

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 856 837**

51 Int. Cl.:

H01F 27/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **14.10.2015 PCT/EP2015/073815**

87 Fecha y número de publicación internacional: **21.04.2016 WO16059128**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.10.2015 E 15781343 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.01.2021 EP 3207551**

54 Título: **Depósito para equipos eléctricos**

30 Prioridad:

15.10.2014 US 201414515150

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

28.09.2021

73 Titular/es:

**ABB POWER GRIDS SWITZERLAND AG (100.0%)
Bruggerstrasse 72
5400 Baden, CH**

72 Inventor/es:

BRODEUR, SAMUEL

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 856 837 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Depósito para equipos eléctricos

Campo de invención

5 La presente solicitud se refiere a un depósito reforzado para equipos eléctricos que es resistente a la rotura durante condiciones de sobrepresión, tal como un fallo de arco.

Antecedentes

10 La energía del arco interno en equipos eléctricos, tal como transformadores de energía y reactores de derivación, se genera cuando el fluido aislante dentro de un depósito de transformador se vaporiza y se crea una burbuja de gas en expansión. El aumento de presión del gas en expansión durante un evento de fallo de arco puede causar que el depósito se abulte o se rompa.

15 En caso de rotura del depósito, las costuras y soldaduras del depósito se separan. En caso de deformación, las paredes del depósito pueden abultarse. En ambas situaciones, los objetos y las partículas pueden ser expulsados con fuerza a una distancia considerable, causando daños a personas y propiedades. Si bien los dispositivos de alivio de presión y de modificación de las dimensiones del depósito se han utilizado con diversos grados de éxito, hay margen de mejora en el diseño de un depósito para equipos eléctricos que sea capaz de resistir la sobrepresión durante un fallo de arco y, por lo tanto, resistente a la rotura.

Un depósito de acuerdo con la técnica anterior se divulga en el documento US 4 024 978 A.

Un depósito para equipos eléctricos se reivindica en la reivindicación 1. Un método para formar un depósito para equipos eléctricos se reivindica en la reivindicación 12.

Breve descripción de los dibujos

En los dibujos adjuntos, se ilustran realizaciones estructurales que, junto con la descripción detallada proporcionada a continuación, describen realizaciones ejemplares de un depósito para equipos eléctricos. Un experto en la técnica apreciará que un componente puede diseñarse como múltiples componentes o que múltiples componentes pueden diseñarse como un solo componente.

25 Además, en los dibujos adjuntos y en la descripción que sigue, partes similares se indican a lo largo de los dibujos y de la descripción escrita con los mismos números de referencia, respectivamente. Las figuras no están dibujadas a escala y las proporciones de ciertas partes se han exagerado para facilitar la ilustración.

La **figura 1** es una vista en perspectiva de un depósito de transformador que es resistente a la rotura y está realizado de acuerdo con la presente divulgación;

30 La **figura 2A** es una vista en perspectiva de una viga en forma de U de al menos un refuerzo;

La **figura 2B** es una vista en perspectiva de una viga en forma de T de al menos un refuerzo;

La **figura 2C** es una vista en perspectiva de una viga en forma de W de al menos un refuerzo;

La **figura 2D** es una vista en perspectiva de una viga en forma de L de al menos un refuerzo;

La **figura 2E** es una vista en perspectiva de una barra de al menos un refuerzo;

35 La **figura 2F** es una vista en perspectiva de las dimensiones x, y, z del al menos un refuerzo de la figura 2a;

La **figura 3** es una vista en perspectiva de un transformador de energía que tiene un depósito resistente a la ruptura;

La **figura 4** es una vista en perspectiva de un reactor de derivación que tiene un depósito que es resistente a la rotura;

40 La **figura 5** es un gráfico que muestra la presión del depósito en kPa (eje x) respecto al aumento de volumen en m³ (eje y) durante el funcionamiento de un autotransformador que tiene un valor nominal de 550 megavoltios-ampereos (MVA) y 735/315/12,5 kV kilovoltios (kV);

La **figura 6** es un gráfico que muestra la presión del depósito en kPa (eje x) respecto al aumento de volumen en m³ (eje y) durante el funcionamiento de un reactor en derivación que tiene un valor nominal de 140 megavoltios-ampereos reactivos (Mvar) y 315 kV;

45 La **figura 7** es el transformador de energía de la figura 3 que tiene pletinas para reforzar el al menos un refuerzo y el depósito;

La **figura 7a** muestra pletinas de placa y su fijación a dicho al menos un refuerzo y cubierta del depósito con más detalle; y

La **figura 7b** muestra pletinas cilíndricas y su fijación a dicho al menos un refuerzo y la cubierta del depósito con más detalle.

5 Descripción detallada

Con referencia a la figura 1 y de acuerdo con la presente divulgación, un depósito 10 para equipos eléctricos, tal como transformadores de energía y reactores, tiene al menos un refuerzo 20 unido a las paredes laterales 14, 16 del depósito 10. El al menos un refuerzo 20 está unido a las paredes laterales 14, 16 del depósito 10 y una cubierta 12 en posiciones predeterminadas. El al menos un refuerzo 20 está unido a las paredes laterales 14, 16 y/o la cubierta 12 en posiciones predeterminadas, que junto con las dimensiones de la pared del depósito 10, al menos las dimensiones de un refuerzo 20 y un número de al menos un refuerzo 20 resisten un servicio de vacío carga de -101,3 kPa y una sobrepresión de al menos 69 kPa en el depósito 10 sin que se produzca una deformación permanente del depósito 10.

El depósito 10 es rectangular, teniendo una pared inferior 38, paredes laterales 14, 16 y una cubierta 12. Alternativamente, el depósito 10 es cilíndrico, teniendo una sola pared lateral cilíndrica, una pared inferior y una cubierta. El al menos un refuerzo 20 es una viga, elemento de canal o barra que tiene un primer y un segundo extremos con superficies achaflanadas 25. El al menos un refuerzo 20, cuando está unido al depósito 10, proporciona refuerzo al depósito 10. El al menos un refuerzo 20 está unido a las paredes laterales 14, 16 y/o a la cubierta 12 mediante soldaduras 18 entre las bridas 23, como se muestra en las figuras 2A-2E, y la respectiva superficie exterior de las paredes laterales 14, 16. En el caso del refuerzo 20e, se puede unir una superficie achaflanada a las respectivas paredes laterales 14, 16 y/o a cubierta 12 como se muestra en la figura 2E.

Las paredes del depósito 14, 16 y la cubierta 12 son menos dúctiles que el al menos un refuerzo 20 unido a las mismas según lo determinado por las propiedades medidas, tales como los valores observados durante la prueba de tracción de ciertos tipos de acero dulce usado para formar el depósito 10 y acero inoxidable utilizado para formar el al menos un refuerzo 20 en la Tabla 1 presentada a continuación. Un transformador que tiene un depósito 10 con al menos un refuerzo 20 formado de un material que tiene propiedades que exhiben una mayor ductilidad que el material usado para el depósito 10 permite una mayor flexibilidad en el depósito 10 en caso de fallo de arco. El depósito 10 que tiene al menos un refuerzo 20, cuando se construye con los materiales que se describen a continuación, puede resistir el aumento de presión durante un fallo de arco absorbiendo la energía del arco generada desde el interior del depósito 10. Más particularmente, el al menos un refuerzo 20 absorbe la energía del arco del medio aislante cuando dicha energía del arco se transfiere desde el espacio interno de dicho depósito a dichos refuerzos.

Los transformadores de energía 100 y los reactores de derivación 200 que utilizan los diseños de depósito 10 representados en las figuras 1, 3, 4 y 7 tienen un núcleo con al menos una rama dispuesta verticalmente entre un par de abrazaderas y al menos un devanado de bobina montado en la al menos una rama. El núcleo y el al menos un devanado de bobina están dispuestos en un volumen interno del depósito 10 junto con un medio aislante, tal como fluido dieléctrico. En particular, el medio aislante puede ser aceite mineral u otro tipo de aceite.

Continuando con la referencia a la figura 1, el depósito 10 está formado por placas de chapa metálica que se sueldan o atornillan entre sí usando sujetadores. Alternativamente, el depósito 10 se forma a partir de una sola pieza de chapa de metal doblando el metal para formar esquinas y paredes laterales 14, 16. El espesor de la pared del depósito para transformadores de energía grandes y medianos, tal como los transformadores 100 y los reactores de derivación 200 descritos en el presente documento, es de 5/16 de pulgada (aproximadamente 7,87 mm), 3/8 de pulgada (aproximadamente 9,65 mm), 1/2 pulgada (12,7 mm) o 5/8 de pulgada (aproximadamente 15,87 mm). Las paredes del depósito 14, 16 están fusionadas a la cubierta 12 en la interfaz soldada 13. La cubierta 12 puede atornillarse a las paredes del depósito 14, 16 en lugar de soldarse. También se muestran en la figura 1 almohadillas de elevación 30 utilizadas junto con gatos y puntos de elevación 15 para elevar, transportar y deslizar el depósito 10 en posición.

