

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 807 503**

51 Int. Cl.:

**H01F 27/23** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **19.12.2012 PCT/US2012/070609**

87 Fecha y número de publicación internacional: **27.06.2013 WO13096442**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.12.2012 E 12813652 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.04.2020 EP 2795640**

54 Título: **Sistema de revestimiento resistente a la corrosión para un núcleo de transformador de tipo seco**

30 Prioridad:  
**23.12.2011 US 201113336283**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**23.02.2021**

73 Titular/es:  
**ABB POWER GRIDS SWITZERLAND AG (100.0%)  
Bruggerstrasse 72  
5400 Baden, CH**

72 Inventor/es:  
**SINGH, BANDEEP;  
HARTMANN, THOMAS, A. y  
BALLARD, ROBERT, C.**

74 Agente/Representante:  
**ELZABURU, S.L.P**

**Observaciones:**

**Véase nota informativa (Remarks, Remarques o Bemerkungen) en el folleto original publicado por la Oficina Europea de Patentes**

**ES 2 807 503 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**

Sistema de revestimiento resistente a la corrosión para un núcleo de transformador de tipo seco

**Campo de la invención**

5 La presente solicitud va destinada a un sistema de revestimiento protector para aplicación a núcleos de transformadores, más particularmente para aplicación a núcleos de transformadores de tipo seco.

**Antecedentes**

10 Los transformadores de tipo seco a menudo están expuestos a entornos corrosivos en aplicaciones tanto interiores como exteriores, tales como entornos industriales o marinos. Los factores ambientales e industriales, tales como contaminación, lluvia, nieve, viento, polvo, rayos ultravioletas y salpicaduras de mar contribuyen a la degradación de las capas protectoras aplicadas al transformador. Las partes activas del transformador, tales como el núcleo, son especialmente susceptibles a la corrosión debido a los agentes corrosivos anteriormente mencionados en combinación con las elevadas temperaturas de funcionamiento y las vibraciones del núcleo mientras el transformador se encuentra activo.

15 Se sabe que los revestimientos de la técnica anterior degradan, fisuran y contribuyen al deslaminado del material ferromagnético utilizado para construir el núcleo. El documento US 2011/248808 A1 divulga un transformador de tipo seco para exteriores con un sistema de revestimiento resistente a la corrosión para el núcleo del transformador que comprende: una imprimación rica en zinc, revestimiento de base epoxi y un revestimiento superior hidrófobo de un poliuretano alifático, un epoxi, caucho de silicona u otro tipo de poliuretano. Por lo tanto, es necesario en la técnica una mejora de los revestimientos resistentes a la corrosión para núcleos de transformadores de tipo seco.

20 **Sumario**

En la reivindicación 1 se establece un núcleo de transformador ferromagnético que tiene un sistema de revestimiento resistente a la corrosión.

En la reivindicación 14, se explica un método para formar un núcleo de transformador en el que el núcleo está revestido con un revestimiento protector.

25 **Breve descripción de los dibujos**

30 En los dibujos adjuntos, se ilustran estructuras que, junto con la descripción detallada que se proporciona a continuación, se describen ejemplos útiles para comprender la invención tal como se explica en las reivindicaciones de un sistema de revestimiento protector para un núcleo de transformador de tipo seco. El experto en la materia apreciará que se puede diseñar un componente en forma de múltiples componentes o que múltiples componentes se puedan diseñar como un solo componente.

Además, en los dibujos adjuntos y la descripción siguiente, se indican partes similares a lo largo de los dibujos y la descripción escrita con los mismos números de referencia, respectivamente. Las figuras no están dibujadas a escala y las proporciones de determinadas partes se han exagerado por conveniencia de la ilustración.

La Figura 1 muestra un núcleo lineal a modo de ejemplo de un transformador trifásico de tipo seco;

35 La Figura 2 muestra un transformador de tipo seco a modo de ejemplo que tiene un núcleo no lineal;

La Figura 3 es una vista en sección lateral de un yugo del núcleo lineal a modo de ejemplo de la Figura 1 que tiene al menos tres capas de un sistema de revestimiento realizado de acuerdo con la presente invención; y

La Figura 4 muestra una capa de sellante de silicona aplicada a los bordes exteriores del yugo de la Figura 3 después de la aplicación de las al menos tres capas del sistema de revestimiento.

