

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 975 314**

51 Int. Cl.:

F16L 13/02	(2006.01)	C21D 9/14	(2006.01)
B21D 31/06	(2006.01)	C21D 9/50	(2006.01)
B21D 41/00	(2006.01)	B23K 101/06	(2006.01)
B21D 41/04	(2006.01)	B23K 101/10	(2006.01)
B23K 9/00	(2006.01)	B23K 103/04	(2006.01)
B23K 9/23	(2006.01)	B23K 103/18	(2006.01)
B23K 31/00	(2006.01)		
B23K 9/028	(2006.01)		
B23K 9/167	(2006.01)		
C21D 7/10	(2006.01)		

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **13.02.2018 PCT/US2018/017971**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **16.08.2018 WO18148718**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.02.2018 E 18752029 (1)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.03.2024 EP 3580485**

54 Título: **Soldadura endurecida por trabajo y métodos para producir tal soldadura**

30 Prioridad:

13.02.2017 US 201762458507 P
14.04.2017 US 201762485645 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
04.07.2024

73 Titular/es:

WEBCO INDUSTRIES, INC. (100.0%)
9101 W. 21st Street
Sand Springs, Oklahoma 74063, US

72 Inventor/es:

KIM, YONG JOO;
OBERMARK, STEPHEN DOUGLAS;
SUMMERS, BRENT MICHAEL;
HANES, AUSTIN TYLER y
OBERMARK, WILLIAM FRANCIS

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 975 314 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

Soldadura endurecida por trabajo y métodos para producir tal soldadura

Campo técnico

5 Este documento se refiere en general, pero sin limitación, a componentes metálicos, tales como tuberías, tubos y similares y conexiones soldadas, y en particular a un conjunto de tubos, un umbilical que comprende dicho conjunto de tubos y un método para acoplar los respectivos extremos de tubos primero y segundo como se definen en las reivindicaciones 1, 15 y 16 respectivamente.

Antecedentes

10 Los tubos, tuberías o similares de alta resistencia (p. ej., componentes metálicos) se utilizan en una variedad de aplicaciones debido a su resistencia, que incluye límite elástico, resistencia máxima (a tracción), alta resistencia a la fatiga y similares. Además, en algunas aplicaciones se utilizan tubos, tuberías o similares en condiciones corrosivas que incluyen entornos submarinos o subterráneos, minería, producción de gas o petróleo o similares. Los componentes metálicos, tales como acero inoxidable y aleaciones de níquel, son adecuados en algunos ejemplos para su uso en estos entornos y también, cuando están acondicionados, proporcionan un componente de alta resistencia.

15 Los componentes metálicos, en algunos ejemplos, se sueldan para unir componentes y encerrar otros componentes o formar conjuntos más grandes. En ejemplos, la soldadura utiliza una fuente de calor para fundir y unir componentes. El material componente se funde y después se une, por ejemplo, con un metal de relleno. Un ejemplo de conjunto soldado incluye umbilicales utilizados en la producción de petróleo y gas en alta mar. El umbilical incluye segmentos tubulares que están conectados mediante soldaduras orbitales y enrollados o agrupados helicoidalmente con otros
20 componentes para formar una unidad envuelta y continua que está encapsulada en una funda y se extiende a uno o más equipos en el ambiente acuático. El umbilical proporciona uno o más fluidos, energía, información (p. ej., instrucciones, flujos de datos o similares) hacia y desde los equipos.

25 El documento RU2 251 465 describe un método para ensamblar tubos, soldarlos y doblarlos. Los tubos se sueldan en una costura cuya longitud excede el valor necesario debido a la expansión de las partes extremas de los tubos unidos para el ensamblaje. Después el tubo se endereza mediante la deformación plástica local de la costura soldada y las zonas cercanas a la costura mediante esfuerzos de compresión mientras se imparte al tubo movimiento de rotación y traslación.

Descripción general

30 La presente invención proporciona un conjunto de tubo, un umbilical con dicho conjunto de tubo y un método asociado para acoplar los respectivos extremos del primer y segundo tubo como se define en las reivindicaciones adjuntas 1, 15 y 16, respectivamente.

Otras realizaciones preferidas de la presente invención se definen en las reivindicaciones adjuntas.

35 Los presentes inventores han reconocido, entre otras cosas, que un problema por resolver incluye minimizar la disminución de la resistencia y el correspondiente punto débil de los componentes soldados debido al calentamiento localizado (recocido) del material base (p. ej., acero inoxidable, aleaciones a base de níquel o similares) próximos a las soldaduras. Los componentes metálicos utilizados en una variedad de aplicaciones se acondicionan, en algunos ejemplos (p. ej., se tratan térmicamente, se trabajan en frío y similares) para lograr características mecánicas especificadas que incluyen, entre otras, una o más de límite elástico, resistencia última (a tracción), dureza y vida a la fatiga. Además, estos componentes están acondicionados para proporcionar alta resistencia y al mismo tiempo
40 mantener la ductilidad para la formación de perfiles y formas específicos cuando se someten a la tensión de tracción adecuada.

45 Una técnica de acondicionamiento para componentes metálicos incluye el endurecimiento por trabajo (p. ej., trabajo en frío o laminado en frío). En el endurecimiento por trabajo, el componente metálico tal como una lámina o similar se deforma plásticamente y por lo tanto aumenta la resistencia del material (p. ej., que incluye uno o más de límite elástico, resistencia máxima, dureza, vida a la fatiga o similares).

50 Además, la soldadura de componentes, incluida la fusión del material base (tal como acero inoxidable o aleaciones a base de níquel) recuece el material base próximo a la soldadura y crea una ubicación relativamente más débil en el conjunto con respecto al resto del material base. La ubicación más débil contiene tanto una estructura de soldadura como fundición como una zona local afectada por el calor (HAZ), una forma parcialmente recocida del material base, las cuales carecen de la resistencia del material base (p. ej., una o más resistencia a la fluencia o resistencia máxima, dureza, vida a la fatiga o similares). Debido a que la soldadura y la HAZ se extienden a través de los componentes (p. ej., desde una superficie exterior próxima a una superficie interior, o diámetros exterior e interior), el endurecimiento por trabajo del conjunto de soldadura, por ejemplo, la zona de fusión de la soldadura (p. ej., que incluye uno o más de un material de relleno de soldadura, re solidificado, material base fundido por soldadura, fundido, refundido o similar),
55 no modifica lo suficiente la estructura del material de la HAZ de manera consistente para aumentar la resistencia del

conjunto de soldadura general cerca de la resistencia original del material base. En consecuencia, se forma una ubicación débil que es propensa a fallar debido a su menor resistencia en relación con el material base de los componentes (p. ej., tubos, tuberías o similares).