El al menos un refuerzo 20 puede atornillarse usando sujetadores en lugar de conectarse usando soldaduras 18 a las paredes del depósito 14, 16 y/o la cubierta 12. El al menos un refuerzo 20 está formado por un material dúctil, tal como acero inoxidable extra bajo en carbono. A modo de ejemplo no limitativo, un material que se puede usar para formar el al menos un refuerzo 20 cumple con la norma ASTM A240 y es de Tipo 304L. Debe entenderse que el inventor contempla que otros materiales que tengan una ductilidad mayor que la ductilidad del material usado para formar las paredes 14, 16 y la cubierta 12 del depósito 10 pueden utilizarse para llevar a cabo la presente divulgación y que los ejemplos proporcionados en el presente documento son a modo de ejemplo no limitativo.

Además, cualquiera de los aceros inoxidables de los tipos y subtipos 304, 316 o 201 se utilizan para formar el al menos un refuerzo 20. Alternativamente, aleaciones de acero inoxidable súper austenítico tales como 25-6HN vendidas bajo la marca comercial INCOLOY® y C-276 vendidas bajo la marca comercial INCONEL®, ambas marcas comerciales registradas de Huntington Alloys of Huntington, WV, se utilizan para formar al menos un refuerzo. 20.

ES 2 856 837 T3

Los tipos de acero inoxidable utilizados en el al menos un refuerzo 20 son aleaciones austeníticas que contienen cromo y níquel (a veces manganeso y nitrógeno), y están estructurados alrededor de la composición Tipo 302 de hierro, 18% de cromo (porcentaje en peso) y 8% de níquel (porcentaje de peso). El acero inoxidable austenítico puede ser recocido, trabajado en caliente o en frío.

5 Cuando el al menos un refuerzo 20 se suelda al depósito 10, el al menos un refuerzo 20 se integra con el depósito 10. Las soldaduras 18 se forman utilizando una soldadura estándar de la American Welding Society (AWS) o una Canadian Standards Association (CSA) conocida por las personas con conocimientos ordinarios en la técnica. Por ejemplo, en base al espesor de la placa de la pared 14, 16 del depósito, el tamaño de la soldadura variará según los estándares de AWS y/o CSA. Típicamente, las soldaduras 18 utilizadas para unir al menos un refuerzo 20 a las paredes laterales 14, 16 y la cubierta 12, respectivamente, son soldaduras de penetración parcial. En el caso de la pared lateral 14, 16 y la interfaz 13 de la cubierta 12, la soldadura puede ser una soldadura 13 de penetración total o parcial, dependiendo de la aplicación.

10 Como se mencionó anteriormente, al menos un refuerzo 20 se suelda a las correspondientes paredes 14, 16 y/o cubierta 12 del depósito soldando las bridas 23 a la superficie exterior de las paredes del depósito 14, 16 y/o cubierta del depósito 12. El al menos un refuerzo 20 puede formar un hueco con respecto a la correspondiente pared del depósito 14, 16 o cubierta 12. Alternativamente, el espacio se puede llenar con un material tal como arena para cambiar la frecuencia natural del al menos un refuerzo 20 durante el funcionamiento del transformador de energía 100 o del reactor de derivación 200. El al menos un refuerzo 20, cuando está unido a las paredes 14, 16 del depósito, está unido vertical o perpendicularmente con respecto al plano de la pared inferior 38 del depósito 10. Alternativamente, el al menos un refuerzo 20 está unido horizontal o paralelamente con respecto al plano de la pared inferior 38 del depósito 10.

15 El al menos un refuerzo 20 proporciona al depósito 10 la ventaja de la rigidez en la deformación elástica del material durante las condiciones de servicio y la flexibilidad en la deformación del plástico durante una alta sobrepresión. Un depósito 10 que tiene paredes laterales 14, 16 con al menos un refuerzo 20 formado de un material más dúctil que las paredes laterales 14, 16 aumenta la energía del arco absorbida por la deformación plástica para reducir el riesgo de rotura del depósito 10. El impacto general es que el depósito 10 con al menos un refuerzo dúctil 20a tiene una mayor flexibilidad al reducir el gradiente de aumento de presión, como se explicará con más detalle a continuación, y por lo tanto puede contener más energía de arco que un depósito 10 sin la ductilidad del menos un refuerzo 20.

20 Un ejemplo del material utilizado en las paredes laterales del depósito 14, 16 y la cubierta 12 es el acero CSA G40.21 grado 50W u otro tipo de acero dulce que cumpla con la norma ASTM A36. Otro tipo más de material utilizado en las paredes del depósito 14, 16 y la cubierta 12 es un acero dulce que cumple con el estándar A572. Otros ejemplos de materiales usados para formar el depósito 10 y el al menos un refuerzo 20, respectivamente, se presentan en la Tabla 1 junto con los valores para las propiedades del material correspondientes: límite elástico, tensión de tracción y porcentaje de elongación a la rotura.

25 Los valores de las propiedades del material enumerados en la Tabla 1 son todos valores mínimos para cada medida de tracción en particular. Un experto en la materia reconocerá que los posibles valores medidos para cada propiedad de tracción y tipo de material pueden ser mayores que los valores enumerados en la Tabla 1. El acero dulce usado en el depósito 10 y el acero inoxidable usado en al menos un refuerzo 20 tiene la forma de una hoja, tira, placa, viga o barra plana.

30 En la Tabla 1 a continuación, la columna 'Uso' se refiere a si el material se utiliza para formar el depósito 10 o el al menos un refuerzo 20, la columna 'General' se refiere a la clasificación general del material, la columna 'Tipo de material' se refiere a especificaciones de materiales particulares según lo definido por ASTM u otras organizaciones de normas, 'Rendimiento' se refiere al límite elástico mínimo y es el punto en el que el material comienza a deformarse plásticamente, 'Tracción' se refiere al esfuerzo máximo que un material puede soportar mientras es estirado o traccionado antes de fallar o romperse, y 'Elongación' se refiere al 'Elongación a la rotura' expresado como un porcentaje (%) y es la relación entre la longitud inicial y la longitud modificada de la muestra en el punto de fractura o deformación del material.

Tabla 1

USO	GENERAL	TIPO DE MATERIAL	RENDIMIENTO	TENSIÓN	ELONGACIÓN
Material del depósito	Acero dulce	Acero CSA G40.21 grado 44W	300 MPa	450 MPa	21%
Material del depósito	Acero dulce	Acero CSA G40.21 grado 50W	350 MPa	450 MPa	22%

ES 2 856 837 T3

USO	GENERAL	TIPO DE MATERIAL	RENDIMIENTO	TENSIÓN	ELONGACIÓN
Material del depósito	Acero dulce	Acero ASTM A572 grado 42	290 MPa	415 MPa	24%
Material del depósito	Acero dulce	Acero ASTM A36	250 MPa	400 MPa	23%
Material del depósito	Acero dulce	Acero ASTM A572 grado 50	345 MPa	450 MPa	21%
Material de refuerzo	Acero inoxidable austenítico	Acero inoxidable ASTM A666 tipo 316 (trabajado en frío 1/16)	310 MPa	585 MPa	35%
Material de refuerzo	Acero inoxidable austenítico	Acero inoxidable ASTM A666 tipo 316 (recocido)	205 MPa	515 MPa	40%
Material de refuerzo	Acero inoxidable austenítico	Acero inoxidable ASTM A666 tipo 304 (trabajado en frío 1/16)	310 Mpa	550 MPa	35%
Material de refuerzo	Acero inoxidable austenítico	Acero inoxidable ASTM A666 tipo 304 (recocido)	205 MPa	515 MPa	40%

