO EXTERNO



Limítrofe - Reparable



Inaceptable

Figura 2: Daño por abrasión

Daño por corte

Los cortes o muescas son causados por el contacto con objetos afilados, bordes o esquinas de superficies de un modo tal que cortan el compuesto, reduciendo efectivamente su grosor en ese punto.

Las tres categorías de daño por corte se definen del siguiente modo:

- **Permitida - Nivel 1**
Los cortes superficiales con una profundidad menor a 0,25 mm (0,01 pulg.) son aceptables.
- **Reparable - Nivel 2**
Cortes con una profundidad mayor a 0,25 mm (0,01 pulg.) y hasta el tamaño máximo de defecto permitido mostrado en la Tabla 1, con una longitud máxima de 25 mm (1 pulg.) perpendicular a las fibras. El área del daño es reparable.
- **Inaceptable - Nivel 3**
Los cilindros con cortes o muescas que superen el daño Reparable (nivel 2) deben rechazarse.



Nivel 2 Reparable



Nivel 2 Reparable

DAÑO EXTERNO



Nivel 2 Reparable



Nivel 2 Reparable

Figura 3: Daño por corte

Daño por impacto

El daño por impacto es causado cuando el cilindro entra en contacto con bordes o esquinas de objetos. Esto puede suceder por caídas del cilindro o cuando el cilindro se ve involucrado en algún tipo de colisión. El daño por impacto se puede observar en forma de mellas, pequeñas fisuras delgadas en la resina epoxi o deslaminación del recubrimiento compuesto.

Las tres categorías de daño por impacto se definen del siguiente modo:

- **Permitido - Nivel 1**
El daño que es relativamente leve, como magulladuras, o que se muestra como zonas de pequeñas grietas delgadas en la superficie de la zona de impacto es aceptable.
- **Reparable - Nivel 2**
Cortes o muescas como resultado del impacto que no tengan una profundidad de más de 0,25 mm (0,01 pulg.) y hasta un máximo de 25 mm (1 pulg.) de largo transversal a las fibras. El área del daño es reparable.
- **Inaceptable - Nivel 3**
Los cilindros con cortes o muescas que superen el daño Reparable (nivel 2), o los cilindros con mellas, deslaminación u otros daños estructurales deben rechazarse.



Nivel 1 Permitido

Figura 4: Daño por impacto

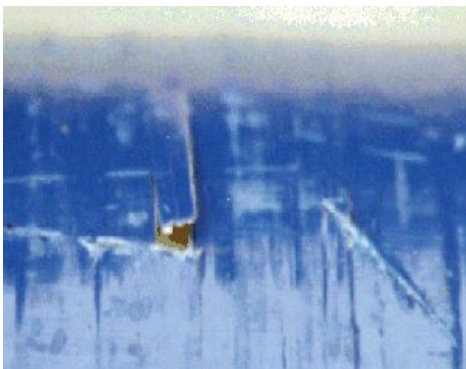
DAÑO EXTERNO

Deslaminación

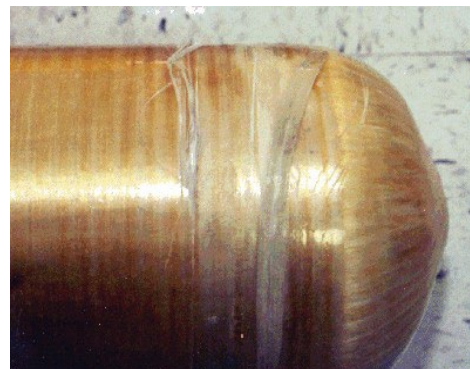
La deslaminación es la separación de las hebras de fibra del cuerpo del compuesto, las fibras se desprenden de la capa de fibras que está por debajo. Una deslaminación puede verse como un parche blancuzco debajo de la(s) primera(s) capa(s). La deslaminación puede hacer que las fibras se desprendan por un corte o muesca.

Las tres categorías de daño por deslaminación se definen del siguiente modo:

- **Permitido - Nivel 1**
No hay límites que se puedan definir.
- **Reparable - Nivel 2**
Cortes o muescas de menos de 25 mm (1 pulg.) de ancho con una profundidad limitada únicamente a la capa exterior de fibra y que hace que las fibras se desprendan. Esto puede repararse, pero se debe usar la prueba de presión hidrostática para determinar la aceptación en última instancia del cilindro.
- **Inaceptable - Nivel 3**
Los cilindros con cortes o muescas y fibras que se desprendan y superen el daño Reparable (nivel 2) deben rechazarse.



Nivel 2 Reparable



Nivel 3 Inaceptable



Nivel 3 Inaceptable

Figura 5: Deslaminación

DAÑO EXTERNO

Daño por calor o fuego

El daño por calor o fuego se muestra por la decoloración, carbonización, quemado o fundición del cilindro, las etiquetas, la pintura o materiales de las válvulas.