40 **Descripción detallada**

45 En referencia a la Figura 1, se muestra un núcleo 18 a modo de ejemplo de un transformador 100 trifásico de tipo seco. Se debe entender que, aunque se muestra un núcleo 18 con una pata 26 interna dividida, el sistema de revestimiento 60 que se describe en la presente memoria es adecuado para aplicación a diversas configuraciones del núcleo 18. El núcleo 18 está compuesto por una pluralidad de laminados aplicados. Los laminados 90 están compuestos por un material ferromagnético tal como acero al silicio o metal amorfo.

50 Los laminados 90 se componen de placas de pata y yugo 80, 82, 84 que se apilan para formar yugos superior e inferior 24 y patas 26, 48 de núcleo interior y exterior. Las placas de pata 82 de la pata 26 de núcleo interior dividida encajan en las muescas 86 formado en los yugos superior e inferior 24. Cada laminado 90 tiene aberturas (no mostradas) perforadas para permitir que los laminados apilados 90 se conecten juntos mediante tornillos u otros medios de fijación. Un núcleo ensamblado 18 tiene al menos una pata de núcleo 26, 48 conectada a los yugos de núcleo superior e

inferior 24.

Alternativamente, el núcleo se puede enrollar usando tiras de material ferromagnético en el que las tiras se cortan a un tamaño predeterminado y se conforman con una forma redondeada o rectangular, y se somete a recocido.

5 Se debe entender que el transformador de tipo seco que tiene un núcleo 18 protegido por el sistema 60 de revestimiento resistente a la corrosión se puede realizar como un transformador monofásico, un transformador trifásico o un transformador trifásico compuesto por tres transformadores monofásicos. Alternativamente, el transformador 100 se puede realizar como un transformador trifásico que tiene un núcleo no lineal 18, tal como se muestra en la Figura 2.

10 Con fines explicativos, la Figura 2 representa un transformador no lineal 100 a modo de ejemplo que tiene tres fases. Al menos tres bastidores de núcleo 22 comprenden el núcleo ferromagnético 18 del transformador no lineal 100. Cada uno de los al menos tres bastidores de núcleo 22 están enrollados a partir de una o más tiras metálicas tales como acero al silicio y/o metal amorfo. Cada uno de los al menos tres bastidores de núcleo 22 tiene una forma rectangular generalmente redondeada y se compone de secciones 44 de yugo opuestas y secciones de pata opuestas (no mostradas). Las secciones de pata son sustancialmente más largas que las secciones de yugo 44. Los al menos tres bastidores de núcleo 22 se unen en las secciones de pata adyacentes para formar las patas de núcleo 38. El resultado es una configuración triangular que resulta evidente cuando se observa el transformador desde arriba.

15 Después de ensamblar el núcleo 18 del transformador no lineal 100, los conjuntos de bobina 12 se montan en las patas de núcleo 38, respectivamente. Cada conjunto de bobina 12 comprende un bobinado 32 de alta tensión y un bobinado 34 de baja tensión. El bobinado 34 de baja tensión está dispuesto típicamente dentro y radialmente hacia dentro del bobinado 32 de alta tensión. Los bobinados 32, 34 de alta y baja tensión están formados por un material conductor tal como cobre o aluminio. Los bobinados 32, 34 de alta y baja tensión están formados por una o más láminas de conductor, un cable de conductor que tiene una forma generalmente rectangular o circular, o una tira de conductor.

20 Para aplicar las al menos tres capas del sistema de revestimiento 60 a las configuraciones del núcleo 18 representadas en las Figuras 1 y 2, el núcleo 18 se ensambla primero, sin que los conjuntos de bobina 12 se monten sobre él. El sistema 60 de revestimiento resistente a la corrosión se aplica a las superficies externas del núcleo de transformador 18. Las superficies externas de núcleo 18 comprenden todas las superficies expuestas del yugo superior 24, yugo inferior 24, pata interna 26, patas externas 48, incluidas las superficies interiores de las ventanas de núcleo 55 que se muestran en la Figura 1. Las superficies expuestas están revestidas con al menos tres capas del sistema de revestimiento 60 y se dejan secar completamente antes de montar los conjuntos de bobina 12 en las patas 26, 48 de núcleo interna y externa del transformador.

25 Las superficies expuestas del transformador no lineal de la Figura 2 incluyen las superficies externas de los al menos tres bastidores de núcleo 22, exceptuando las superficies de las partes de pata central contiguas que hacen contacto para formar las patas de núcleo 38.