- 5 Ciertas combinaciones de los materiales anteriores para usar en la formación del depósito 10 y al menos un refuerzo 20 pueden proporcionar mejores resultados que otras combinaciones, según las pruebas realizadas por el inventor de la presente divulgación. De acuerdo con la invención, un material usado en la formación de la cubierta del depósito 12 y las paredes laterales 14, 16 que tiene una medición de la tensión de fluencia que es mayor que la medición de la tensión de fluencia del material usado para formar el al menos un refuerzo 20, dará como resultado una construcción del depósito 10 con mayor flexibilidad. En particular, el diseño de depósito más flexible usando los materiales de la Tabla 1 se logra cuando la medición del límite elástico del material usado para formar las paredes laterales 14, 16 es al menos 20 MPa mayor que el valor del límite elástico del material usado para formar el al menos un refuerzo 20.
- 10 Además, el porcentaje de elongación a la rotura del material utilizado en al menos un refuerzo 20 es al menos un 10% mayor que el porcentaje de elongación a la rotura del material utilizado para formar las paredes 14, 16 y la cubierta 12 del depósito 10, aunque todas las combinaciones de material de refuerzo 20 y material del depósito 10 que se pueden hacer a partir de los datos de la Tabla 1 permitirán cumplir con la diferencia en el porcentaje de elongación requerido.
- 15 Con respecto a la medición de la tensión de tracción, es importante tener en cuenta que el acero de alta resistencia y baja aleación (HSLA) no tiene la elongación de rotura deseada (%) y los valores medidos de tensión de tracción adecuados para su uso en el depósito 10 o al menos un material de refuerzo 20. HSLA tiene un valor de tensión de tracción mayor junto con un valor de % de elongación a la rotura más bajo que hace que HSLA no sea adecuado para llevar a cabo la presente divulgación. Asimismo, el uso de un material de depósito 10 y material de refuerzo 20 que tengan valores de tracción medidos que sean demasiado similares, puede evitar que el depósito 10 se expanda en respuesta a la sobrepresión. También debe tenerse en cuenta que el depósito 10 y al menos un refuerzo 20 no deben estar formados de acero inoxidable en una instalación sobre el suelo porque esa disposición no puede bloquear el campo magnético generado durante el funcionamiento del transformador de energía 100 o del reactor de derivación 200. Sin embargo, el depósito 10 y al menos un refuerzo 20 pueden estar formados ambos de acero inoxidable si el transformador 100 está ubicado en un entorno submarino.
- 20 La composición química de varios materiales del depósito 10 y al menos un refuerzo 20 se proporciona en las Tablas 2-9, a modo de ejemplo no limitativo. Las composiciones químicas de los diversos aceros inoxidables y aceros suaves ejemplares se proporcionan en porcentaje en peso (% en peso) en las tablas 2-9, basado en el peso total. Los valores de porcentaje en peso 'Min' (Mínimo) y 'Max' (Máximo) para cada elemento en una composición se proporcionan en las tablas 2-9. Un (-) en la columna Mín indica que un elemento puede estar presente en el compuesto en cantidades de traza hasta el valor Máximo. Un (-) en la columna Max indica que no hay un valor Max especificado para el elemento en el compuesto.
- 30

ES 2 856 837 T3

Tabla 2

Composición química - Acero CSA G40.21 grado 50W		
Elemento	Min	Max
C	-	0,23
Mn	0,5	1,5
P	-	0,04
S	-	0,05
Si	-	0,4
Nb + V	-	0,1

Tabla 3

Composición química - Acero CSA G40.21 grado 44W		
Elemento	Min	Max
C	-	0,22
Mn	0,5	1,5
P	-	0,04
S	-	0,05
Si	-	0,4
Nb + V	-	0,1

Tabla 4

Composición química - Acero ASTM A572 grado 42		
Elemento	Min	Max
C	-	0,21
Mn	-	1,35
P	-	0,04
S	-	0,05
Si	-	0,4
Cu	0,2	-
Nb	0,005	0,05

Tabla 5

Composición química: acero ASTM A36		
Elemento	Min	Max
C	-	0,29
Mn	0,85	1,35
P	-	0,04
S	-	0,05
Si	-	0,4
Cu	0,2	-

Tabla 6

Composición química - Acero ASTM A572 grado 50		
Elemento	Min	Max
C	-	0,23
Mn	-	1,35
P	-	0,04
S	-	0,05
Si	-	0,4
Cu	0,2	-
Nb	0,005	0,05

Tabla 7

Composición química: acero inoxidable ASTM A666 tipo 316 (trabajado en frío o recocido)		
Elemento	Min	Max
C	-	0,08
Mn	-	2
P	-	0,045
S	-	0,03
Si	-	0,75
Ni	10	14
Cr	16	18
Mo	2	3

Tabla 8

Composición química: acero inoxidable ASTM A666 tipo 304 (trabajado en frío o recocido)		
Elemento	Min	Max
C	-	0,08
Mn	-	2
P	-	0,045
S	-	0,03
Si	-	0,75
Ni	8	10,5
Cr	18	20
N	-	0,1

Tabla 9

Composición química: acero inoxidable ASTM A666 tipo 304L (trabajado en frío o recocido)		
Elemento	Min	Max
C	-	0,03
Mn	-	2
P	-	0,045
S	-	0,03
Si	-	0,75
Ni	8	12
Cr	18	20
N	-	0,1

El acero dulce utilizado para construir el depósito 10 tiene la siguiente composición en porcentaje en peso basado en el peso total:

0% ≤ carbono ≤ 0,29%;

5 0,5% ≤ manganeso ≤ 1,5%;

0% ≤ fósforo ≤ 0,04%;

0% ≤ azufre ≤ 0,05%;

0% ≤ silicio ≤ 0,4%; y el resto está constituido por hierro. Además, otros elementos pueden estar presentes en cantidades de traza.

10 Los aceros dulces de la norma CSA G40.20/G40.21 grados 44W y 50W tienen, además de los intervalos de composición por porcentaje en peso enumerados anteriormente: 0% ≤ niobio + vanadio ≤ 0,1%.

Los aceros dulces que cumplen con la norma ASTM A36, la norma ASTM A572 Grado 42 Tipo 1 y Grado 50 Tipo 1 tienen, además de los rangos enumerados para los elementos C, Mn, P, S y Si anteriores, al menos 0,2% por porcentaje en peso de cobre.

15 En otras palabras, el acero dulce utilizado en las paredes laterales 14, 16 y cubierta 12, además de tener los elementos C, Mn, P, S y Si, incluye en su composición un elemento seleccionado del grupo que consiste en: 0% ≤ niobio + vanadio ≤ 0,1% y al menos 0,2% por ciento en peso de cobre.

El acero dulce que cumple con la norma ASTM A572 Grado 42 Tipo 1 y Grado 50 Tipo 1 tiene, además de los rangos enumerados para los elementos C, Mn, P, S, Si y Cu anteriores: 0,005 ≤ niobio ≤ 0,05, porcentaje en peso.

20 El acero inoxidable austenítico utilizado en el al menos un refuerzo 20 tiene la siguiente composición en porcentaje en peso basado en el peso total:

0,03% ≤ carbono ≤ 0,08%;

0% ≤ manganeso ≤ 2,0%;

0% ≤ fósforo ≤ 0,045%;

25 0% ≤ azufre ≤ 0,03%;

0% ≤ silicio ≤ 0,75%;

8% ≤ níquel ≤ 14%;

16% ≤ cromo ≤ 20%;

30 0% ≤ nitrógeno ≤ 0,1%; y el resto está constituido por hierro (Fe). Debe entenderse que cualquier elemento enumerado como 0% puede estar presente en cantidades de traza y que otros elementos pueden estar presentes en

ES 2 856 837 T3

cantidades de traza en cualquiera de las composiciones de acero y acero inoxidable mencionadas en el presente documento.

5 Cabe señalar que además de los elementos enumerados en los intervalos anteriores, el acero inoxidable ASTM A666 Tipo 316 también contiene molibdeno, expresado en porcentaje en peso basado en el peso total, de la siguiente manera: $2\% \leq \text{molibdeno} \leq 3\%$.

10 Con referencia ahora a las figuras 2a-2f, se muestran varias geometrías de al menos un refuerzo 20. Debe entenderse que las geometrías se presentan a modo de ejemplo no limitativo y que el inventor contempla otras formas. Las figuras 2A y 2F muestran al menos un refuerzo 20a que es una viga en forma de U, tal como un elemento de canal en forma de U. El al menos un refuerzo 20a en forma de viga en forma de U está formado por un material que tiene un espesor (la dimensión Z en la figura 2F) de 5/16 de pulgada (aproximadamente 7,87 mm), 3/8 de pulgada (aproximadamente 9,65 mm), 1/2 pulgada (12,7 mm) o 5/8 pulgada (aproximadamente 15,87 mm).

15 El al menos un refuerzo 20a, 20b, 20c, 20d, 20e se une al depósito 10 soldando las bridas 23 o los lados de los respectivos refuerzos, a lo largo de la longitud de las bridas 23, a 20a, 20b, 20c, 20d, 20e a la respectiva pared lateral 14, 16 y/o cubierta 12. El ancho (la dimensión X en la figura 2F), la altura (la dimensión Y en la figura 2F), el espesor, la cantidad y la posición del al menos un refuerzo 20a, 20b, 20c, 20d, 20e se pueden ajustar para optimizar la flexibilidad del depósito 10.