Atención: Es importante limpiar el cilindro y quitar el humo y la suciedad de la superficie para permitir una inspección adecuada. Cualquier cilindro que se haya usado en equipo que haya sufrido daño por fuego también debe inspeccionarse.

Las tres categorías de daño se definen del siguiente modo:

- **Permitido - Nivel 1**

La superficie del cilindro está sucia debido al humo y la suciedad pero se encuentra intacta después de limpiarla.

No obstante, se recomienda que si existe cualquier preocupación sobre el alcance de la exposición al fuego, el cilindro debe someterse a pruebas de presión.

- **Reparable - Nivel 2**

N/C

- **Inaceptable - Nivel 3**

Se produjo la carbonización o el quemado del material compuesto, etiquetas o pintura, o existe evidencia de que la resina epoxi se derritió. Los cilindros con daños Inaceptables deben ser rechazados.

ATENCIÓN: SE DEBE CONTACTAR A WORTHINGTON PARA RECIBIR UNA GUÍA, O RECHAZAR EL CILINDRO SI EXISTE CUALQUIER DUDA CON RESPECTO A LA CONDICIÓN SEGURA DEL CILINDRO.



Figura 6: Daño por calor o fuego

DAÑO EXTERNO

Daño estructural

El daño estructural se demuestra por la alteración a la configuración externa original del cilindro. Las protuberancias, donde hay una hinchazón visible del cilindro, las mellas, donde hay una depresión visible en el cilindro y los cuellos torcidos son todos ellos indicadores de daño estructural.

Este tipo de daño se considera un daño inaceptable.

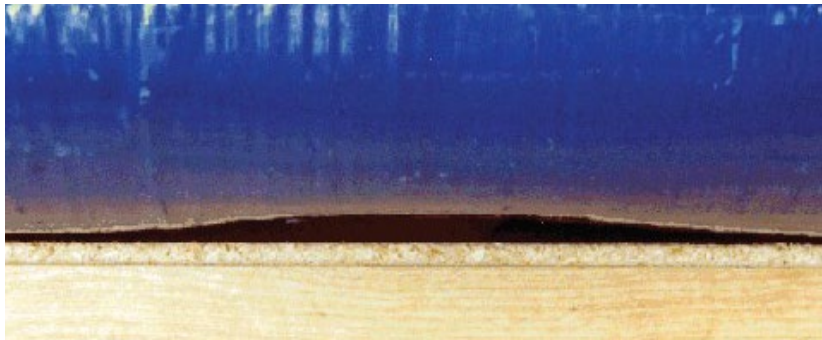


Figura 7: Daño estructural

Ataque químico

El ataque químico aparece como un deterioro de la cobertura de la pintura o disolución de la resina epoxi que rodea las fibras. En otros casos, donde haya solventes involucrados, la superficie del cilindro puede quedar pegajosa al tacto.

Se sabe que algunos ácidos, p. ej., ácido sulfúrico y fluorhídrico, atacan la fibra de vidrio y por lo tanto, si se conoce el contacto con los ácidos, los cilindros se deben despresurizar y deberá comunicarse con Worthington para recibir instrucciones.

Hay solo dos categorías de daño químico y se definen de la siguiente manera:

- **Reparable - Nivel 1**
Solo daño a la cobertura de la pintura y sin daños al material compuesto que se deba reparar. Los cilindros se deben despresurizar y deberá comunicarse con Worthington para recibir instrucciones.
- **Inaceptable - Nivel 3**
Cualquier disolución de la resina epoxi será causa de rechazo.

DAÑO EXTERNO



Figura 8: Ataque químico

Etiqueta ilegible

Si la etiqueta es ilegible, esto puede ser causa de rechazo del cilindro. En estas circunstancias, se puede comunicar con Worthington y si es posible identificar de manera precisa el cilindro, es posible que el fabricante le coloque una etiqueta adicional al cilindro.

Otros daños

Defectos en el cuello

Puede aparecer una grieta pequeña en la circunferencia en el material compuesto entre el cuerpo y el cuello del cilindro, que en algunas circunstancias se puede ver que se abre durante el llenado. Esta grieta es el límite entre la envoltura del cuello y el recubrimiento del cilindro y no es estructuralmente crítica.

No es necesaria la reparación, pero la grieta se puede reparar llenándola con un sistema de resina epoxi de dos componentes de curado a temperatura ambiente comercial. Esto se puede realizar más fácilmente cuando el cilindro fue llenado.



Figura 9: Defectos en el cuello

Defecto en la base

Puede aparecer un pequeño orificio en el centro de la base del cilindro. En el proceso de envoltura, el centro de la base no está realmente enrollado y después la cavidad resultante se debe llenar con

DAÑO EXTERNO

resina. En algunas circunstancias, una bolsa de aire evita la penetración adecuada de la resina, lo que después puede aparecer como un orificio.