5 El presente tema ayuda a proporcionar una solución a este problema, tal como construyendo y endureciendo por trabajo un conjunto de soldadura de una manera consistente y predecible que proporciona una conexión de mayor resistencia entre componentes. Según la presente invención, el conjunto de soldadura incluye características mecánicas que incluyen, entre otras, una o más de límite elástico, resistencia máxima (tracción), dureza, vida a la fatiga o similares próximas (p. ej., coincidentes o dentro de 55,16 MPa (8000 psi) o menos de un límite elástico especificado) a las características mecánicas correspondientes del material base. En un ejemplo, los conjuntos de soldadura descritos en el presente documento proporcionan un límite elástico de 620,53 MPa (90.000 psi) o mayor, por ejemplo, con un material base que incluye una aleación de níquel.

La descripción detallada se incluye para proporcionar más información sobre la presente solicitud de patente.

Breve descripción de los dibujos

15 En los dibujos, que no están necesariamente dibujados a escala, números similares pueden describir componentes similares en diferentes vistas. Los números similares que tienen diferentes sufijos de letras pueden representar diferentes instancias de componentes similares. Los dibujos ilustran en general, a modo de ejemplo, pero no a modo de limitación, diversas realizaciones analizadas en el presente documento.

- Figura 1 es una vista esquemática de un ejemplo de una plataforma de petróleo o gas natural en alta mar que incluye un umbilical que tiene una pluralidad de conjuntos de tubos.
- 20 Figura 2 es una vista en sección transversal del umbilical de la Figura 1.
- Figura 3 es una vista lateral de un ejemplo de un conjunto de tubo que incluye una pluralidad de conexiones soldadas.
- Figura 4A es una vista detallada en sección transversal de un conjunto de soldadura para el conjunto de tubo de la Figura 3.
- 25 Figura 4B es una vista detallada en sección transversal de otro conjunto de soldadura para el conjunto de tubo de la Figura 3 que tiene una configuración endurecida por trabajo.
- Figura 5A es una vista detallada en sección transversal de un perfil de extremo de tubos que tienen forma de J.
- 30 Figura 5B Es una vista detallada en sección transversal de otro perfil de extremo de tubos que tienen forma de V.
- Figura 5C Es una vista detallada en sección transversal de otro perfil de extremo de tubos que tienen forma de U.
- Figura 5D Es una vista detallada en sección transversal de otro perfil de extremo de tubos que tienen forma cuadrada.
- 35 Figura 6 es una vista detallada en sección transversal del conjunto de tubo que tiene el perfil de extremo mostrado en la Figura 5A que forma un rebaje de soldadura ahusado.
- Figura 7A-1 es una vista detallada en sección transversal del conjunto de tubo de la Figura 6 con una zona de fusión de soldadura dentro del rebaje de soldadura ahusado.
- 40 Figura 7A-2 es una vista detallada en sección transversal del conjunto de tubo de la Figura 6 con una zona de fusión de soldadura dentro del rebaje de soldadura ahusado.
- Figura 7B es una vista detallada en sección transversal del conjunto de tubos de la Figura 7A-2 con la zona de fusión de soldadura que forma un faldón de soldadura sobre partes de los tubos componentes próximas a los extremos conformados de los tubos.
- 45 Figura 8 es una vista detallada en sección transversal del conjunto de tubo de la Figura 7B que incluye un faldón de soldadura conformado antes del endurecimiento por trabajo.
- Figura 9 es una vista detallada en sección transversal del conjunto de tubo de la Figura 8 que incluye un conjunto de soldadura en otro ejemplo de una configuración endurecida por trabajo.
- Figuras 10A-F son vistas en sección transversal de otro ejemplo de un conjunto de tubo en etapas de formación de un conjunto de soldadura.

Figura 11 es un diagrama de bloques que muestra un método para conectar al menos el primer y el segundo tubo.

Descripción detallada

5 Las industrias desean un tubo o tubería de alta resistencia, un producto tubular (p. ej., un conjunto de tubos como se proporciona en el presente documento) o similares. En algunos ejemplos, el trabajo en frío (o endurecimiento por trabajo) del producto durante la producción se utiliza para aumentar la resistencia (p. ej., límite elástico del producto) de conexiones soldadas (p. ej., conjuntos de soldadura). Las técnicas y ejemplos proporcionados en el presente documento proporcionan conjuntos de soldadura reforzados que tienen zonas de fusión de soldadura completamente endurecidas e interfaces de soldadura (p. ej., zonas anteriores afectadas por el calor creadas durante la soldadura).
 10 Los conjuntos de soldadura según la presente invención tienen características mecánicas, tales como límite elástico o similares, próximas a una característica especificada (tal como límite elástico) del material base de los tubos componentes. En otras configuraciones, las técnicas y ejemplos incluidos en este documento proporcionan límites elásticos controlados y predecibles al tiempo que mantienen la ductilidad (alargamiento) y la uniformidad (de resistencia) especificadas. Además, las técnicas proporcionadas en el presente documento también proporcionan dureza controlada y predecible, resistencia máxima (resistencia a la tracción) y características relacionadas tales como vida a la fatiga (p. ej., límite de resistencia).

Los productos y métodos descritos en el presente documento incluyen conexiones soldadas y zonas localizadas asociadas del material base que se endurecen por trabajo de manera consistente y predecible (p. ej., trabajadas en frío, laminadas en frío o similares). Los productos (p. ej., tubos, tuberías o similares) que incluyen estas conexiones
 20 soldadas de resistencia mejorada tienen una resistencia mejorada, incluidos límites elásticos (de al menos 620,53 MPa (90.000 psi) en algunos ejemplos) que facilitan el uso de los productos en entornos y condiciones extremas (p. ej., producción y minería de petróleo y gas natural en alta mar, minería, perforación, incluida la perforación de fondo de pozo, transporte y almacenamiento de fluidos, sargas de trabajo, sargas de velocidad, tubos capilares, tubos de alambre encapsulado, carcasas, tubos de producción de petróleo y gas, fabricación, vehículos sumergibles, vehículos,
 25 vehículos espaciales y atmosféricos o similares). Los métodos de soldadura y endurecimiento por trabajo de soldaduras descritos en el presente documento proporcionan conexiones soldadas y materiales de base locales que interactúan con las soldaduras que tienen alta resistencia. Con los procesos patentados, se logra una recuperación de resistencia significativa y consistente en productos que de otro modo tendrían conexiones soldadas de resistencia limitada.