20 El primer y segundo extremos del al menos un refuerzo 20a, 20b, 20c, 20d, 20e están generalmente separados de la cubierta 12 y la pared inferior 38, respectivamente. En algunos casos, el primer y segundo extremos del al menos un refuerzo 20a están alineados con la cubierta 12 y la pared inferior 38, respectivamente. Alternativamente, el al menos un refuerzo 20a, 20b, 20c, 20d, 20e se une directamente a la cubierta 12 usando una pletina cilíndrica 32 o una pletina de placa 44 como se describirá más adelante con referencia a las figuras 7, 7a y 7b.

25 El al menos un refuerzo 20a, 20b, 20c, 20d son vigas y el al menos un refuerzo 20e es una barra. Todos los refuerzos tienen un primer y segundo extremos 20a, 20b, 20c, 20d, 20e. Al menos uno del primer y segundo extremos tiene un borde biselado 25. Los bordes biselados 25 del al menos un refuerzo 20 generalmente se colocan cerca de la costura (donde se unen dos placas utilizadas para formar las paredes laterales 14, 16) de la pared lateral del depósito 14, 16 o la cubierta 12, próxima a la interfaz 13 entre las paredes laterales 14, 16 y la cubierta 12, o próxima a la interfaz entre las paredes laterales 14, 16 y la pared inferior 38. Debe entenderse que el número y el tipo del al menos un refuerzo 20a, 20b, 20c, 20d, 20e unido a las paredes laterales 14, 16 y/o la cubierta 12 varían dependiendo de la aplicación.

30 Continuando con la referencia a las figuras 2B-2E, el al menos un refuerzo de los tipos 20b, 20c, 20d tiene espesores similares al refuerzo en forma de U 20a y está unido integralmente con la correspondiente pared del depósito 14, 16 y/o la cubierta 12 mediante soldaduras 18 que conectan las bridas 23 a la correspondiente pared 14, 16 y/o cubierta 12 del depósito. Con referencia a la figura 2B, se muestra un refuerzo de viga en forma de T 20b. Con referencia ahora a la figura 2C, se muestra un refuerzo de viga en forma de W 20c. Con referencia ahora a la figura 2D, se muestra un refuerzo de viga en forma de L 20d.

35 Por último, la figura 2E muestra un refuerzo de barra 20e que está unida a la correspondiente pared 14, 16 o cubierta 12 del depósito mediante una soldadura 18 o dos soldaduras en ángulo. El refuerzo de barra 20e actúa como un refuerzo para la pared 14, 16 del depósito o la cubierta 12 a la que se fija el refuerzo de barra 20e. El refuerzo de barra 20e está formado por un material que tiene un espesor de hasta dos veces más grueso que los otros tipos de al menos un refuerzo 20a, 20b, 20c, 20d, y una superficie lateral completa del refuerzo de barra 20e puede soldarse a la superficie correspondiente de la pared del depósito 10 o cubierta 12, 14, 16, 38. Por el contrario, los otros tipos de al menos un refuerzo 20a, 20b, 20c, 20d tienen bridas 23 o porciones de las bridas 23 soldadas a la superficie exterior correspondiente de la pared lateral o cubierta 12, 14, 16.

45 Con referencia ahora a la figura 3, se muestra un transformador de energía 100 que tiene una clasificación de 550 MVA y 735/315/12,5 kV. El transformador de energía 100 es un autotransformador monofásico o trifásico, que tiene un solo devanado por fase, a diferencia de los devanados primario y secundario separados y eléctricamente aislados de un típico transformador de doble devanado. El devanado tiene dos terminales de extremo y al menos un terminal de derivación.

50 En un autotransformador, la tensión primaria se aplica a través de dos de los terminales y la tensión secundaria se toma de dos terminales. Un primer extremo del devanado está conectado a un manguito 24 que se extiende desde la cubierta 12 del depósito 10. Debe entenderse que, aunque el ejemplo de transformador de energía 100 proporcionado es un autotransformador, el depósito de acero dulce 10 que tiene al menos un refuerzo 20 formado de acero inoxidable unido al mismo, puede aplicarse a cualquier transformador de energía que tenga fluido dieléctrico como medio aislante.

55 El transformador de energía 100 tiene al menos un refuerzo 20a, 20e soldado a las paredes del depósito 14, 16 y la cubierta del depósito 12 como se muestra. El al menos un refuerzo del tipo 20a son vigas en forma de U que se unen a la superficie exterior de las paredes 14, 16 del depósito soldando las bridas 23 de al menos un refuerzo 20a

a las correspondientes paredes 14, 16 del depósito. Uno de al menos un refuerzo del tipo 20a está soldado a la pared lateral 14 y dos del al menos un refuerzo del tipo 20a están soldados a la pared lateral 16.

5 Cada uno del al menos un refuerzo 20a está posicionado perpendicularmente con respecto al plano de la pared inferior 38. Al menos un refuerzo del tipo 20e está unido a la pared lateral 14 junto con el refuerzo arqueado 22 y se usa para reforzar la cámara del manguito 26 y distribuir la tensión que actúa sobre la cámara del manguito 26 a las paredes laterales 14, 16 del depósito 10.

10 El refuerzo arqueado 22 rodea la circunferencia de la cámara del manguito 26 y está soldado o fijado de otro modo a la pared lateral 14 y la cámara del manguito 26. La cámara de manguito 26 y, por lo tanto, el refuerzo arqueado 22 están configurados para reducir el espacio y la cantidad de fluido aislante dentro del transformador de energía 100. Además, en la pared lateral 14 se muestran las conexiones del sistema de refrigeración 28. Debe entenderse que las paredes laterales opuestas 16 tienen la misma o similar ubicación y el número de al menos un refuerzo 20a y que las paredes laterales opuestas 14 tienen la misma o similar ubicación y el número del al menos un refuerzo de los tipos 20a, 20e en el presente ejemplo, sin embargo, puede que no sea el caso en otras aplicaciones.

15 Además, al menos un refuerzo 20e está unido a la cubierta del depósito 12 para reforzar la conexión 21 entre la cubierta 12 y la parte activa del transformador, tal como el núcleo y al menos un devanado de bobina. La figura 3 muestra doce del al menos un refuerzo 20e soldado a la cubierta 12 en un patrón de rejilla. El al menos un refuerzo 20e soporta la conexión 21 entre la cubierta 12 y la parte activa del transformador de energía 100, distribuyendo así la fuerza experimentada por la conexión 21 sobre un área mayor, reduciendo la tensión localizada en la conexión 21 entre la parte activa y la cubierta 12. El patrón de rejilla del al menos un refuerzo del tipo 20e se forma soldando la porción biselada del al menos un refuerzo próximo a la conexión 21. El al menos un refuerzo 20e puede soldarse próximo a la conexión 21 como se muestra en la figura 3, de modo que tres o más del al menos un refuerzo 20e estén próximos a cada conexión 21 entre la cubierta 12 y la parte activa.

20 Se determinó mediante simulación numérica que durante condiciones de sobrepresión dentro del depósito 10, tales como mayores de 69 kPa, que el desplazamiento hacia arriba de la cubierta 12 era demasiado alto. Por lo tanto, el al menos un refuerzo 20e fue soldado a la cubierta 12 del depósito para soportar y proteger adicionalmente la conexión 21 entre la cubierta 12 y la parte activa. Debe entenderse que la disposición de al menos un refuerzo de los tipos 20a, 20e como se muestra en las figuras 3 y 4 son a modo de ejemplo no limitativo y que el inventor contempla otras disposiciones.

25 El transformador de energía 100 también puede tener abrazaderas en forma de C (no mostradas) para reforzar las soldaduras de costura de la pared lateral 14, 16. Debe entenderse que las abrazaderas en forma de C también se pueden usar para reforzar la cubierta del depósito 12 y las soldaduras 13 que fusionan la cubierta con las paredes laterales del depósito 14, 16 en el borde más externo de las paredes laterales 14, 16 y ligeramente hacia adentro desde los bordes de la cubierta 12.

30 Con referencia ahora a la figura 4, se muestra un reactor de derivación 200 que tiene una energía nominal de 140 MVA y 315 kV. Los reactores de derivación 200 se utilizan para compensar la energía reactiva y generalmente tienen un núcleo con uno o más huecos no magnéticos en al menos un elemento. Los huecos no magnéticos en al menos una rama del reactor de derivación 200 se pueden llenar con un material aislante. Puede haber un espacio no magnético en cada rama del núcleo con los espacios no magnéticos colocados dentro o fuera del devanado correspondiente montado en al menos una rama. Un primer extremo del devanado está conectado a un manguito 24 que se extiende desde la cubierta 12 del depósito 10. El reactor de derivación 200 puede ser monofásico o trifásico, dependiendo de la aplicación.