Esta no es un área estructuralmente crítica y no se verá afectado el rendimiento del cilindro. El orificio se puede reparar fácilmente llenándolo con un sistema de resina epoxi de dos componentes de curado a temperatura ambiente comercial.

No es necesario realizar una prueba de presión después de reparar el orificio.

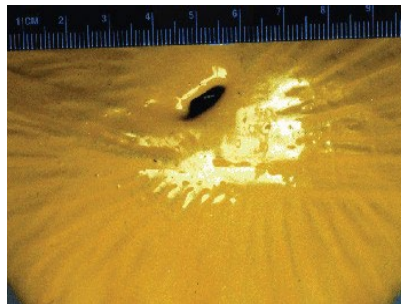


Figura 10: Defecto en la base

Fisura delgada en la etiqueta

Puede aparecer una fisura delgada circunferencial en el área de la etiqueta.

La etiqueta está colocada debajo de la capa final de la fibra de vidrio y como resultado hay un área localizada, la que está un poco levantada del resto del cilindro. A veces, se puede observar una fisura delgada en el borde real de la etiqueta, que es típicamente de 5-10 mm en la región pintada sobre o debajo de la etiqueta del cilindro.

Esto no tiene ningún impacto sobre la integridad del cilindro y no es necesaria la reparación.

Decoloración de la resina

A veces, la cobertura de gel en el exterior del cilindro se puede decolorar con el tiempo. Esto no es grave y no afecta a la integridad de la resina o del cilindro.



Figura 11: Decoloración de la resina

PRUEBAS PERIÓDICAS

PRUEBAS PERIÓDICAS

Todos los cilindros compuestos de Worthington se deben someter a un examen y pruebas periódicas cada determinados años a partir de la fecha de la primera prueba de presión hidrostática. Hay una mayor aceptación de que este tipo de cilindro ha demostrado su rendimiento durante su uso y, por lo tanto, en general ahora se acepta que el tiempo entre las inspecciones periódicas sea de 5 años. Ahora esta es la norma en la mayor parte de Europa y EE. UU.

La norma EN ISO n.º 11623:2002, Cilindros transportables para gas – Inspecciones y pruebas periódicas de cilindros compuestos para gas recomienda que sean cada 5 años.

La prueba periódica requiere que los cilindros se examinen interna y externamente para detectar defectos y que luego se sometan a una prueba de presión hidrostática a la presión de prueba de diseño. Solo después de completar estos procedimientos de manera satisfactoria se pueden volver a usar los cilindros.

Solo Worthington, organizaciones autorizadas por Worthington u organizaciones de reiteración de pruebas aprobadas por el gobierno pueden realizar las pruebas periódicas de los cilindros compuestos de Worthington.

Nota: En algunos países, el fabricante debe llevar los registros relacionados con la vida útil de los cilindros para controlar el rendimiento de los cilindros en el campo.

Preparación para la inspección de prueba periódica

Retire las sustancias extrañas, las coberturas sueltas y las etiquetas secundarias de la superficie externa del cilindro con un método adecuado (p. ej., lavado, cepillado, limpieza con chorro de agua controlado, limpieza con chorro de perlas plásticas u otro método adecuado).

ATENCIÓN: La limpieza con chorro de perdigones y arena no se considera adecuada.

Se deben retirar todas las cubiertas y mangas protectoras.

No es necesario retirar la pintura y no se recomienda. Ver la Sección 13.2 con las instrucciones para volver a pintar, si es necesario.

ATENCIÓN: Los agentes químicos de limpieza, los decapantes de pintura y los solventes perjudiciales para el material compuesto no se deben usar.

Inspección externa

Cada cilindro se debe inspeccionar externamente para detectar daños según se describe en la Sección 8 y solo los cilindros que tengan niveles aceptables de daño o que hayan sido reparados se someterán a la prueba de presión hidrostática.

INSPECCIÓN INTERNA

INSPECCIÓN INTERNA

La inspección interna se requiere normalmente solo durante el procedimiento de inspección periódica. Cada cilindro se debe inspeccionar internamente de acuerdo con los requisitos de la norma nacional o, si no hubiera ninguna, la norma británica BS5430: Pt 3, "Inspección periódica, prueba y mantenimiento de cilindros transportables para gas - Cilindros de aleación de aluminio sin uniones" - se recomienda.

Se requiere una inspección interna más frecuente cuando los cilindros se cargan con aire de respiración que no fue secado y limpiado. Ver la Sección de Gases aprobados para obtener más información sobre este asunto.

Las pautas para la inspección interna se indican a continuación:

a) Cada cilindro se debe inspeccionar con una lámpara de inspección con suficiente intensidad para identificar los defectos tales como corrosión, mellas o grietas. Se deben rechazar los cilindros con mallas o grietas internas.