30 El sistema 60 de revestimiento resistente a la corrosión es apropiado para aplicación en las superficies externas del núcleo 18 de un transformador que se encuentra en una aplicación para interior o exterior. Sin embargo, el sistema 60 de revestimiento resistente a la corrosión está especialmente diseñado para entornos hostiles caracterizados por uno o más de los siguientes factores ambientales e industriales: contaminación, lluvia, nieve, viento, polvo, rayos ultravioletas, arena y salpicaduras de agua de mar.

35 El sistema 60 de revestimiento resistente a la corrosión se aplica en al menos tres capas al núcleo 18 como se representa en la Figura 3. Las al menos tres capas comprenden una primera capa de revestimiento 10 de una imprimación de silicato de zinc, una segunda capa de revestimiento 20 que tiene una composición de polisiloxano y una tercera capa de revestimiento 30 que comprende una composición de caucho de silicona que vulcaniza a temperatura ambiente.

40 Como se representa en la Figura 4, se puede aplicar un sellante 50 a las esquinas y bordes del núcleo ensamblado 18 después de aplicar las al menos tres capas de sistema 60 de revestimiento resistente a la corrosión para formar el revestimiento protector 65.

45 La primera capa de revestimiento 10 comprende una imprimación inorgánica de silicato de zinc que se aplica directamente al núcleo ferromagnético 18. Un ejemplo de imprimación adecuada para la primera capa de revestimiento 10 es Dimetcote® 9, disponible en PPG de Pittsburgh, PA. El espesor de película seca deseado para la primera capa de revestimiento 10 es de aproximadamente 10 micrómetros a aproximadamente 15 micrómetros. La primera capa de revestimiento 10 requiere aproximadamente 20 minutos de tiempo de secado antes de aplicar la segunda capa de revestimiento 20. La primera capa de revestimiento 10 forma una barrera entre las superficies externas del núcleo 18 y una segunda capa de revestimiento 20.

50 La segunda capa de revestimiento 20 comprende una composición de polisiloxano. Un ejemplo de revestimiento superior adecuado para la segunda capa de revestimiento 20 es PSX® 700 disponible de PPG de Pittsburgh, PA. El espesor de película seca deseado para la segunda capa de revestimiento 20 es de aproximadamente 10 micrómetros a aproximadamente 20 micrómetros. La segunda capa de revestimiento 20 requiere hasta veinticuatro horas de tiempo

## ES 2 807 503 T3

de curado. Si se aplica más de una capa de la segunda capa de revestimiento 20, se requiere un tiempo de secado para cada capa de aproximadamente 20 a aproximadamente 25 minutos. La segunda capa de revestimiento 20 forma una barrera entre la primera capa de revestimiento 10 y una tercera capa de revestimiento 30.

5 La tercera capa de revestimiento 30 comprende un solo componente de caucho de silicona que vulcaniza a temperatura ambiente. Un ejemplo de un revestimiento adecuado para la tercera capa de revestimiento 30 es Siltech 100HV, disponible del Grupo Silchem de Encinitas, CA. Otro ejemplo de un revestimiento de caucho de silicona que vulcaniza a temperatura ambiente adecuado para la tercera capa de revestimiento 30 es Si-COAT® 570™, disponible de CSL Silicones Inc. de Guelph, Ontario, Canadá. La tercera capa de revestimiento 30 se seca al tacto después de una hora y se cura en 24 horas. La tercera capa de revestimiento 30 requiere al menos una hora de tiempo de secado  
10 antes de que los conjuntos de bobina compuestos por bobinados 34, 32 de bajo y alta tensión, respectivamente, se puedan montar en las patas 26, 48 de núcleo interior y exterior. El espesor de película seca deseado para la tercera capa de revestimiento 30 es de aproximadamente 20 micras a aproximadamente 25 micras. La tercera capa de revestimiento 30 forma una barrera entre la segunda capa de revestimiento 20 y el entorno circundante.

15 Alternativamente, la tercera capa de revestimiento 30 puede ser un caucho de silicona que vulcaniza a baja temperatura o una base de caucho de silicona que vulcaniza a alta temperatura en combinación con un material de relleno de cemento apto para endurecimiento y al menos un material de relleno de óxido mineral como se divulga en el documento WO20100112081, incorporado en la presente memoria por referencia en su totalidad.

20 La composición de caucho de silicona de la tercera capa 30 de revestimiento alternativa puede estar compuesta por una base que tiene un caucho de silicona vulcanizado a baja temperatura o un caucho de silicona vulcanizado a alta temperatura, materiales de relleno y otros aditivos opcionales. La base puede comprender alternativamente una composición de caucho de silicona que experimenta curado durante el secado al aire. La composición de base de caucho de silicona es preferentemente un polidimetilsiloxano vulcanizado. Se debe entender que el grupo dimetilo del polidimetilsiloxano puede estar sustituido con un grupo fenilo, un grupo etilo, un grupo propilo, 3,3,3-trifluoropropilo, monofluorometilo, difluorometilo u otra composición adecuada para la aplicación o como se divulga en el  
25 documento WO20100112081.