30 Los métodos descritos en este documento se utilizan con una variedad de materiales base que incluyen, entre otros, materiales que se trabajan en frío (o se endurecen por trabajo) durante la producción para lograr (p. ej., aumentar) características mecánicas especificadas, tales como límite elástico, resistencia máxima (tracción), dureza y vida a la fatiga. Los materiales incluyen, entre otros, acero al carbono, acero aleado, acero inoxidable, aleaciones a base de níquel, cobre y aleaciones de cobre, berilio y aleaciones de berilio, y titanio y aleaciones de titanio. Los aceros
 35 inoxidables incluyen aceros dúplex (p. ej., S32205) y aceros súper dúplex (p. ej., S32750 o SAF2507)[®], una marca registrada de Sandvik Intellectual Property AB Corporation; S32760; o ceron[®] 100, una marca registrada de Weir Engineering Services Limited Co.). Los ejemplos de aleaciones a base de níquel incluyen N06625; N08825; Hastelloy[®], una marca registrada de Haynes International, Inc.; Incoloy[®], e Inconel[®] aleaciones, marcas registradas de Huntington Alloys Corporation.

40 La Figura 1 muestra un sistema 100 de producción para uso en un entorno submarino. Como se muestra, el sistema 100 de producción incluye una pluralidad de dispositivos 104 de producción submarinos acoplados mediante umbilicales 106 a un embarcación 102 de instalación. En un ejemplo, el sistema 100 de producción incluye los dispositivos 104 de producción submarinos en un patrón distribuido, por ejemplo, a lo largo de un fondo marino. Como se muestra en la Figura 1, una variedad de dispositivos 104 de producción submarinos se extienden lejos de los umbilicales 106 que terminan verticalmente y, en consecuencia, se extienden desde los umbilicales 106 que terminan
 45 verticalmente mediante uno o más umbilicales 106 horizontales que descansan a lo largo del fondo del mar.

En algunas configuraciones, los dispositivos 104 de producción submarinos incluyen, entre otros, conjuntos de terminación umbilical, unidades de distribución submarinas, módulos de control submarinos, árboles de producción, cables voladores eléctricos, cables voladores hidráulicos o similares. Como se muestra, los dispositivos 104 están distribuidos lejos del embarcación 102 de instalación. Cada uno de los dispositivos requiere uno o más servicios que incluyen, entre otros, fluidos tales como agua, metanol, fluidos de pozo, gases comprimidos, electricidad, fluido hidráulico, así como uno o más cables, cableados o similares para monitorear y operar los dispositivos. En otras configuraciones, los dispositivos 104 de producción están configurados para capturar fluidos de producción tales como gas natural, petróleo o similares y entregar estos fluidos a través de los umbilicales 106 a lo largo de líneas de flujo al
 50 embarcación 102 de instalación, por ejemplo, para almacenamiento, transporte a otros dispositivos, embarcaciones, plataformas o similares.

Haciendo referencia nuevamente a la Figura 1, se muestra una pluralidad de umbilicales 106 que se extienden desde el embarcación 102 de instalación hasta el fondo del mar y a través del fondo del mar hasta uno o más dispositivos 104 de producción submarinos. Los umbilicales 106 colgados desde el embarcación 102 de instalación hasta el fondo del mar y a través del fondo del mar tienen características mecánicas mejoradas, por ejemplo, una o más de resistencia
 60

máxima (a tracción), dureza, vida a la fatiga, límite elástico o similares. Por ejemplo, en una configuración, los umbilicales 106 que se extienden desde las embarcaciones 102 de instalación y a través del fondo submarino están sujetos a importantes tensiones de tracción, tensiones de compresión o similares causadas por el peso de los umbilicales 106 durante el despliegue, así como la suspensión de la embarcación 102, presión del agua de mar o similar.

5 En un ejemplo, se especifica que los umbilicales 106 tienen un límite elástico de 620,53 MPa (90.000 psi) o más. Además, en otras configuraciones, los umbilicales 106 se usan en entornos corrosivos y de alta presión que requieren uno o más aditivos, elementos o similares en el material de los umbilicales 106 para facilitar el uso a largo plazo de los umbilicales 106 en estos entornos. En una configuración, los umbilicales 106 incluyen níquel, aleaciones de níquel o similares configurados para proporcionar alta resistencia y resistencia a la corrosión dentro de uno o más entornos

10 que incluyen un entorno submarino, un entorno de alta temperatura o combinaciones de estos.

Además, las aleaciones de níquel, cuando se incluyen con los umbilicales 106, se procesan con uno o más métodos, por ejemplo, mediante endurecimiento por trabajo para aumentar la resistencia de los materiales y al mismo tiempo mantener la resistencia a la corrosión proporcionada por una o más de los aditivos de aleación, como níquel. El endurecimiento por trabajo incluye uno o más de trabajo en frío, laminado en frío o similares que deforman plásticamente el material base del umbilical 106, por ejemplo, una o más de las vainas, tubos componentes o similares que comprenden el umbilical. En una configuración, el trabajo en frío, el laminado en frío (p. ej., el endurecimiento por trabajo) del material base del umbilical que incluye uno o más de los tubos componentes del umbilical proporciona un componente de alta resistencia o una parte de un componente de alta resistencia configurado para tener un límite elástico de al menos 620,53 MPa (90.000 psi) o más. El endurecimiento por trabajo del material base de los tubos componentes proporciona características mecánicas mejoradas a los tubos componentes mientras minimiza los aumentos en el espesor de la pared o similares que aumentan las características mecánicas, pero aumentan adversamente el peso de los umbilicales 106 (y en consecuencia introducen tensión adicional basada en el peso).

15

20

La Figura 2 muestra un umbilical 106 en una vista en sección transversal. Como se muestra, el umbilical 106 incluye una pluralidad de tubos tales como un conjunto 200 de tubos. Cada uno de los tubos componentes del conjunto 200 de tubos está configurado para proporcionar una o más utilidades, por ejemplo, a uno o más de los dispositivos 104 de producción submarinos o facilitar el retorno de fluidos, por ejemplo, fluidos de producción desde el fondo del mar, por ejemplo, a lo largo de una línea de flujo tal como el tubo 200A central mostrado en la Figura 2. En otra configuración, el conjunto 200 de tubos incluye una o más líneas de inyección, tales como los tubos 200B componentes, configurados para proporcionar uno o más servicios basados en fluidos tales como agua, productos químicos, fluido hidráulico o similares a uno o más de los dispositivos 104 de producción proporcionados en el fondo del mar. En otra configuración, los tubos 200B componentes están configurados para proporcionar uno o más productos químicos, fluidos como agua o similares debajo de la superficie del fondo marino, por ejemplo, para iniciar la producción de uno o más fluidos de producción, como gas natural, petróleo, o similar. En otra configuración, el conjunto 200 de tubos del umbilical 106 incluye una o más líneas 200C de control hidráulico (también tubos componentes) configuradas para proporcionar flujos variables de fluido hidráulico hacia y desde uno o más de los dispositivos 104 de producción proporcionados a lo largo del fondo del mar.