Los cilindros que muestren signos de contaminación o corrosión interna se deben limpiar con chorro de agua con abrasivos, agitación, chorro de vapor, chorro de agua caliente, limpieza en tambor giratorio con lascas de cerámica u otro método adecuado recomendado por Worthington. Se debe tener cuidado para evitar dañar el cilindro.

Atención: Las soluciones alcalinas que son perjudiciales para el aluminio, como la soda cáustica, no se deben usar para la limpieza interna.

Después de la limpieza y el secado, los cilindros se deben volver a inspeccionar. Se deben rechazar los cilindros que muestren una corrosión excesiva.

b) Se deben inspeccionar las roscas internas de los cuellos de los cilindros y se deben calibrar para asegurar que están completas, limpias y libres de rebabas y otras imperfecciones.

c) El collarín de la junta tórica en el cuello del cilindro debe estar limpio y sin daños.

Nota: La superficie interna de los cilindros, que ha sido tratada con Alumashield, tendrá una apariencia más oscura, casi amarronada. Esto es normal y no se debe retirar.

REPARACIONES

REPARACIONES

Las reparaciones al compuesto solo las debe realizar una organización aprobada por Worthington o una persona que tenga la capacitación adecuada. Se debe usar un sistema de resina epoxi de dos componentes de curado a temperatura ambiente comercial. Se muestra una secuencia de reparación típica en la Figura 12.

Todos los cilindros que hayan sido reparados se deben someter a una prueba de presión hidrostática antes de volver a usarlos. Después de la prueba de presión, se deben examinar los sitios de reparación para detectar levantamientos, desprendimientos o deslaminación del compuesto.

Los cilindros que muestren signos de levantamientos, desprendimientos o deslaminación se deben rechazar.

Procedimiento de reparación

Colocar el cilindro en una mesa o banco con el área dañada hacia arriba y de manera que sea fácil de alcanzar.

Verificar el sitio dañado con cuidado y establecer dentro de los límites de defectos permitidos.

Asegurarse de que la superficie esté limpia y seca. Las fibras sueltas se pueden cortar antes de cubrir con resina. Lijar el área dañada con papel de lija fino o 3M Scotchbrite para proporcionar una clave para la resina.

Mezclar una cantidad adecuada de la resina epoxi de dos partes según las instrucciones del fabricante, suficiente para reparar el daño. La resina epoxi se seca rápido, por eso es importante que no haya demoras después de mezclada. Por lo tanto, la preparación es importante. No hay ningún beneficio en preparar un lote grande de resina de secado rápido ya que se cura y se endurece más rápido que las cantidades pequeñas.

Aplicar una cantidad suficiente de resina epoxi al área dañada en el cilindro, reemplazando las fibras sueltas cuando corresponda. Empujar hacia abajo con un aplicador hasta que el área dañada esté llena de resina.

Cuando se requiera una protección adicional, aplicar un trozo de velo de superficie de fibra de vidrio sobre el área dañada. Este debería ser un poco mayor que el daño.

Aplicar una capa fina de resina sobre el velo donde se use, asegurándose de que quede completamente cubierto.

Cuando se requiera un acabado de superficie superior, usar cinta termocontraíble. Colocar un trozo de cinta termocontraíble, aproximadamente 150 mm más larga que el daño de la superficie externa con la cinta mirando hacia abajo, sobre el daño con cinta adhesiva común. Aplicar calor a la cinta con secador de aire caliente para provocar la termocontracción. Despegar la cinta después de que se haya curado completamente la resina epoxi.

REPARACIONES

Dejar el cilindro hasta que la resina epoxi se endurezca, típicamente de 5 a 10 minutos. Después, mover el cilindro a otro lugar y dejarlo durante una hora aproximadamente para asegurarse de que la resina epoxi esté completamente dura antes de realizar la prueba de presión o el acabado según corresponda.

Velo de superficie (Opcional) Placa de fibra de vidrio, 0,25 mm de espesor cardado en formato aleatorio. Cinta termocontraíble (Opcional) 32 mm Cinta de poliéster, que se contrae cuando se expone al calor