Los materiales de relleno están compuestos por un material de relleno de cemento apto para endurecimiento y al menos un material de relleno de óxido mineral. La relación en peso del cemento apto para endurecimiento y el al menos un material de relleno de óxido mineral es de aproximadamente 10 partes en peso a aproximadamente 230 partes en peso por cada 100 partes en peso de base de silicona. La relación en peso del material de relleno de cemento apto para endurecimiento con respecto a al menos un material de relleno de óxido mineral inorgánico es de  
30 aproximadamente 3: 1 a aproximadamente 1: 4.

Ejemplos de material de relleno de cemento apto para endurecimiento adecuado para su uso en la aplicación son piedra caliza, silicato de aluminio natural, arcilla o una mezcla de los anteriores. Los ejemplos de materiales de relleno de óxido mineral adecuados para su uso en la aplicación son sílice, óxido de aluminio, óxido de magnesio, trihidrato de alúmina, óxido de titanio o una mezcla de sílice y óxido de aluminio. Los aditivos opcionales adecuados para la  
35 aplicación son estabilizadores, retardantes de llama y pigmentos.

Cada una de las capas 10, 20, 30 de revestimiento primera, segunda y tercera se puede aplicar usando un cepillo, spray, rodillo, sumergiendo el núcleo 18 en una cuba que contiene las composiciones de revestimiento respectivas, o vertiendo la composición de revestimiento sobre el núcleo 18 mientras se gira el núcleo 18. El tiempo de secado  
40 requerido entre aplicaciones de cada capa de revestimiento es de aproximadamente 20 min a aproximadamente 25 min. Todos los revestimientos son aptos para curado a temperatura ambiente o aptos para curado mediante secado al aire, a menos que se use una composición de caucho de silicona que vulcaniza a alta temperatura como base de silicona en la tercera capa 30 de revestimiento alternativa.

45 Se puede aplicar una capa de sellante 50 a los bordes y esquinas del núcleo ensamblado 18. La capa de sellante 50 se compone de un caucho de silicona que vulcaniza a temperatura ambiente. Un ejemplo de sellante de caucho de silicona que vulcaniza a temperatura ambiente adecuado para la aplicación es el sellante de multiusos Dow Corning® RTV 732 disponible de Dow Corning de Midland, MI.

Los inventores realizaron 1.000 horas de ensayo de niebla salina en una muestra compuesta por una pluralidad de  
50 placas 84 de yugo ensambladas compuestas por acero al silicio. La pluralidad de placas 84 de yugo ensambladas se revistió en todas las superficies exteriores con las al menos tres capas del sistema 60 de revestimiento resistente a la corrosión. Las al menos tres capas del sistema 60 de revestimiento resistente a la corrosión se dejaron secar durante al menos 20 minutos entre capas. La muestra comprendía además una lámina de resina de poliéster reforzado con fibra de vidrio (GFRP) colocada en cada cara terminal de la pluralidad de placas de yugo 84. Las placas de yugo y las láminas de resina de GFRP se mantuvieron juntas mediante tornillos colocados a través de aberturas de las placas  
55 de yugo 84 y GFRP láminas de resina, revistiendo los tornillos con al menos tres capas del sistema de revestimiento 60. El ensayo de niebla salina se llevó a cabo en una cámara de niebla salina en la que el pH del agua se ajustó de aproximadamente 6,5 a aproximadamente 6,8 y la temperatura de la cámara fue de aproximadamente 32 grados centígrados. El ensayo de niebla salina incluyó alternar cinco días de la cámara cerrada de niebla salina con dos días de una cámara abierta en la que las muestras quedaron expuestas a la luz ultravioleta y oxígeno. La prueba de cámara

## ES 2 807 503 T3

cerrada de niebla salina se alteró con la prueba de cámara abierta hasta que se logró un período de 1.000 horas de ensayo de niebla salina.

5 Los resultados del ensayo de niebla salina mostraron que las muestras exhibían una corrosión mínima. Se encontró corrosión a lo largo de las partes internas de las aberturas donde el contacto entre los tornillos y las aberturas evitó que el revestimiento resistente a la corrosión se adhiriese a la superficie.