25

30

35

Como se muestra en la Figura 2, el umbilical 106 incluye una pluralidad de uno o más de los diversos tubos configurados para proporcionar una pluralidad de flujos separados de las diversas utilidades a uno o más dispositivos de producción. Por consiguiente, en algunas configuraciones, los umbilicales 106 incluyen una pluralidad de tubos en el conjunto 200 de tubos y estos tubos componentes pueden tener diámetros de aproximadamente 3/8 de pulgada a 12 pulgadas o más. En otras configuraciones más, los umbilicales 106 incluyen uno o más conductos, tales como tubos o similares, configurados para suministrar uno o más servicios que incluyen, entre otros, energía eléctrica, monitoreo y control, cables, cableado (incluido soporte estructural cableado) o similar entre la embarcación 102 de instalación (mostrado en la Figura 1) y uno o más dispositivos 104 de producción dispuestos a lo largo del fondo del mar. Opcionalmente, se incluyen conductos de componentes adicionales (p. ej., tubos) con el umbilical para proporcionar soporte estructural al umbilical 106, tal como resistencia a la tracción mejorada, durante uno o más despliegues en el fondo del mar o suspensión desde la embarcación 102 de instalación. En consecuencia, los umbilicales 106 son, en algunas configuraciones, robustos con una pluralidad de tubos incluidos con el conjunto 200 de tubos. Además, en los umbilicales 106 que incluyen una o más líneas de flujo, tales como la línea 200A de flujo, los umbilicales se agrandan aún más para acomodar el flujo de fluidos de producción que incluyen, entre otros, gas natural, petróleo crudo o similares a la embarcación 102, una plataforma u otro lugar de almacenamiento o procesamiento, en la superficie.

40

45

50

Como se muestra además en la Figura 2, el umbilical 106 está, en una configuración, construido con una o más vainas. En la configuración mostrada en la Figura 2, el umbilical 106 incluye una vaina 206 interior y una vaina 204 exterior. Opcionalmente se proporciona una funda 208 protectora entre las vainas 206, 204 interior y exterior. Las vainas 206, 204 interior y exterior, así como la funda 208 protectora rodea y protege el conjunto 200 de tubos, incluidos los tubos 200A, B, C componentes descritos y mostrados previamente en el presente documento. La funda 208 protectora, en una configuración, incluye acero, Kevlar (una marca registrada de E.I. Du Pont De Nemours and Company Corporation), u otros materiales estructuralmente robustos configurados para proteger los componentes dentro del umbilical 106, incluidos componentes sensibles tales como cables de fibra óptica, cableado eléctrico, cableado y para proteger uno o más de los tubos 200B de línea de servicios a base de fluido o los tubos 200A de línea de flujo de daños, por ejemplo, de colisiones con otros umbilicales, fricción o similares.

55

60

- Además, y en algunas configuraciones, el umbilical 106 incluye una cavidad 202 umbilical que incluye, entre otros, uno o más espacios intersticiales entre diversos componentes del umbilical, por ejemplo, diversos tubos componentes del conjunto 200 de tubos (p. ej., líneas de flujo de fluido, conductos de cableado y cables, tubos de soporte estructural o similares) y diversos componentes (p. ej., tubos, capas o similares) que rodean un tubo tal como una línea 200A de flujo o similar. Se proporcionan cinta, espuma, adhesivos o similares, en una configuración, para bloquear entre sí los tubos componentes del conjunto 200 de tubos. En otras configuraciones más, los tubos componentes del conjunto 200 de tubos, incluidos, entre otros, los tubos 200A, 200B, 200C, están enrollados helicoidalmente para entrelazar los tubos entre sí. Los tubos 200A, 200B, 200C componentes se colocan después dentro de una o más de las vainas 206, 204, la funda 208 protectora o similares para formar el umbilical 106.
- Los materiales utilizados en el umbilical, incluido el conjunto 200 de tubos, incluyen, entre otros, acero inoxidable, tal como acero 316L inoxidable, aceros inoxidables dúplex, super dúplex, hiper dúplex, nitrónico 19D recubierto de zinc, aleaciones de níquel o similares. La inclusión de uno o más tubos, por ejemplo, como se muestra en el conjunto 200 de tubos, así como uno o más cables, cableado, componentes estructurales tales como cables de acero, tubos de soporte, varillas de fibra de carbono, una o más vainas 204, 206. y una funda 208 protectora (p. ej., tal como una funda protectora de Kevlar) al umbilical 106, en una configuración, aumenta el peso del umbilical 106, por ejemplo, por unidad de longitud. Los umbilicales 106 están suspendidos de una embarcación 102 de instalación como se muestra en la Figura 1 al menos durante la instalación, y en algunas configuraciones durante la producción (como es el caso de los umbilicales 106 suspendidos verticalmente que se muestran en la Figura 1). Los umbilicales 106, en algunas configuraciones, se extienden miles de pies hasta el fondo del mar, por ejemplo, hasta uno o más dispositivos 104 de producción submarinos mostrados en la Figura 1 y opcionalmente se extienden a través del fondo del mar hasta dispositivos adicionales 104. En consecuencia, los umbilicales 106 tienen características mecánicas mejoradas para resistir las fuerzas de tracción que inciden sobre los umbilicales 106 cuando están suspendidos del embarcación 102 de instalación, así como una o más de alta presión (fuerzas de compresión), altas temperaturas, ambientes corrosivos o similares, por ejemplo, a lo largo del fondo del mar.
- Para resistir estas fuerzas, presión y condiciones ambientales, el umbilical 106, por ejemplo, usado y mostrado en la Figura 1, incluye una o más características de material mejoradas que incluyen, por ejemplo, un límite elástico cercano a 620,53 MPa (90.000 psi) o más. Como se describió anteriormente en el presente documento, y en al menos algunas configuraciones, estos materiales (p. ej., acero inoxidable, aceros inoxidables dúplex, súper dúplex, hiper dúplex, aleaciones de níquel y similares) se endurecen por trabajo para mejorar la resistencia de estos materiales y, en consecuencia, facilitar la suspensión de los umbilicales 106 pesados desde el embarcación 102 de instalación a miles de pies, por ejemplo, 4.000 pies, 5.000 pies, 6.000 pies, 7.000 pies, 8.000 pies o más. En consecuencia, los umbilicales 106 descritos en el presente documento incluyen suficiente integridad estructural para permanecer suspendidos de los embarcaciones 102 de instalación sin fracturarse, dividirse, deformarse o similares bajo su propio peso cuando están suspendidos.
- La Figura 3 muestra una configuración de un conjunto 300 de componentes, por ejemplo, un conjunto de tubos que incluye una pluralidad de componentes tales como un primer componente 302, un segundo componente 304 y uno o más componentes 306 suplementarios (p. ej., tubos). Como se muestra, cada uno de los componentes 302, 304, 306 está acoplado de un extremo a otro, por ejemplo, con uno o más conjuntos 310 de soldadura dispuestos entre ellos. Como se muestra además en la Figura 3, cada uno de los componentes incluye respectivos extremos 308 de componente proporcionados cerca de cada uno de los conjuntos 310 de soldadura.
- Como se muestra además en la Figura 3, los conjuntos 310 de soldadura proporcionados entre el primer, segundo y componentes 302, 304, 306 suplementarios interconectan cada uno de los componentes y en consecuencia unen los componentes para formar el conjunto 300 de componentes. Un umbilical, tal como el umbilical 106 mostrado en las Figuras 1 y 2, incluye una pluralidad de componentes tales como tubos 302, 304, 306 que están acoplados de un extremo a otro, por ejemplo, para cada uno de los tubos componentes del conjunto 200 de tubos. Dicho de otra manera, la pluralidad de tubos utilizados en el conjunto 200 de tubos, así como otros componentes del umbilical 106 son, en una configuración, componentes de extremo a extremo tales como el primer, segundo y componentes 302, 304, 306 suplementarios, cada uno unido con conjuntos 310 de soldadura proporcionados entre ellos. Con referencia a la Figura 1, los umbilicales 106 que se extienden desde el embarcación 102 de instalación hasta el fondo del mar y a través del fondo del mar hasta cada uno de uno o más dispositivos 104 de producción submarinos incluyen, en algunas configuraciones, miles de componentes individuales tales como interconectados primero, componentes 302, 304, 306 segundos y suplementarios en paralelo y en serie entre sí. Por ejemplo, los componentes en paralelo incluyen uno o más tubos componentes como se muestra en la sección transversal del umbilical 106, por ejemplo, en la Figura 2. Cada uno de los tubos 200A, 200B, 200C componentes del conjunto 200 de tubos incluye a su vez múltiples componentes, por ejemplo, cientos o miles de tubos componentes soldados de extremo a extremo, por ejemplo, con conjuntos 310 de soldadura interpuestos mostrados en la Figura 3.
- La Figura 4A muestra una vista en sección transversal detallada de un conjunto 310A de soldadura usado opcionalmente como el conjunto 310 de soldadura en la Figura 3. En la configuración mostrada en la Figura 4A, el conjunto 310A de soldadura incluye una zona 406 de fusión de soldadura que une los componentes 302, 304 primero y segundo en sus respectivos extremos 308 de componentes. Como se describió anteriormente, los componentes tales como el primer y segundo componentes 302, 304 se construyen, en una configuración, con el material base que