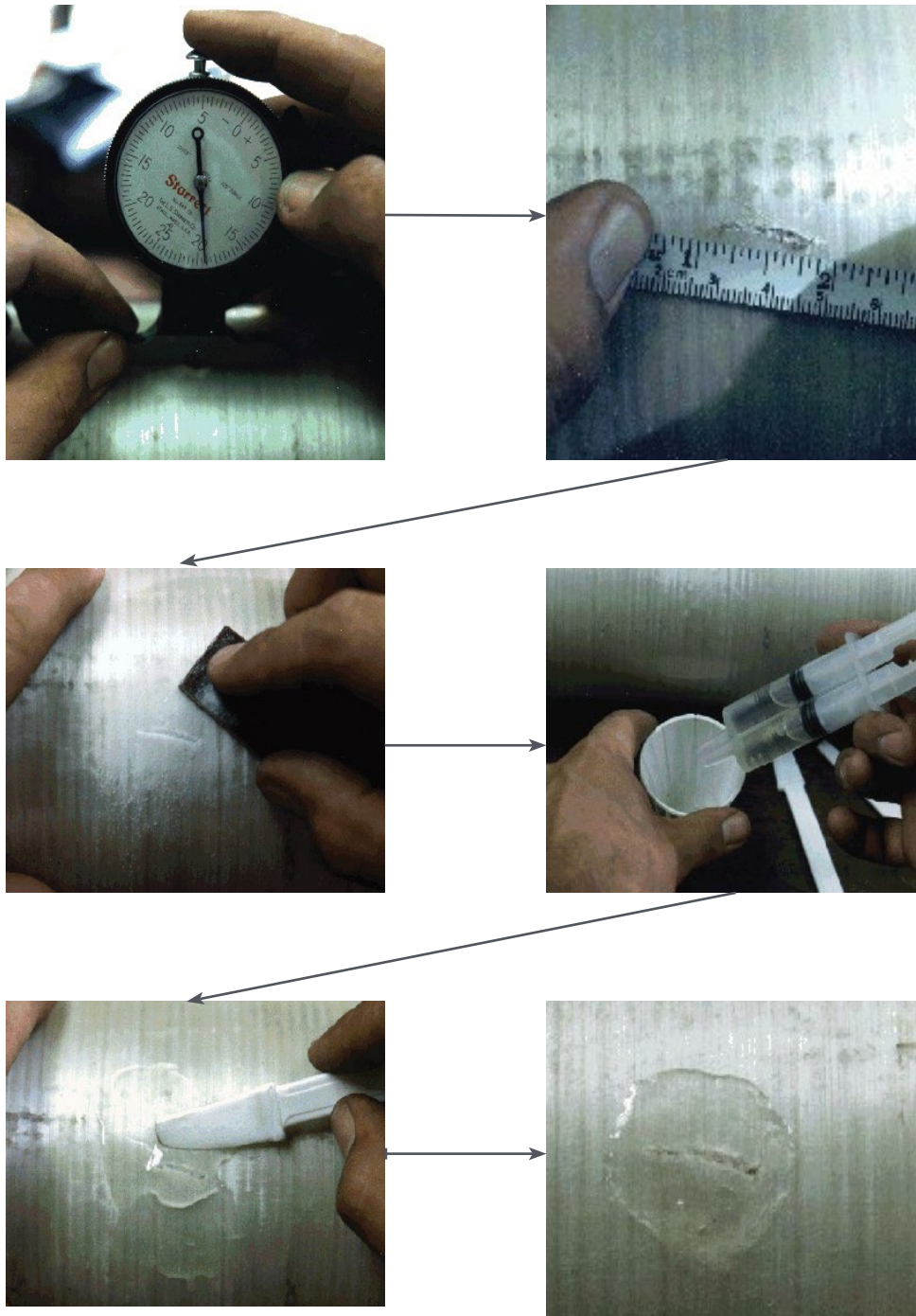


Figura 12: Secuencia típica de reparación

DESTRUCCIÓN

DESTRUCCIÓN

Los cilindros que se consideren que ya no son seguros para seguir usándolos se deben destruir de la siguiente manera:

- Cortar el cuello del cilindro con una sierra o
- Cortar el cilindro a la mitad.

Algunas compañías ahora están reciclando cilindros compuestos de carbono y pueden reclamar la fibra de carbono y el aluminio. Para obtener más información, comuníquese con Worthington.

PRUEBA DE PRESIÓN HIDROSTÁTICA

Cada cilindro debe someterse a una prueba de presión hidrostática usando un líquido adecuado, habitualmente agua, como el medio de prueba.

La primera inspección periódica debe ser como lo designe la autoridad nacional (ver sección de Prueba periódica).

Worthington recomienda que los cilindros se sometan a una prueba de presión usando la prueba de expansión volumétrica - el método para nivelar la pipeta se describe en BS5430: Pt 3. Este método se usa para evitar errores debido a paralaje o al efecto del cabezal hidrostático.

La prueba de expansión volumétrica de la camisa de agua requiere rodear el cilindro lleno de agua en una camisa también llena de agua. La expansión volumétrica permanente y total del cilindro se miden en relación con la cantidad de agua desplazada por la expansión del cilindro cuando está bajo presión y después de que se libera la presión.

El método de prueba de presión también se usa más, ya que es el método más común utilizado en Europa y también se describe en EN ISO 11623: 2002 Norma de inspección periódica.