35 El depósito 10 del reactor de derivación 200 tiene dos del al menos un refuerzo 20a unido a cada una de las paredes laterales 16 y al menos un refuerzo 20a unido a cada una de las paredes laterales 14. En particular, al menos un refuerzo 20a está unido al borde de la pared lateral 16 donde se forma una costura entre las paredes laterales 14, 16 y otro al menos un refuerzo 20a está unido a la pared lateral 16 de modo que un borde del refuerzo 20a está alineado próximo a un punto medio de la pared lateral 16. Además, al menos un refuerzo 20a está unido a la pared lateral 14 en un punto medio de la pared lateral 14 y adicionalmente proporciona refuerzo al pozo de registro 28. Debe entenderse que, en el presente ejemplo, hay dos paredes laterales opuestas 14 que son imágenes especulares y dos paredes laterales opuestas 16 que son imágenes especulares en términos de dimensiones y el al menos un refuerzo 20a fijado a las mismas.

40 Debe entenderse que la posición predeterminada y el número de refuerzos pueden variar dependiendo de la aplicación y los parámetros operativos deseados como se mencionó anteriormente y que la ubicación y el número de refuerzos descritos en el presente documento se proporcionan a modo de ejemplo no limitativo.

45 Con referencia ahora a la figura 5, un gráfico 40 representa el aumento de volumen permitido por un depósito de acero dulce 10 para un autotransformador 100 que tiene al menos un refuerzo 20 formado de acero inoxidable unido a un depósito de acero dulce 10 en comparación con el aumento de volumen en un depósito formado de acero dulce y que tiene refuerzos de acero dulce 50. El acero inoxidable del al menos un refuerzo 20 permite la absorción de la energía del arco ejercida sobre el depósito 10 de un autotransformador 100 durante un evento de fallo de arco.

55

Por ejemplo, el volumen total dentro del depósito 10 puede aumentar aproximadamente un 28% a una presión de 400 kPa, que es la presión determinada por un software de simulación numérica en el punto de rotura del depósito. El aumento del 28% en el volumen a 400 kPa permite la expansión del gas dentro del depósito 10 y representa una comparación entre el volumen de expansión (en m³) de un depósito formado de acero dulce que tiene refuerzos de
 5 acero dulce unidos al mismo 50 respecto a un depósito formado de acero dulce con refuerzos de acero inoxidable unidos al mismo 60. La energía del arco contenida por un transformador de energía 100 que tiene un depósito de acero dulce 10 con al menos un refuerzo 20 formado de acero inoxidable unido al mismo 60 es de al menos 11 megajulios (MJ).

Con referencia ahora a la figura 6, un gráfico 70 que muestra la presión en kilopascales (kPa) respecto al volumen de expansión en metros cúbicos (m³) en un volumen interno de un depósito del reactor de derivación 200 formado de acero dulce 10 que tiene refuerzos de acero inoxidable unidos al mismo 60 en comparación con un depósito del reactor de derivación 200 formado con un depósito de acero dulce y refuerzos 50. El depósito del reactor de derivación 10 de acero dulce y que tiene al menos un refuerzo 20 de acero inoxidable unido al mismo 60 permitió que el depósito 10 soportara un aumento de volumen del 20% a 520 kPa de presión del depósito sobre un depósito estándar de acero dulce 10 que tenía refuerzos de acero dulce unidos al mismo 50. 520 kPa es la presión estimada en el punto de ruptura de un depósito de reactor de derivación utilizando una simulación numérica estructural no lineal derivada de un paquete de software como ANSYS Mechanical, disponible por parte de ANSYS, Inc. de Canonsburg, Pa. La energía del arco contenida por un reactor de derivación 200 que tiene un depósito de acero dulce 10 con al menos un refuerzo 20 formado de acero inoxidable unido al mismo 60 es de al menos 10 megajulios
 10 (MJ).
 15
 20

En promedio, un depósito de acero dulce 10 que tiene al menos un refuerzo 20a formado de acero inoxidable unido al mismo proporciona una resistencia del treinta por ciento de sobrepresión en relación con la presión de funcionamiento nominal máxima para los transformadores de energía 100 y los reactores de derivación 200. Las figuras 5 y 6, que representan un aumento en la flexibilidad en el depósito de acero dulce con refuerzos de acero inoxidable dúctil 60 sobre un depósito que tiene refuerzos formados de acero dulce 50, se crearon utilizando una simulación numérica estructural no lineal derivada de un paquete de software como se mencionó anteriormente.
 25

El proceso del inventor para optimizar el depósito 10 tuvo en cuenta primero el espesor de la pared lateral 14, 16 y de la cubierta 12, las dimensiones de al menos un refuerzo 20, la posición de al menos un refuerzo 20 y la cantidad del al menos un refuerzo 20 usando acero dulce regular tanto para el al menos un refuerzo 20 como para el depósito 10 en una simulación numérica como se mencionó anteriormente. Luego, el al menos un material de refuerzo 20 se cambió por acero inoxidable y se repitió la simulación numérica.
 30

Con referencia ahora a las figuras 7, 7a y 7b, se muestra un transformador de energía 100 que tiene pletinas 32, 44 para reforzar el depósito 10 y al menos un refuerzo 20a. La figura 7A muestra pletinas de placa 44 que tienen un primer y un segundo extremos, el primer extremo se suelda a la cubierta 12 y el segundo extremo se suelda a una superficie lateral del refuerzo 20a. Una tapa 36, formada por una placa de metal, está soldada a los bordes biselados 25 y los bordes laterales 46 del al menos un refuerzo 20a. El al menos un refuerzo 20a se puede llenar con arena u otro material a través del tapón 34 o antes de que la tapa 36 se suelde a los bordes biselados 25 del respectivo al menos un refuerzo 20a. La tapa 36 y el tapón 34 pueden estar formados de acero, acero inoxidable o latón.
 35

La figura 7B muestra pletinas cilíndricas 32 que tienen un primer y un segundo extremos, estando soldado el primer extremo a la cubierta 12 del depósito en un primer extremo y soldado a la tapa 36 en un segundo extremo. Debe entenderse que si se usan pletinas, típicamente el mismo tipo de pletina 32, 44, se usará la pletina cilíndrica 32 o la pletina 44 para todo el depósito 10 aunque los ejemplos se muestran uno al lado del otro en la figura 7. Se pueden utilizar otras formas de pletina de placa, como triangular o en forma de diamante, dependiendo de la aplicación, y se pueden unir directamente a las paredes laterales, 14, 16.
 40

Las pletinas 32, 44 están formadas de acero o acero inoxidable y distribuyen la tensión localizada experimentada por las paredes laterales 14, 16 y las respectivas soldaduras de interfaz de la cubierta 13 o interfaz de pared inferior con las paredes laterales 14, 16. Mientras que las pletinas 32, 44 están construidas para soportar una carga de servicio de vacío de -101,3 kPa y una sobrepresión de al menos 69 kPa experimentada por el depósito 10, las pletinas 32, 44 están diseñadas para deformarse antes del al menos un refuerzo 20, las paredes laterales 14, 16, la pared inferior 38 y la cubierta 12 del depósito 10.
 45
 50

En la medida en que el término "incluye" o "que incluye" se usa en la memoria descriptiva o las reivindicaciones, se pretende que sea inclusivo de una manera similar al término "que comprende", ya que ese término se interpreta cuando se emplea como palabra de transición en una reivindicación. Además, en la medida en que se emplee el término "o" (por ejemplo, A o B) se pretende que signifique "A o B o ambos". Cuando los solicitantes pretendan indicar "solo A o B, pero no ambos", se utilizará el término "solo A o B, pero no ambos". Por lo tanto, el uso del término "o" en el presente documento es el uso inclusivo y no exclusivo. Ver, Bryan A. Garner, A Dictionary of Modern Legal Usage 624 (2a. Ed. 1995). Además, en la medida en que los términos "en" o "entre" se usen en la memoria descriptiva o en las reivindicaciones, se pretende que además signifiquen "sobre" o "arriba de". Además, en la medida en que el término "conectar" se utilice en la memoria descriptiva o en las reivindicaciones, se pretende que
 55

signifique no solo "conectado directamente a", sino también "conectado indirectamente a", como conectado a través de otro componente o componentes.