tiene características mecánicas mejoradas que incluyen, entre otras, resistencia máxima, resistencia a tracción, límite elástico, dureza, vida a la fatiga o similares.

Haciendo referencia nuevamente a la Figura 4A, el conjunto 310A de soldadura se muestra con una zona 406 de fusión de soldadura colocada dentro de un rebaje 408 de soldadura entre los extremos 308 de los componentes de los componentes de cada uno de los componentes 302, 304 primero y segundo. La zona 406 de fusión de soldadura se aplica a la componentes 302, 304 primero y segundo entre los exteriores 404 de tubo y los interiores 402 de tubo de cada uno del primer y segundo componente 302, 304, por ejemplo, con un espesor próximo al espesor de la pared 400 lateral de los componentes. Como se muestra, la zona 406 de fusión de soldadura incluye uno o más de un relleno de soldadura, material base re solidificado o similar. La zona 406 de fusión de soldadura también se denomina fundida por soldadura, fundida, refundida o similar. La zona 406 de fusión de soldadura acopla el primer y segundo componentes 302, 304 entre sí. Además, como se muestra en la Figura 4A, se proporciona una interfaz 410 de soldadura entre la zona 406 de fusión de soldadura y el resto del material base de cada uno de los componentes 302, 304. La alta temperatura de la zona 406 de fusión de soldadura (p. ej., metal fundido que incluye uno o más de un relleno de soldadura y material base fundido) a lo largo de las interfaces 410 de soldadura recuece el material base (no fundido pero adyacente) de los componentes 302, 304 próximos a la zona 406 de fusión de soldadura. Por ejemplo, como se muestra en la Figura 4A, la interfaz 410 de soldadura es una zona afectada por el calor. Una zona afectada por el calor (HAZ) tiene una o más características mecánicas disminuidas con respecto al resto del material base de cada uno de los componentes 302, 304. Por ejemplo, el límite elástico, la resistencia máxima a la tracción o similares en las interfaces 410 de soldadura tienen resistencias de 206,84 MPa (30.000 psi) o menos en relación con el material base (endurecido por trabajo y sin recocer) del resto de los componentes. En consecuencia, las interfaces 410 de soldadura proporcionan una región localizada del conjunto 300 de componentes relativamente más débil en comparación con el resto del material base usado en el conjunto 300 de componentes. En consecuencia, cuando se aplica uno o más de tensión, compresión o similares a lo largo del conjunto 300 de componentes, por ejemplo, mientras está suspendido del embarcación 102 de instalación mostrado en la Figura 1, mientras está colocado a lo largo del fondo del mar o similar, el conjunto 300 de componentes que incluye el conjunto 310A de soldadura proporciona una o más ubicaciones debilitadas sujetas a fallos.

Con referencia nuevamente a la Figura 4A, el conjunto 310A de soldadura se endurece por trabajo, por ejemplo, mediante uno o más de trabajo en frío, laminado en frío, martilleo o similares para deformar plásticamente la zona 406 de fusión de soldadura y una parte de la interfaz 410 de soldadura. La deformación plástica de la zona 406 de fusión de soldadura y la parte de la interfaz 410 de soldadura mejora la resistencia en uno o más de esos componentes. Por ejemplo, se aplica un mecanismo laminado, un mecanismo de martilleo o similar a lo largo de una o más de las caras de los componentes 302, 304, por ejemplo, cerca del conjunto 310A de soldadura para deformar plásticamente la zona 406 de fusión de soldadura localmente a la fuerza aplicada. La deformación plástica de la zona 406 de fusión de soldadura endurece por trabajo la zona 406 de fusión de soldadura y localmente (en relación con la fuerza aplicada y la deformación plástica) aumenta una o más de sus características mecánicas tales como resistencia máxima, límite elástico, vida a la fatiga o similares con respecto a la zona 406 de fusión de soldadura base .

Además, el endurecimiento por trabajo de la interfaz 410 de soldadura (en contraste con la zona 406 de fusión de soldadura), por ejemplo, a lo largo de uno del exterior 404 del tubo, si se endurece por trabajo desde el exterior, o el interior 402 del tubo, si se endurece por trabajo desde el interior, puede mejorar incidentalmente las características mecánicas de una parte de las interfaces 410 de soldadura. Debido a que las interfaces 410 de soldadura están sustancialmente al ras con el resto del material base de los componentes, tales como el primer y segundo componentes 302, 304, la deformación las interfaces 410 de la soldadura están próximas al interior 402 del tubo o al exterior 404 del tubo (y pueden estar ausentes) dependiendo de dónde se realiza el endurecimiento por trabajo y si las interfaces de soldadura están de hecho deformadas plásticamente en el conjunto 310A de soldadura. En consecuencia, el endurecimiento por trabajo de las interfaces 410 de soldadura se localiza en el exterior 404 o en el interior 402, mientras que el resto de las interfaces 410 de soldadura, por ejemplo, a lo largo de al menos una parte de los segmentos de las interfaces 412 de la soldadura (mostrados en líneas discontinuas en la Figura 4A) retiene la configuración afectada por el calor o recocida del material base.