PRECAUCIÓN:

- Usar solo adaptadores de prueba de presión enroscados adecuadamente
- Los adaptadores de prueba deben estar limpios y libres de tierra, arenilla o roscas con rebabas
- Asegurarse de que el cilindro y la camisa de prueba se llenen lentamente para no formar burbujas de aire
- Antes de la prueba, verificar que el equipo de prueba esté funcionando correctamente y que no haya filtraciones, ya sea usando un cilindro calibrado u otro método adecuado.
- No dejar agua dentro de los cilindros durante más de 30 minutos y secarlos completamente

PRUEBA DE PRESIÓN HIDROSTÁTICA

Procedimiento de la prueba de expansión volumétrica

El siguiente procedimiento para probar los cilindros se refiere al equipo de prueba, ilustrado en la Figura 13:

Llenar el cilindro con agua y unir a la cubierta de camisa de agua.

ATENCIÓN: Los cilindros de Kevlar®/vidrio de EFIC requieren cuidados especiales cuando se vuelven a probar para evitar lecturas anómalas. Las diferencias en la temperatura entre el cilindro y el agua han demostrado causar problemas. Por lo tanto, es importante que el cilindro, el agua dentro de este y el agua en la camisa de agua tengan la temperatura más parecida posible. La diferencia entre la temperatura del agua en la camisa de agua y dentro del cilindro no debe ser de más de 2 °C.

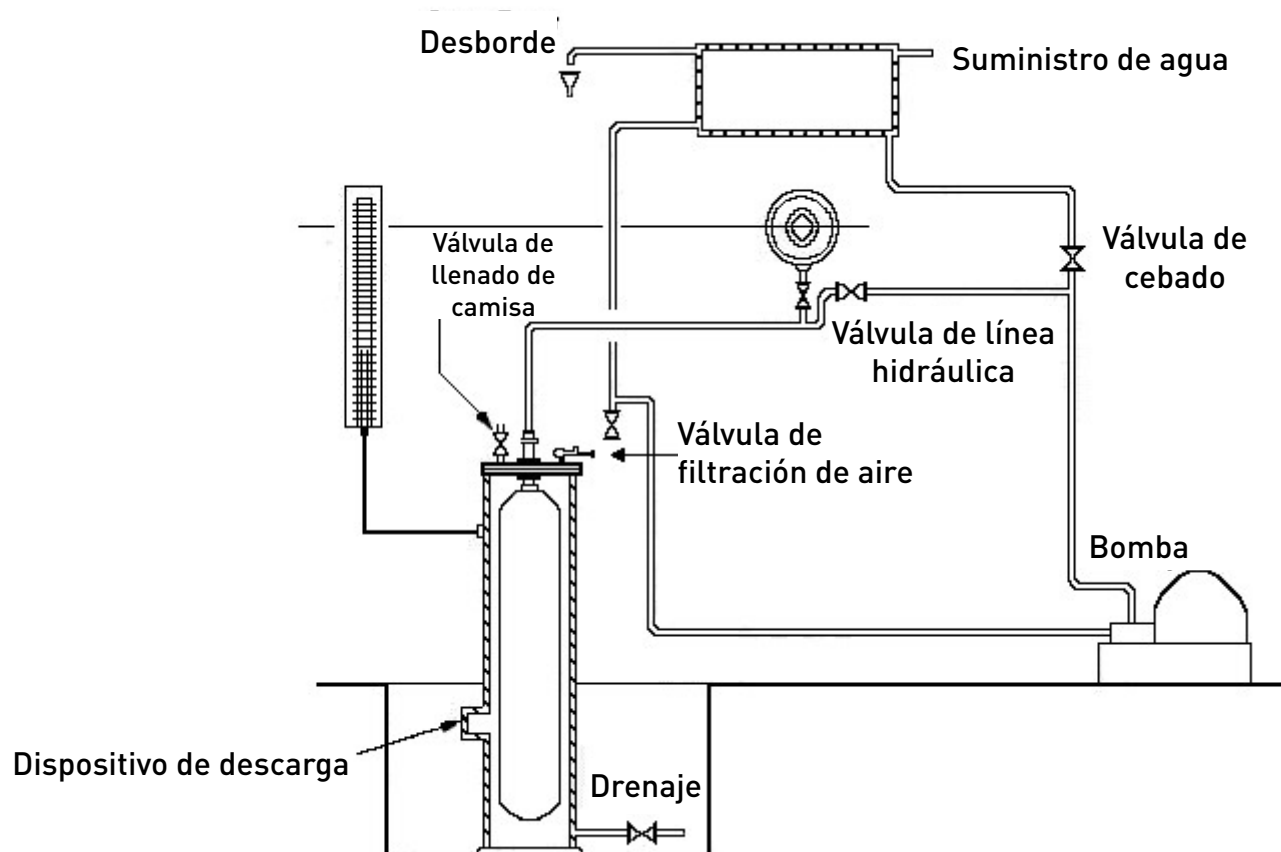


Figura 13: Prueba de expansión volumétrica de camisa de agua (Pipeta fijada)

Sellar el cilindro en la camisa y llenar la camisa con agua, permitiendo que el aire se libere a través de la válvula de liberación de aire.