5 Aunque la presente solicitud ilustra varias realizaciones, y aunque estas realizaciones se han descrito con cierto detalle, el solicitante no tiene la intención de restringir o limitar en modo alguno el alcance de las reivindicaciones adjuntas a tal detalle. A los expertos en la técnica les resultarán evidentes ventajas y modificaciones adicionales. Por lo tanto, la invención, en sus aspectos más amplios, no se limita a los detalles específicos, las realizaciones representativas y los ejemplos ilustrativos mostrados y descritos. Por consiguiente, se pueden hacer desviaciones de tales detalles sin apartarse del alcance de las reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un depósito (10) configurado para recibir un equipo eléctrico y un medio aislante, que comprende:
- 5 una cubierta (12), un fondo (38) y paredes laterales (14, 16) que definen un espacio interno para recibir el equipo eléctrico y el medio aislante, incluyendo dichas paredes laterales (14, 16) al menos un refuerzo (20) unido en posiciones predeterminadas a superficies exteriores correspondientes de dichas paredes laterales del depósito (14, 16),
- 10 caracterizado por que la cubierta (12), el fondo (38) y las paredes laterales (14, 16) están formadas de acero dulce o material de acero inoxidable y dicho al menos un refuerzo (20) está formado de un acero inoxidable o material de acero dulce que tiene en cualquier caso un valor de límite elástico que es menor que el valor del límite elástico del material utilizado para formar dichas paredes del depósito (14, 16), de manera que dicho al menos un refuerzo (20) absorbe energía del arco del medio aislante cuando dicha energía del arco es transferida desde el espacio interno de dicho depósito (10) a dicho refuerzo (20).
2. El depósito (10) de la reivindicación 1, en el que dichos refuerzos (20) están formados por un acero inoxidable austenítico que tiene una composición química que comprende en peso:
- 15 $0,03\% \leq \text{carbono} \leq 0,08\%$;
- $0\% \leq \text{manganeso} \leq 2,0\%$;
- $0\% \leq \text{fósforo} \leq 0,045\%$;
- $0\% \leq \text{azufre} \leq 0,03\%$;
- $0\% \leq \text{silicio} \leq 0,75\%$;
- 20 $8\% \leq \text{níquel} \leq 14\%$;
- $16\% \leq \text{cromo} \leq 20\%$;
- $0\% \leq \text{molibdeno} \leq 3\%$;
- $0\% \leq \text{nitrógeno} \leq 0,1\%$; y el resto está constituido por hierro.
3. El depósito (10) de la reivindicación 1, en el que dichos refuerzos (20) están unidos a dichas paredes laterales (14, 16) y están colocados perpendicularmente con respecto a un plano de dicha pared inferior (38); o
- 25 en el que dichos refuerzos (20) están unidos a dichas paredes laterales (14, 16) y están colocados horizontalmente con respecto al plano de dicha pared inferior.
4. El depósito (10) de la reivindicación 1, en el que dicha cubierta (12) del depósito tiene dicho al menos un refuerzo (20) soldado a la misma.
- 30 5. El depósito (10) de la reivindicación 4, en el que dicha cubierta del depósito tiene una pluralidad de refuerzos (20) de dicho al menos un refuerzo dispuestos en un patrón de rejilla, estando dichos refuerzos (20) configurados para reforzar la conexión entre dicha cubierta (12) del depósito y una parte activa de dicho equipo eléctrico.
6. El depósito (10) de la reivindicación 1, en el que un manguito (24) se extiende desde la cubierta (12) de dicho depósito (10) y se utiliza para reforzar una cámara de manguito (26) y distribuir la tensión que actúa sobre la cámara de manguito (26) a las paredes laterales (14, 16) del depósito (10).
- 35 7. El depósito (10) de la reivindicación 1, en el que el valor del límite elástico del material de refuerzo es al menos 20 MPa menor que el valor del límite elástico del material usado para formar dichas paredes laterales (14, 16).
8. El depósito (10) de la reivindicación 2, en el que dichos refuerzos (20) están formados por un acero inoxidable austenítico que comprende adicionalmente, en porcentaje en peso: $2\% \leq \text{molibdeno} \leq 3\%$.
- 40 9. El depósito (10) de la reivindicación 1, en el que dichos refuerzos (20) están formados por un acero dulce que tiene una composición química que comprende en peso:
- $0\% \leq \text{carbono} \leq 0,29\%$;
- $0,5\% \leq \text{manganeso} \leq 1,5\%$;
- $0\% \leq \text{fósforo} \leq 0,04\%$;
- 45 $0\% \leq \text{azufre} \leq 0,05\%$;

$0\% \leq \text{silicio} \leq 0,4\%$;

un elemento seleccionado del grupo que consiste en: $0\% \leq \text{niobio vanadio} \leq 0,1\%$ y al menos 0,2% por ciento en peso de cobre; y

el resto está constituido por hierro.

- 5 10. El depósito (10) de la reivindicación 1, en el que dicho material de refuerzo tiene un porcentaje de elongación en el valor de rotura que es al menos un diez por ciento más alto que el material usado para formar dicha pared del depósito (14, 16).
11. El depósito (10) de la reivindicación 1, en el que dicho equipo eléctrico es un transformador de energía.
- 10 12. Un método para formar un depósito (10) configurado para recibir un equipo eléctrico y un medio aislante, que comprende:
- proporcionar una cubierta (12), un fondo (38) y paredes laterales (14, 16) que definen un espacio interno para recibir el equipo eléctrico y el medio aislante,
 - unir al menos un refuerzo (20) en posiciones predeterminadas a las superficies exteriores correspondientes de dichas paredes laterales del depósito (14, 16),
- 15 caracterizado por que la cubierta (12), el fondo (38) y las paredes laterales (14,16) están formadas de acero dulce o material de acero inoxidable y dicho al menos un refuerzo (20) está formado de acero inoxidable o material de acero dulce que tiene en cualquier caso un valor de límite elástico que es menor que el valor del límite elástico del material utilizado para formar las paredes del depósito (14, 16), de manera que dicho al menos un refuerzo (20) absorbe energía del arco del medio aislante cuando dicha energía del arco es transferida desde el espacio interno de dicho
- 20 depósito (10) a dicho refuerzo (20).

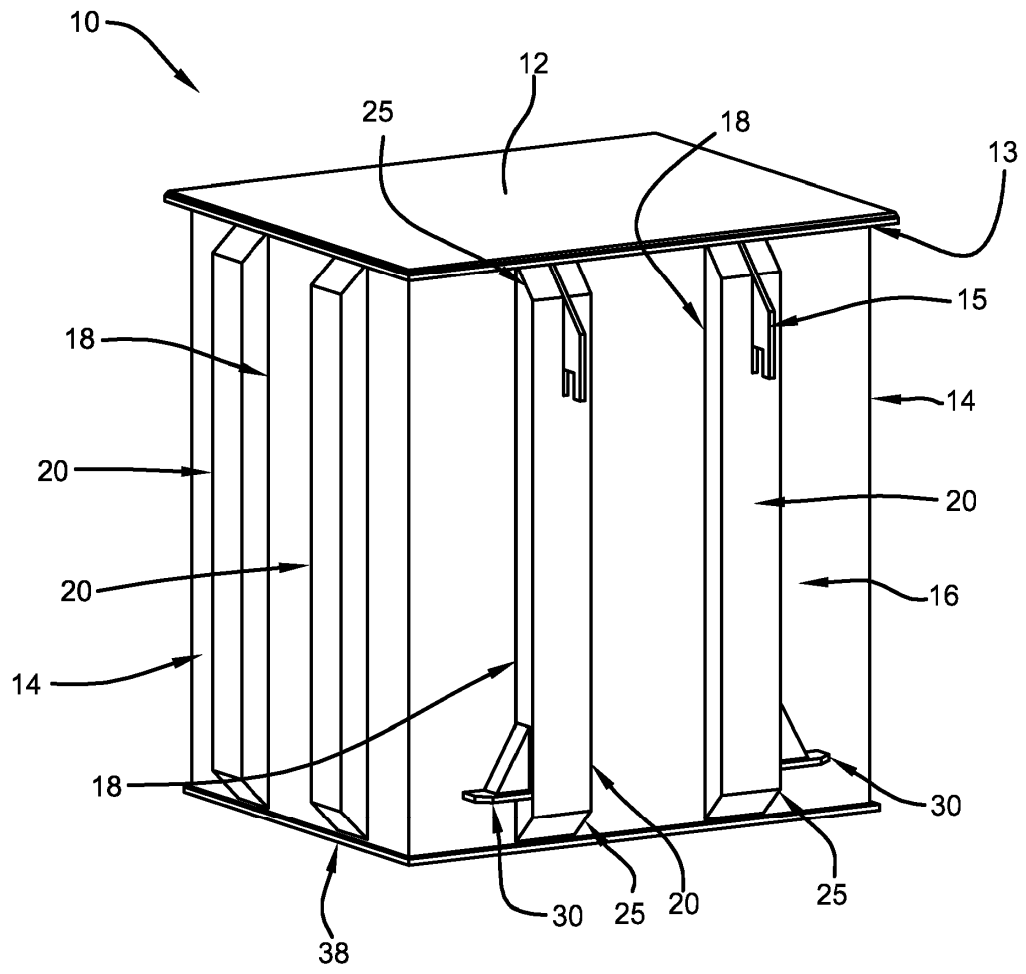
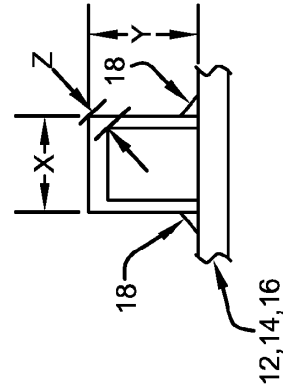
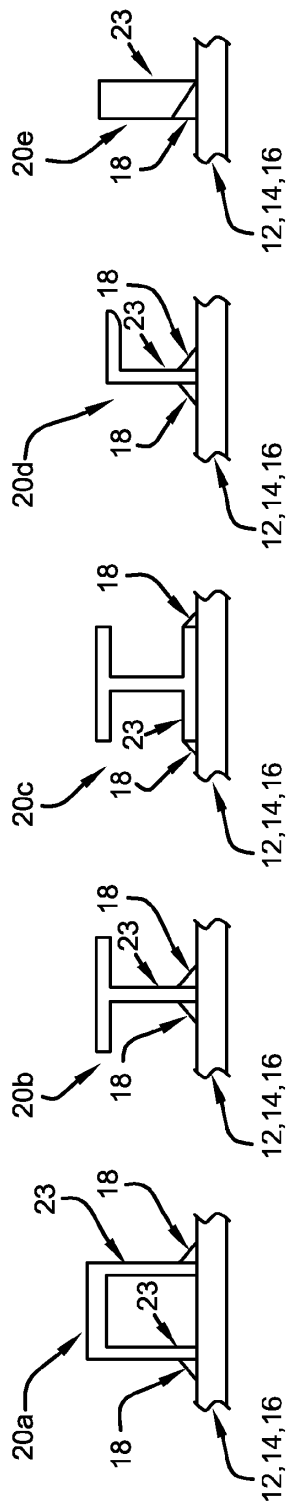