En esta configuración, las interfaces 410 de soldadura a cada lado de la zona 406 de fusión de soldadura (p. ej., y correspondientes a los segmentos 412 de interfaz de soldadura) están dentro de la zona afectada por el calor, permanecen recocidas (y no están mejoradas) y, por lo tanto, tienen una o más características mecánicas disminuidas que permanecen reducidas incluso después de los procedimientos de endurecimiento por trabajo. Por ejemplo, las interfaces 410 de soldadura en cada lado del conjunto 310A de soldadura tienen uno o más de resistencia máxima, límite elástico o similares de 206,84 MPa (30.000 psi) o menos con respecto al material base del primer y segundo componentes 302, 304. Por consiguiente, aunque la zona 406 de fusión de soldadura está, en esta configuración, al menos parcialmente deformada plásticamente e incluye características mecánicas que pueden aproximarse a las características mecánicas del primer y segundo componentes 302, 304 de cada una de las interfaces 410 de soldadura, por ejemplo los segmentos 412 de interfaz, que se extienden desde cerca del interior 402 del tubo hasta cerca del exterior 404 del tubo, tienen características mecánicas menores que las características mecánicas de estos otros componentes. En consecuencia, el conjunto 310A de soldadura es propenso a una o más de fracturas, fallos, deformaciones basadas en fatiga o similares, mientras que el resto del conjunto 300 de componentes que incluye, por ejemplo, el material base del primer y segundo componentes 302, 304 (en una configuración endurecida por trabajo y

no recocida) mantiene sus características mecánicas relativamente fuertes en comparación con el conjunto 310A de soldadura.

5 Cuando el conjunto 300 de componentes que incluye el conjunto 310A de soldadura se usa en otro conjunto, tal como el umbilical 106 mostrado en la Figura 2, y después se despliega o suspende (p. ej., de un embarcación 102 de instalación), se aplican tensiones de tracción significativas al umbilical 106. Estas tensiones de tracción, por ejemplo 620,53 MPa (90.000 psi) o más, en algunas configuraciones pueden causar fallo del umbilical 106 en uno o más de los conjuntos 310A de soldadura. Además, cuando se usa a lo largo de una superficie submarina (p. ej., a profundidades extremas), el conjunto 300 de componentes, incluidos los conjuntos 310A de soldadura, está sujeto a presiones hidrostáticas significativas (y tensiones correspondientes) y en otras configuraciones pueden fallar en los conjuntos 310A de soldadura. En algunas configuraciones, la pared 400 lateral está engrosada para proporcionar características mecánicas mejoradas para compensar la debilidad en los conjuntos 310A de soldadura. El engrosamiento de la pared 400 lateral aumenta la masa del conjunto 300 de componentes y en consecuencia genera tensiones de tracción adicionales que agravan aún más el fallo en los conjuntos 310A de soldadura.

15 La Figura 4B muestra una vista en sección transversal de otro conjunto 310B de soldadura, por ejemplo, usado como el conjunto 310 de soldadura en la Figura 3. En esta configuración, el conjunto 310B de soldadura incluye una o más partes de los componentes tales como el primer y segundo componentes 302, 304 (p. ej., primer y segundo tubos). Los componentes 302, 304 primero y segundo incluyen extremos de componentes, tales como extremos de tubos, contruidos con el material base del resto de los componentes 302, 304 primero y segundo que incluyen, entre otros, uno o más de acero inoxidable, tales como acero 316L inoxidable, aceros inoxidables dúplex, súper dúplex, hiper dúplex, nitrónico 19D recubierto de zinc, aleaciones de níquel o similares. Como se describió anteriormente, los componentes 302, 304 primero y segundo se construyen y después se tratan con uno o más procesos configurados para usar con acero inoxidable para proporcionar características mecánicas mejoradas. Por ejemplo, el primer y segundo componente se construyen con un material base tal como aleaciones de níquel, acero inoxidable, acero inoxidable dúplex, acero inoxidable super dúplex, acero inoxidable hiper dúplex o similares. Después, el material base se endurece por trabajo mediante uno o más de laminado en frío o similares para impartir características mecánicas mejoradas que incluyen una o más de mayor resistencia a la tracción última, límite elástico, vida a la fatiga, dureza o similares en relación con el material base sin trabajar de cada uno del primer y segundo componentes 302, 304.

30 Como se muestra además en la Figura 4B, el conjunto 310B de soldadura incluye una zona 420 de fusión de soldadura colocada dentro de un rebaje 424 de soldadura. En esta configuración, el rebaje 424 de soldadura se extiende desde una raíz 426 de rebaje, por ejemplo, próxima a la superficie 402 interior del tubo y se extiende desde la superficie 402 interior del tubo a través de la pared 400 lateral de cada uno de los componentes 302, 304 primero y segundo para acercarse a la superficie 404 exterior del tubo. En el exterior del tubo, el rebaje 424 de soldadura se abre o se ahúsa hacia afuera hasta una abertura 428 del rebaje como se muestra en la Figura 4B. En contraste con el conjunto 310A de soldadura mostrado en la Figura 4A, el conjunto 310B de soldadura mostrado en la Figura 4B se ahúsa o se extiende lateralmente desde la raíz 426 del rebaje hasta la abertura 428 del rebaje. En consecuencia, las correspondientes interfaces 422 de soldadura de cada uno de los componentes 302, 304 primero y segundo se extienden lateralmente, por ejemplo, desde la raíz 426 del rebaje próxima a la superficie 402 interior del tubo hasta próxima a la superficie 404 exterior del tubo, por ejemplo, correspondiente a la abertura 428 del rebaje. En consecuencia, la zona 420 de fusión de soldadura adicional (opcionalmente múltiples pasadas de relleno de soldadura y material base fundido) se proporciona dentro del rebaje 424 de soldadura para llenar el rebaje de soldadura.

Además, como se muestra en líneas discontinuas en la Figura 4B, antes del endurecimiento por trabajo, la zona 420 de fusión de soldadura está en esta configuración en capas sobre la superficie 404 exterior del tubo de cada uno de los componentes 302, 304 primero y segundo. Por ejemplo, la zona 420 de fusión de soldadura incluye un faldón 423 de soldadura que se extiende hacia la izquierda y hacia la derecha con respecto a la raíz 426 del rebaje.