El sistema 60 de revestimiento protector se puede usar en aplicaciones de montaje en plataforma, montaje en poste, subestación, red, distribución y otras aplicaciones de servicios públicos.

10 Se debe apreciar que además del núcleo 18 que tiene el sistema 60 de revestimiento protector, las abrazaderas de núcleo superior e inferior (no mostradas) también se pueden revestir con las capas de revestimiento primera, segunda y tercera 10, 20, 30 del sistema de revestimiento 60 para evitar la corrosión. Las abrazaderas de núcleo superior e inferior se utilizan para fijar el núcleo ensamblado 18 del transformador.

El transformador de tipo seco terminado que tiene un núcleo 18 revestido con el sistema 60 de revestimiento resistente a la corrosión no se debe operar hasta que hayan pasado cuatro días desde la aplicación del sistema 60 de revestimiento resistente a la corrosión.

15 En una aplicación en la que las capas de revestimiento primera y/o segunda 10, 20 requieren una viscosidad más baja, se puede usar un disolvente tal como V.M. y P. Naphtha como agente diluyente.

**REIVINDICACIONES**

1. Un núcleo de transformador ferromagnético (18) que tiene un sistema (60) de revestimiento resistente a la corrosión, comprendiendo dicho núcleo de transformador ferromagnético:
- 5 yugos superior e inferior (84), y al menos una pata de núcleo (80,82), presentando dicho núcleo ferromagnético superficies externas expuestas al entorno circundante; en el que en dicho sistema de revestimiento resistente a la corrosión:
- una primera capa de revestimiento (10) es un silicato de zinc inorgánico que forma una barrera entre dichas superficies externas de núcleo y una segunda capa de revestimiento;
- 10 dicha segunda capa de revestimiento (20) es un polisiloxano que forma una barrera entre dicha primera capa de revestimiento y una tercera capa de revestimiento; y
- dicha tercera capa de revestimiento (30) es una composición de caucho de silicona que vulcaniza a temperatura ambiente que forma una barrera entre dicha segunda capa de revestimiento y el entorno circundante.
2. El núcleo de transformador de la reivindicación 1, en el que dicha primera capa de revestimiento tiene un espesor de entre aproximadamente 10 micrómetros y aproximadamente 15 micrómetros.
- 15 3. El núcleo de transformador de la reivindicación 1, en el que dicha segunda capa de revestimiento tiene un espesor de entre aproximadamente 10 micrómetros y aproximadamente 20 micrómetros.
4. El núcleo de transformador de la reivindicación 1, en el que dicha tercera capa de revestimiento tiene un espesor de entre aproximadamente 20 micrómetros y aproximadamente 25 micrómetros.
- 20 5. El núcleo de transformador de la reivindicación 1, en el que dicho núcleo está compuesto por superficies de borde (50) donde se unen dichos yugos y dicha al menos una pata de núcleo, estando recubiertas dichas superficies de borde (50) por una capa sellante de una composición de caucho de silicona que vulcaniza a temperatura ambiente.
6. El núcleo de transformador de la reivindicación 1, en el que dicha tercera capa de revestimiento está compuesta por un caucho de silicona que vulcaniza a temperatura ambiente y un material de relleno.
- 25 7. El núcleo de transformador de la reivindicación 6, en el que dicho caucho de silicona que vulcaniza a temperatura ambiente es un polidimetilsiloxano.
8. El núcleo de transformador de la reivindicación 6, en el que el material de relleno está compuesto por un material de relleno de cemento apto para endurecimiento y al menos un óxido mineral.
9. El núcleo de transformador de la reivindicación 6, que comprende además un aditivo, estando dicho aditivo seleccionado entre el grupo que consiste en un estabilizador, retardante de llama, color y pigmento.
- 30 10. El núcleo de transformador de la reivindicación 8, en el que el óxido mineral está seleccionado entre el grupo que consiste en sílice, óxido de aluminio, óxido de magnesio, trihidrato de alúmina, óxido de titanio, una mezcla de cualesquiera dos o más de los anteriores y una mezcla de todos los anteriores.
11. El núcleo de transformador de la reivindicación 8, en el que el material de relleno de cemento apto para endurecimiento está compuesto por piedra caliza y silicatos minerales naturales.
- 35 12. El núcleo del transformador de la reivindicación 11, en el que los silicatos minerales naturales están seleccionados entre el grupo que consiste en arcilla, silicato de aluminio natural o una mezcla de arcilla y silicato de aluminio natural.
13. El núcleo del transformador de la reivindicación 1, en el que la tercera capa de revestimiento está compuesta por un caucho de silicona que vulcaniza a alta temperatura y un material de relleno de cemento apto para endurecimiento.
- 40 14. Un método de formación de un núcleo de transformador en el que el núcleo está revestido con un revestimiento protector, comprendiendo el método:
- a. Proporcionar un núcleo (18) de transformador ferromagnético;
- b. Revestir dicho núcleo del transformador con una primera capa de revestimiento (10) compuesta por un silicato de zinc inorgánico;
- 45 c. Revestir dicho núcleo de transformador con una segunda capa de revestimiento (20) compuesta de un polisiloxano; y
- d. Revestir dicho núcleo de transformador con una tercera capa de revestimiento (30) compuesta por una composición de caucho de silicona que vulcaniza a temperatura ambiente.