FIG. 1



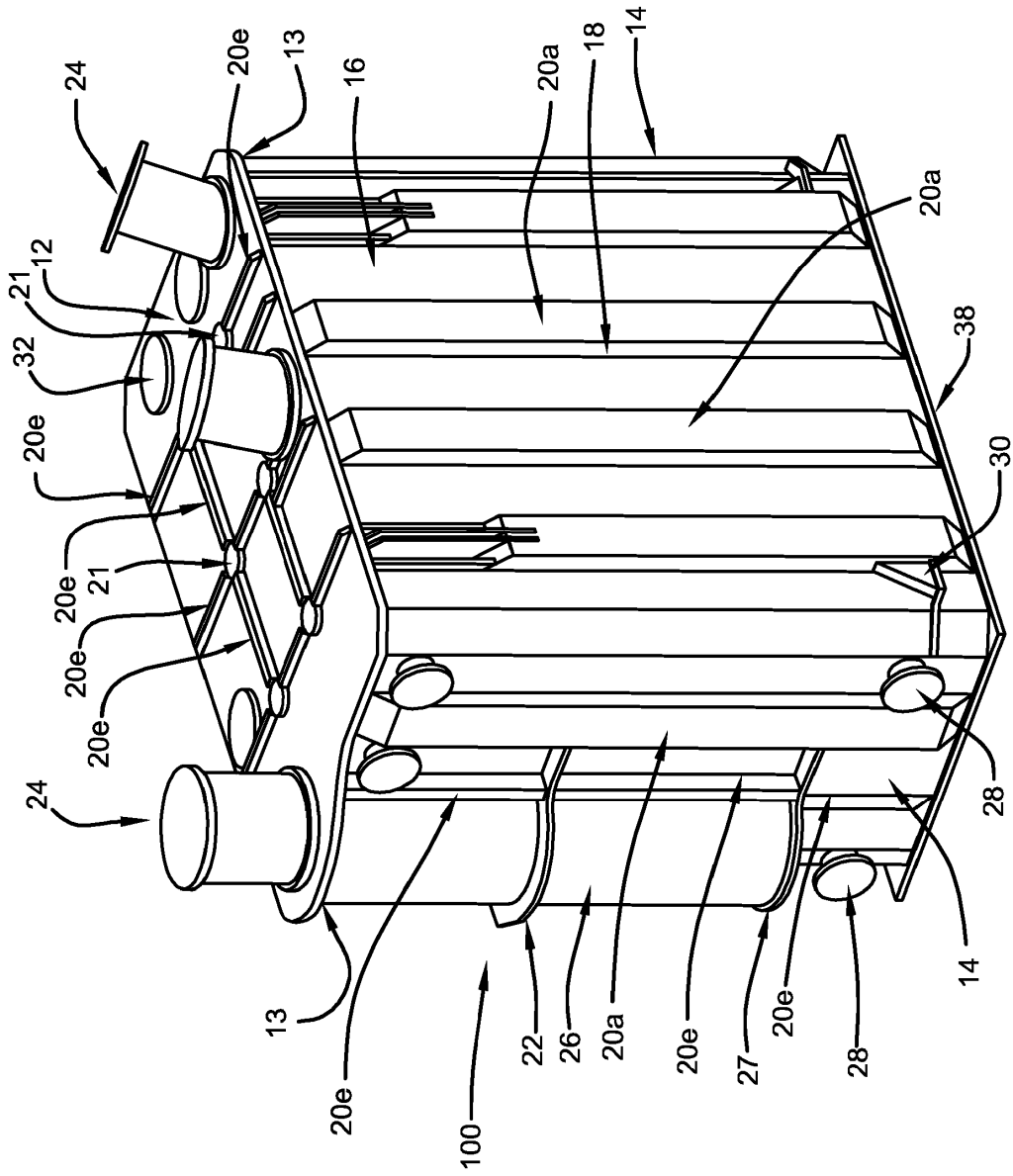


FIG. 3

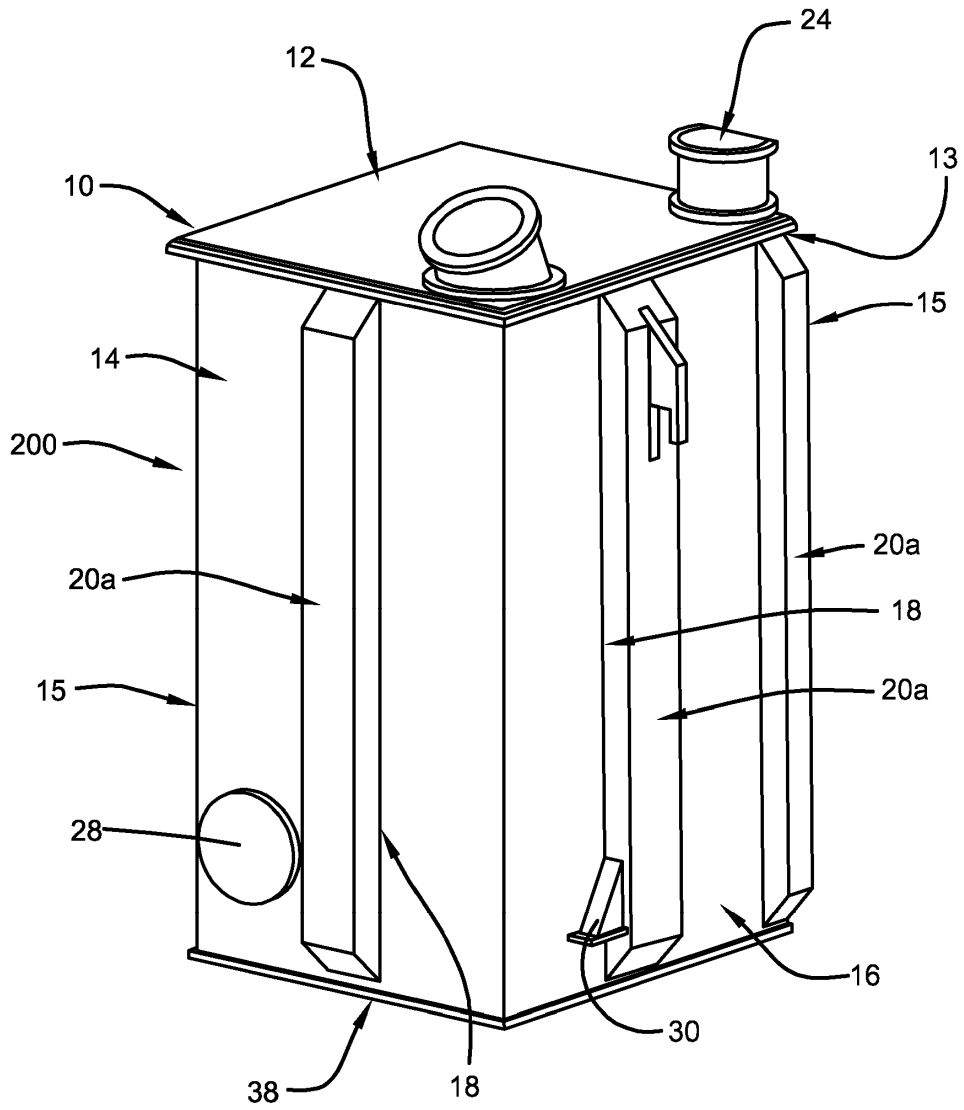


FIG. 4