45 Como se describe en el presente documento, el endurecimiento por trabajo (p. ej., laminado en frío, trabajo en frío o similar) se aplica al conjunto 310B de soldadura que incluye la zona 420 de fusión de soldadura para endurecer por trabajo la zona 420 de fusión de soldadura, así como las interfaces 422 de soldadura intercaladas entre la zona 420 de fusión de soldadura y el material base subyacente a las interfaces 422 de soldadura que se extienden lateralmente. En esta configuración, el material base subyacente incluye las partes de la pared 400 lateral construidas con el material base que retienen características endurecidas por trabajo (p. ej., están separadas de la zona 420 de fusión de soldadura).

Haciendo referencia nuevamente a la Figura 4B, la zona 420 de fusión de soldadura como se muestra se proporciona dentro del rebaje 424 de soldadura, por ejemplo, desde la raíz 426 del rebaje con una parte de la zona de fusión de soldadura que incluye una parte 421 de soldadura de base. En una configuración, la zona 420 de fusión de soldadura

55 incluye múltiples pasadas para llenar el rebaje 424 de soldadura y proporcionar un faldón 423 de soldadura (p. ej., de un relleno de soldadura mezclado con material base re solidificado o similar) que se extiende sobre las partes laterales de las interfaces 422 de soldadura de cada una del primer y segundo componentes 302, 304. En consecuencia, como se muestra en la Figura 4B, la zona 420 de fusión de soldadura, cuando se coloca dentro del rebaje 424 de soldadura y se aplica como un faldón 423 de soldadura, se extiende sobre la parte superior de una parte del primer y segundo componentes 302, 304 y se superpone a las interfaces 422 de soldadura.

La zona 420 de fusión de soldadura se muestra en la Figura 4B en una configuración que, ahusada hacia arriba, por ejemplo, con la parte más pequeña del ahusamiento próxima a la raíz 426 del rebaje y próxima a la superficie 402 interior del tubo. En otra configuración, el conjunto 310B de soldadura tiene una disposición inversa, por ejemplo, con la raíz 426 del rebaje colocada próxima a la superficie 404 exterior del tubo y la abertura 428 del rebaje y la parte correspondiente de la zona 420 de fusión de soldadura tal como el faldón 423 de soldadura colocado próximo a la superficie 402 interior del tubo.

La zona 420 de fusión de soldadura en la aplicación (p. ej., aplicación de un relleno de soldadura calentado) incluye uno o más relleno de soldadura, material base fundido o similares. La zona 420 de fusión de soldadura caliente (pero no funde) los componentes 302, 304 primero y segundo adyacentes a lo largo de las interfaces 422 de soldadura. En cambio, las interfaces 422 de soldadura calentadas están recocidas y, en consecuencia, incluyen zonas afectadas por el calor (HAZ) en ellas. El recocido es más pronunciado adyacente a la zona 420 de fusión de soldadura y disminuye gradualmente a través de las interfaces 422 de soldadura lejos de la zona 420 que tiene la temperatura alta. Las interfaces 422 de soldadura (incluida la HAZ antes del endurecimiento por trabajo como se describe en el presente documento) en consecuencia tienen características mecánicas disminuidas que incluyen, entre otras, límite elástico, resistencia máxima, dureza, vida a la fatiga o similares en relación con el material base del resto de la primer y segundo componentes 302, 304 (p. ej., fuera de las interfaces 422 de soldadura). En consecuencia, en esta configuración intermedia (antes de la configuración endurecida por trabajo mostrada en la Figura 4B), el conjunto 310B de soldadura proporciona una debilidad localizada al conjunto 300 de componentes.

Con el endurecimiento por trabajo del conjunto 310B de soldadura que tiene la configuración mostrada en la Figura 4B, el conjunto 310B de soldadura incluye características mecánicas mejoradas, consistentes y predecibles. Además, las características mecánicas mejoradas se proporcionan de manera consistente y predecible a lo largo de la zona 420 de fusión de soldadura, y los segmentos 430 de interfaz de soldadura (mostrados en líneas discontinuas) que se extienden desde cerca de la superficie 404 exterior del tubo hasta cerca de la superficie 402 interior del tubo. Dicho de otra manera, las características mecánicas del conjunto 310B de soldadura son mayores que las características mecánicas del conjunto 310A de soldadura mostrado en la Figura 4A. Por ejemplo, el conjunto 310B de soldadura construido y endurecido por trabajo de la manera descrita en el presente documento incluye una o más de resistencia máxima (incluyendo resistencia a la tracción), límite elástico, dureza, vida a la fatiga o similares que se aproximan a las del material base de cada uno de los primeros y segundos componentes 302, 304. Por ejemplo, cada uno de los materiales base en el primer y segundo componentes 302, 304 así como el conjunto 310B de soldadura tienen límites elásticos de 620,53 MPa (90.000 psi) o mayores. En otro ejemplo, la resistencia del conjunto 310B de soldadura tiene una o más resistencias que incluyen, por ejemplo, límite elástico, resistencia máxima o similares dentro de 55,16 MPa (8.000 psi), 41,37 MPa (6.000 psi), 27,58 MPa (4.000 psi), 13,79 MPa (2000 psi) o similar del material base (no recocido) del primer y segundo componentes 302, 304.

Para lograr las características mecánicas especificadas con el conjunto 310B de soldadura, la zona 420 de fusión de soldadura mostrada en la Figura 4B mediante las líneas discontinuas se extiende por encima de una o más de las superficies tales como la superficie 404 exterior del tubo o la superficie 402 interior del tubo (en Una configuración inversa) de los componentes 302, 304. Además, una parte de la zona 420 de fusión de soldadura, el faldón 423 de soldadura, se extiende lateralmente a lo largo de un lecho de soldadura de las interfaces 422 de soldadura, por ejemplo, desde una raíz de lecho de las interfaces 422 de soldadura próximas a la raíz 426 del rebaje a la abertura del lecho próxima a la abertura 428 del rebaje.