15. El método de la reivindicación 14, que comprende, además: e. revestir las superficies del borde (50) de dicho núcleo de transformador (18) con un sellante de caucho de silicona que vulcaniza a temperatura ambiente.

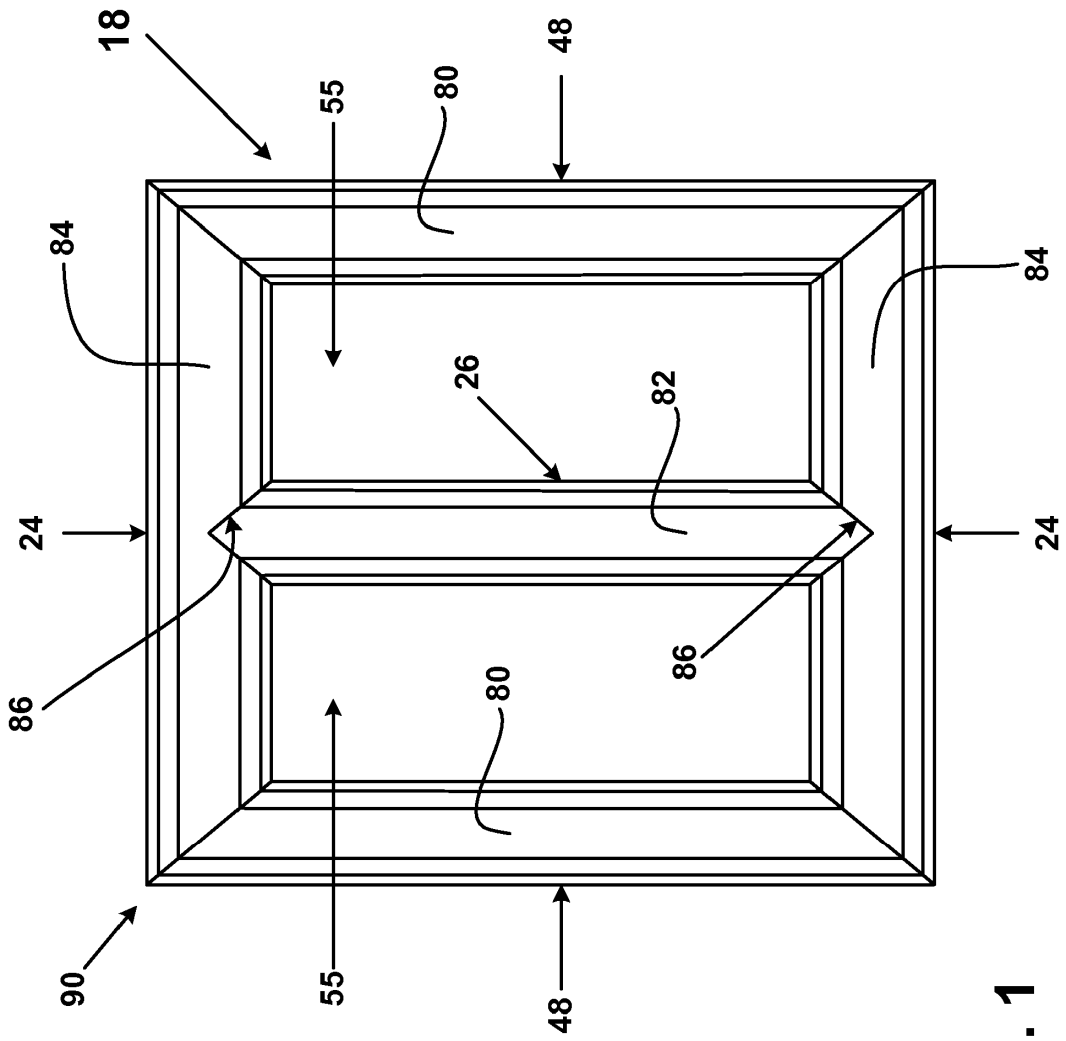
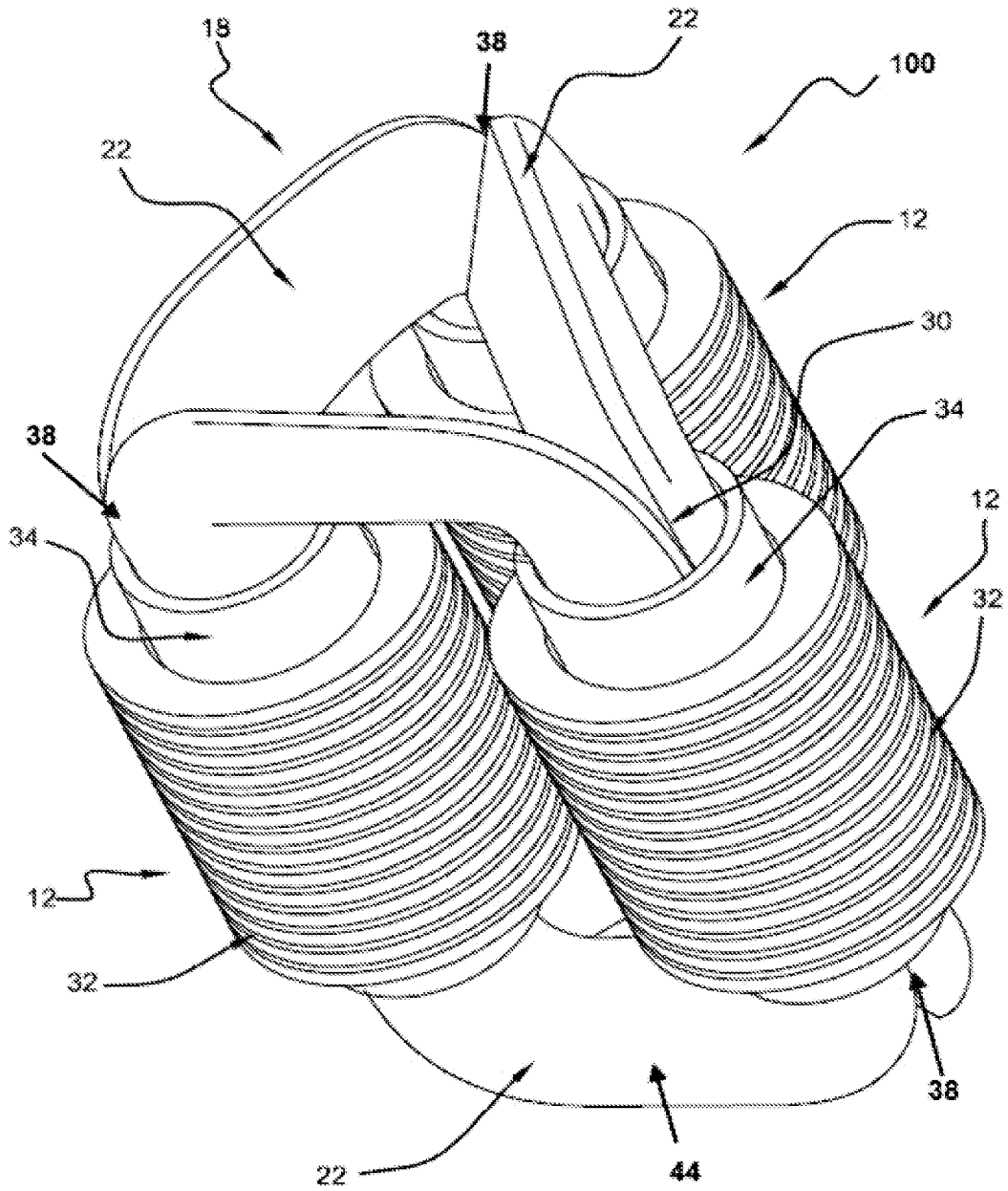
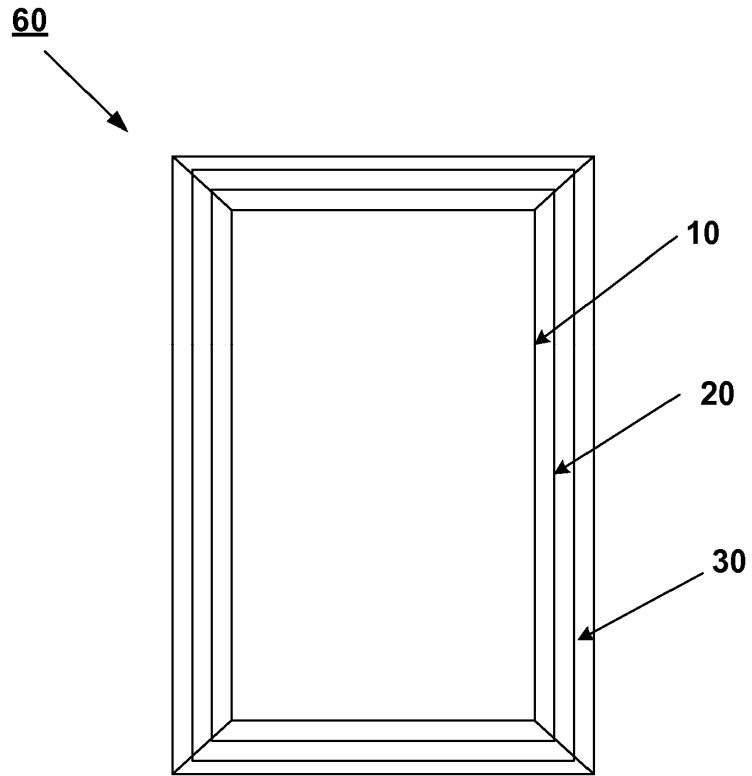