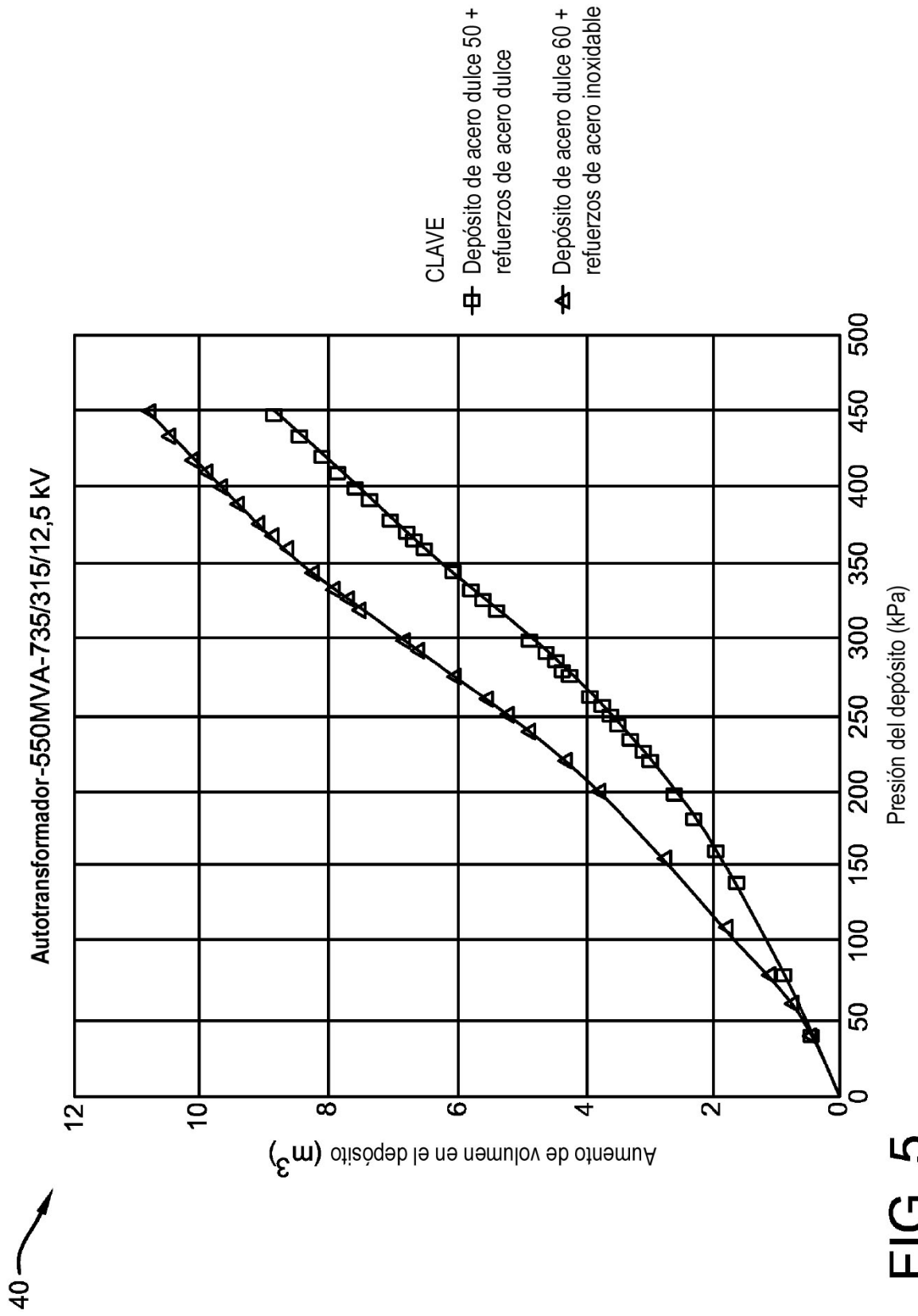


FIG. 5

40 →

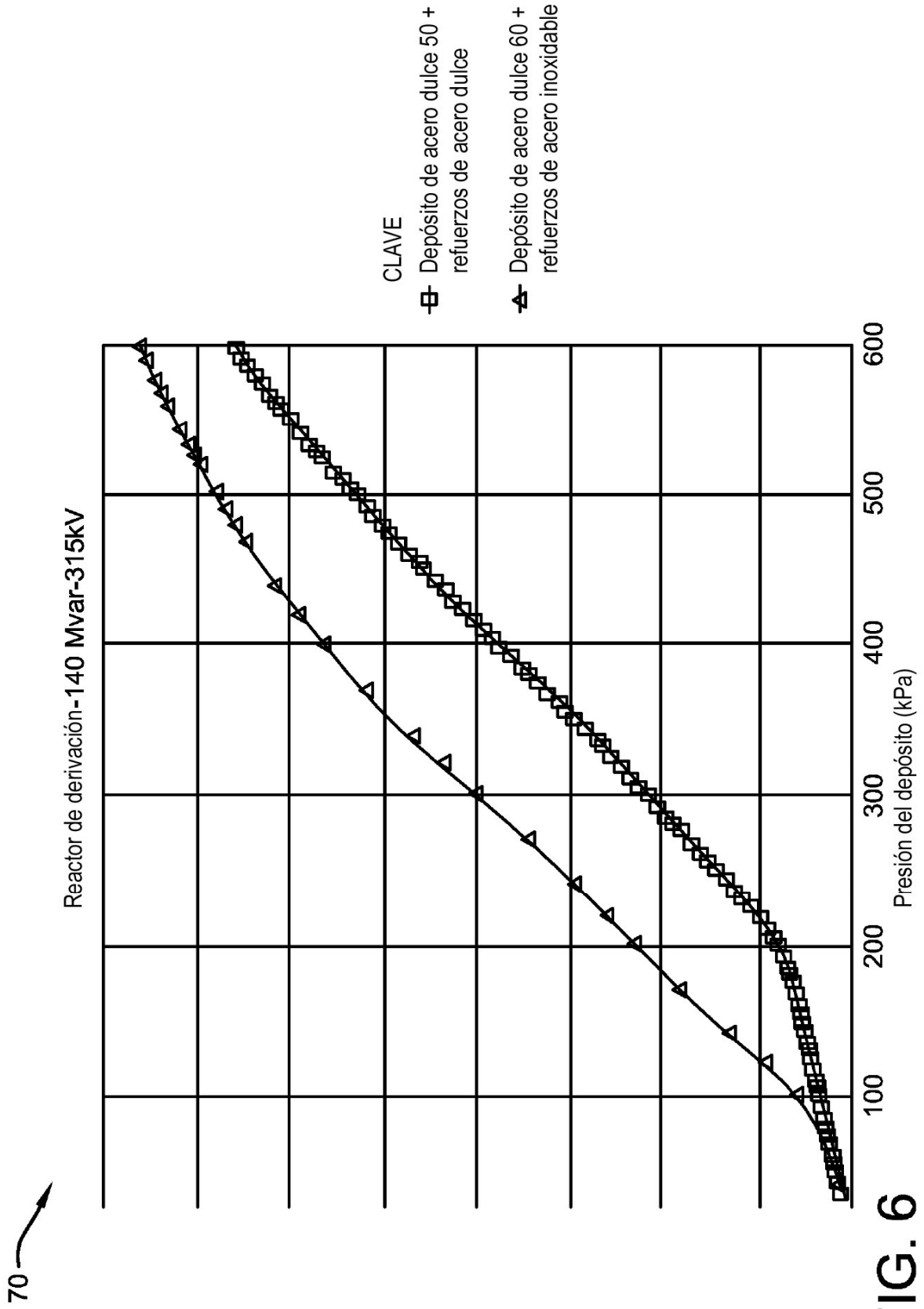


FIG. 6