PRUEBA DE PRESIÓN HIDROSTÁTICA

Conectar el cilindro a la línea de presión. Ajustar la pipeta para que la marca cero coincida con la marca cero en el soporte de la pipeta. Ajustar el nivel del agua a las marcas de cero manipulando la válvula de llenado de camisa y la válvula de drenaje. Subir la presión en el cilindro a la presión de uso máxima (85 % de la presión de prueba), cerrar la válvula de línea de presión hidráulica y parar de bombear. Mantener hasta que la lectura de la pipeta se estabilice y se mantenga constante.

ATENCIÓN: Un aumento continuo en el nivel del agua indica una junta con filtración entre el cilindro y la camisa o una conexión de cilindro defectuosa. Para algunos diseños de compuestos y particularmente para los cilindros de Kevlar®/vidrio de EFIC, el aire también se puede expulsar durante la prepresurización.

Abrir la válvula de drenaje de línea para liberar la presión del cilindro. Mantener hasta que la lectura de la pipeta se estabilice. Volver a ajustar el nivel del agua a las marcas de cero manipulando la válvula de llenado de camisa y la válvula de drenaje, asegurándose de que se haya expulsado todo el aire.

Volver a iniciar la bomba, abrir la válvula de línea de presión hidráulica y subir la presión en el cilindro a la presión de funcionamiento y, si el nivel del agua está estable, presurizar a la presión de prueba. Cerrar la válvula de línea de presión hidráulica y parar de bombear. Verificar que la lectura de la pipeta se haya estabilizado y se mantenga constante.

Bajar la pipeta hasta que el nivel de agua esté en la marca de cero en el soporte de pipeta. Anotar la lectura del nivel del agua en la escala de la pipeta. Esta es una medida de la expansión total y se debe registrar.

Abrir la válvula de drenaje de línea para liberar la presión del cilindro. Mantener hasta que la lectura de la pipeta se estabilice y se mantenga constante. Subir la pipeta hasta que el nivel de agua esté en la marca de cero en el soporte de pipeta. Verificar que la presión esté en cero y que el nivel de agua sea constante.

ATENCIÓN: En algunas circunstancias y particularmente con el cilindro de Kevlar/vidrio puede tardar algunos minutos para que el nivel del agua en la pipeta se estabilice.

Anotar la lectura del nivel del agua en la escala de la pipeta. Esta es una medida de la expansión permanente, si la hubiera, y se debe registrar.

Verificar que la expansión permanente no exceda el 5 % de la expansión total según lo determine la siguiente ecuación:

$$\frac{\text{Expansión permanente} \times 100}{\text{Expansión total}} < 5 \%$$

Los cilindros con expansiones permanentes >5 % deben ser causa de rechazo.

PRUEBA DE PRESIÓN HIDROSTÁTICA

Procedimiento de la prueba de expansión volumétrica - Camisa sin agua

Llenar el cilindro con agua y conectarlo a la plataforma de prueba de presión anotando la temperatura. Conectar el cilindro a la línea de presión y llenar el sistema con agua, asegurándose de que no quede aire en el sistema. Ajustar la pipeta para que el agua coincida con la marca de cero manipulando la válvula de llenado y la válvula de drenaje.

Subir la presión en el cilindro a la presión de uso máxima (85 % de la presión de prueba). Cerrar la válvula de línea de presión hidráulica y parar de bombear. Mantener esta presión hasta que la lectura de la pipeta se estabilice y se mantenga constante.

Nota: Un aumento continuo en el nivel del agua indica una junta con filtraciones en algún lugar en el sistema.

Abrir la válvula de drenaje de línea para liberar la presión del cilindro. Mantener hasta que la lectura de la pipeta se estabilice. Volver a ajustar el nivel del agua a la marca de cero manipulando la válvula de llenado y la válvula de drenaje, asegurándose de que se haya expulsado todo el aire del sistema.

Subir la presión en el cilindro a la presión de funcionamiento (2/3 de presión de prueba) y si el nivel del agua está estable, seguir presurizando el cilindro a la presión de prueba. Cerrar la válvula de línea de presión hidráulica y parar de bombear. Mantener esta presión hasta que la lectura de la pipeta se estabilice y se mantenga constante. Anotar la lectura del nivel del agua en la escala de la pipeta. Esta es la medida inicial de la expansión total y se debe registrar.