Fig. 1

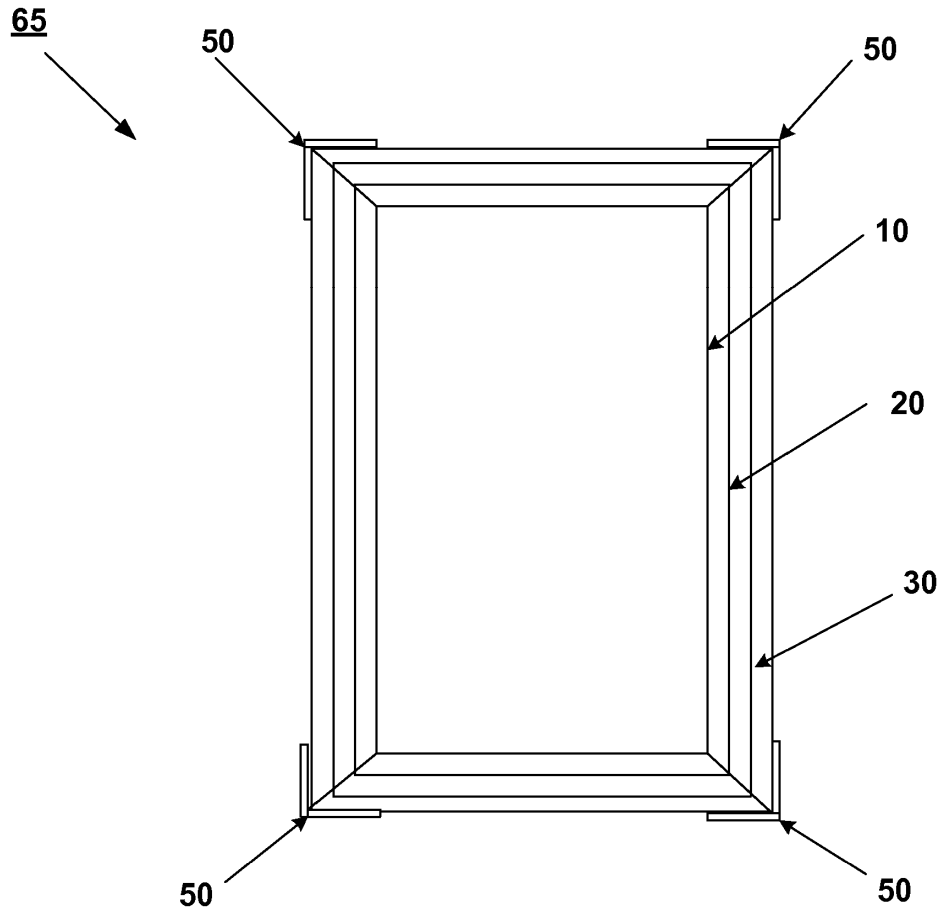




**Fig. 2**



**Fig. 3**



**Fig. 4**