Abrir la válvula de drenaje de línea para liberar la presión del cilindro. Mantener hasta que la lectura de la pipeta se estabilice y se mantenga constante; esto puede tardar algunos minutos. Anotar la lectura del nivel del agua en la escala de la pipeta. Esta es una medida de la expansión permanente y se debe registrar.

Realizar los cálculos necesarios para justificar la capacidad de compresión del agua a la temperatura indicada.

Verificar que la expansión permanente no exceda el 5 % de la expansión total. Los cilindros con expansiones permanentes >5 % deben ser causa de rechazo.

Procedimiento de la prueba de presión

Llenar el cilindro con agua y conectarlo a la plataforma de prueba de presión.

Presurizar el cilindro gradualmente a la presión de funcionamiento (2/3 la presión de prueba) y mantener durante algunos minutos para asegurarse de que no haya filtraciones en el sistema.

Seguir presurizando el cilindro gradualmente hasta la presión de prueba. El cilindro se debe mantener a la presión de prueba durante al menos 30 segundos para asegurarse de que no hay una tendencia de baja de presión y que se garantice el ajuste.

DURACIÓN DE DISEÑO Y MERCADO DEL CILINDRO

Cualquier cilindro que no pueda mantener la presión se debe rechazar.

Los cilindros se deben rechazar si la expansión permanente excede el 5 % de la expansión total, si no pueden mantener la presión o si demuestran daños estructurales visibles causados por la presurización.

DURACIÓN DEL DISEÑO DEL CILINDRO

Los primeros cilindros en uso fueron aprobados con una duración de diseño de 15 años desde la fecha de fabricación. Todos los cilindros que lleguen a los 15 años de duración no pueden seguir usándose y se deben rechazar y destruir para que no se vuelvan a usar.

Sin embargo, Worthington también ha desarrollado cilindros con duración de diseño de 20 años, 30 años y sin límite de antigüedad. Estos también se deben dejar de usar después de que haya caducado su duración de diseño.

MERCADO DE LOS CILINDROS

Cuando se completen satisfactoriamente la inspección periódica y la prueba de presión hidrostática, es necesario marcar el cilindro o colocar una etiqueta en un área cerca de la fecha original de fabricación, indicando la fecha de la prueba de presión hidrostática e identificando la organización de prueba aprobada.

El papel, el plástico o las láminas de metal son materiales adecuados para las etiquetas, las cuales se deben colocar de manera segura en el cilindro usando una resina epoxi transparente, la etiqueta debe estar recubierta en ambos lados. También se puede usar un sello de goma con tinta indeleble, el cual se recubre luego con resina epoxi transparente.

Ver procedimiento de reparación para ver las instrucciones para aplicar la resina.

OPERACIONES FINALES

Secado y limpieza

El interior de cada cilindro se debe secar completamente después de la prueba de presión, de manera que se eliminen todos los rastros de agua.

Se debe inspeccionar el interior del cilindro para asegurarse de que esté seco y libre de contaminación.

Si se debe usar calor, se debe tener cuidado de que no se excedan los 100 °C.

OPERACIONES FINALES

Volver a pintar

Penetración de la superficie

Worthington no recomienda retirar la pintura existente de los cilindros ya que esto solo se puede hacer eficazmente con equipos especializados.

En circunstancias normales, los cilindros se deben frotar ligeramente para proporcionar una clave para la pintura. Si los cilindros están sucios, la superficie solo se puede limpiar con detergente a base de agua y se deben secar completamente.

Pintado

El tipo de pintura no es crítico y Worthington recomienda pintura de epoxi o poliuretano y del tipo resistente al fuego. Se ha descubierto que la pintura de poliuretano a base de agua tiene buenas propiedades resistentes al fuego.

Es preferible pintar con pulverización ya que ofrece un mejor acabado.

Curado de la pintura

La pintura se debe curar con aire a 60 °C/70 °C durante 15/20 minutos. Sin embargo, para que la pintura se endurezca completamente, el cilindro se debe dejar otras 24/48 horas.

Otros

Si hay pintura cerca de la etiqueta del cilindro, es importante asegurarse de que la etiqueta se tape y se proteja para garantizar que se pueda leer después.

Se debe tener cuidado para asegurarse de que no se pulverice la pintura en la superficie superior del cuello del cilindro ya que esto puede afectar a la capacidad de la válvula de sellarse al cilindro.

Debe comunicarse con Worthington si tiene preguntas o si necesita información adicional.

REFERENCIAS

REFERENCIAS

1. Las secciones 13 y 14 de estas Pautas se basan en BS 5430: Parte 3: 1990 y se reproducen con el permiso del Instituto de Normas Británicas (BSI).
2. EN ISO 11623: 2002 Cilindros transportables para gas - Inspección periódica y pruebas para cilindros compuestos para gas, se ha publicado.
3. EN 12245:2009+A1:2011 Cilindros transportables para gas - Cilindros de compuesto completamente envueltos, se ha publicado.