La deformación mecánica de la zona 420 de fusión de soldadura que sobresale desde la superficie 404 exterior del tubo, en esta configuración, deforma plásticamente e introduce la zona 420 de fusión de soldadura verticalmente en el primer y segundo componentes 302, 304. Como se muestra en la Figura 4B, la deformación mecánica (p. ej., que incluye endurecimiento por trabajo, laminado en frío, trabajo en frío o similares) introduce la zona 420 de fusión de soldadura en las interfaces 422 de soldadura y los extremos 308 del componente subyacente de cada uno de los componentes 302, 304 primero y segundo. Debido a que las interfaces 422 de soldadura tienen forma como se describe en el presente documento, las interfaces 422 de soldadura se extienden lateralmente con respecto a las interfaces de soldadura mostradas anteriormente (en la Figura 4A), la zona 420 de fusión de soldadura y los extremos 308 de los componentes de cada uno de los componentes 302, 304 primero y segundo intercalan las interfaces de soldadura entre ellos. Además, la HAZ sigue el contorno de las interfaces 422 de soldadura y, en consecuencia, también se extiende lateralmente y no está oculta ni aislada de otro modo en una columna de HAZ (como en la Figura 4A). En consecuencia, el endurecimiento por trabajo de la zona 420 de fusión de soldadura deforma plásticamente la zona 420 de fusión de soldadura y correspondientemente introduce la zona 420 en las interfaces 422 de soldadura recocidas. Introduciendo la zona 420 de fusión de soldadura en las interfaces 422 de soldadura que se extienden lateralmente a lo largo de la zona 420 de fusión de soldadura, las interfaces 422 de soldadura se deforman plásticamente y, por lo tanto, se endurecen por trabajo de una manera similar a la zona 420 de fusión de soldadura. La extensión lateral (p. ej., forma, perfil o similar) de las interfaces 422 de soldadura garantiza que la HAZ en las interfaces 422 de soldadura esté expuesta a la deformación plástica de la zona 420 de fusión de soldadura y no aislado de la deformación de otro modo (p. ej., como en el conjunto 310A de soldadura en la Figura 4A).

En la configuración mostrada en la Figura 4B, el endurecimiento por trabajo está presente en al menos los segmentos 430 de interfaz de soldadura (la región de línea discontinua) de las interfaces 422 de soldadura que se extienden desde cerca de la superficie 404 exterior del tubo hasta cerca de la superficie 402 interior del tubo. El endurecimiento

por trabajo se aplica continuamente a través del conjunto 310B de soldadura, por ejemplo, desde cerca de la superficie 404 exterior del tubo hasta cerca de la superficie 402 interior del tubo. Las partes recocidas anteriormente descritas del conjunto 310A de soldadura, por ejemplo, correspondientes a los segmentos 412 de interfaz de soldadura mostrados en la Figura 4A se minimizan (p. ej., se eliminan, se reducen o similares). En cambio, el conjunto 310B de soldadura incluye 422 interfaces de soldadura endurecidas por trabajo que incluyen segmentos 430 de interfaz de soldadura que se deforman plásticamente de manera predecible y consistente para endurecer por trabajo en consecuencia los segmentos 430 y mejorar las características mecánicas de cada una de la zona 420 de fusión de soldadura y los segmentos 430 de interfaz de soldadura en comparación con los materiales base del primer y segundo componentes 302, 304. En consecuencia, las características mecánicas especificadas para el primer y segundo componentes 302, 304 que incluyen una o más de resistencia máxima tal como resistencia a la tracción, límite elástico, dureza, vida a la fatiga y similares se llevan a través del conjunto 310B de soldadura.

En consecuencia, el conjunto 300 de componentes, incluido el conjunto 310B de soldadura, proporciona un conjunto que tiene características mecánicas consistentes al tiempo que minimiza las debilidades localizadas en el conjunto 300 de componentes que de otro modo estarían sujetas a fallos, por ejemplo, un umbilical como los umbilicales 106 mostrados en la Figura 1 suspendido de un embarcación 102 de instalación a un fondo marino y sujeto a tensiones de tracción. En contraste con el conjunto 310A de soldadura mostrado, por ejemplo, en la Figura 4A, que tiene zonas afectadas por el calor (HAZ) relativamente grandes que se extienden, por ejemplo, desde cerca del interior 402 del tubo hasta cerca del exterior 404 del tubo, el conjunto 310B de soldadura, mostrado en la Figura 4B tiene características mecánicas mejoradas de manera consistente (en relación con las del conjunto 310A) entre la superficie 404 exterior del tubo y la superficie 402 interior del tubo proporcionadas a través de la deformación plástica transmitida a través de la zona 420 de fusión de soldadura a las interfaces 422 de soldadura que se extienden lateralmente como se muestra en la Figura. 4B. En algunas configuraciones, hay cierta variación en las características mecánicas entre las superficies 404, 402 exterior e interior porque el trabajo en frío se inicia cerca de la superficie 404 exterior del tubo. Por ejemplo, el límite elástico del conjunto 310B de soldadura cerca de la superficie 404 exterior del tubo iguala o incluso excede el límite elástico del material base, mientras que el límite elástico del conjunto 310B próximo a la superficie 402 interior del tubo (también mejorado mediante trabajo en frío) está opcionalmente por debajo del material base (p. ej., 68,95 MPa (10.000 psi) o menos). Estas variaciones son incidentales en comparación con las variaciones en el conjunto 310A de soldadura, incluidas variaciones de ejemplo de 68,95 MPa (10.000 psi), 137,9 MPa (20.000 psi) o 206,84 MPa (30.000 psi) o más porque el conjunto 310A incluye extensas zonas afectadas por el calor (HAZ).

Además, en contraste con las extensas zonas afectadas por el calor que quedan en el conjunto 310A de soldadura mostrado en la Figura 4A, el conjunto 310B de soldadura incluye, en algunas configuraciones, zonas incidentales afectadas por el calor localizadas, por ejemplo, próximas a la superficie 404 exterior del tubo mostrada en la Figura 4B por los cordones 432 afectados por el calor. En otra configuración, una o más zonas afectadas por el calor permanecen muy próximas a la base del conjunto 310B de soldadura, por ejemplo, próximas a la raíz 426 del rebaje. En cualquiera de estas configuraciones, el cordón 432 afectado por el calor proporcionado cerca de la superficie 404 exterior del tubo, las partes restantes de la interfaz 422 de soldadura locales a la raíz 426 del rebaje o similares (que incluyen otras ubicaciones incidentales) son componentes incidentales del conjunto 310B de soldadura endurecido por trabajo general, y en algunos casos configuraciones endurecidas por trabajo en diversos grados mediante el endurecimiento por trabajo del resto del conjunto 310B. En otras configuraciones más, y como se describe en el presente documento, el grado de endurecimiento por trabajo cerca de la superficie 404 exterior del tubo es mayor que el endurecimiento por trabajo cerca de la superficie 402 interior del tubo porque el endurecimiento por trabajo se inicia a lo largo de la superficie 404 exterior del tubo. Incluso con estas variaciones, y como se muestra en la Figura 4B, los segmentos 430 de interfaz de soldadura endurecidos por trabajo que se extienden desde cerca de la superficie 402 interior del tubo hasta cerca de la superficie 404 exterior del tubo proporcionan características mecánicas generales consistentemente mejoradas que garantizan que el conjunto 310B de soldadura tenga características mecánicas correspondientemente mejoradas que se acercan a las del material base en comparación con el conjunto 310A de soldadura mostrado, por ejemplo, en la Figura 4A.

Las Figuras 5A-D muestran configuraciones de conjuntos 501, 503, 505, 507 de componentes que incluyen una variedad de perfiles de extremo para uno o más de los conjuntos de componentes descritos en el presente documento. Al describir cada uno de estos perfiles de extremo, los conjuntos de componentes 501, 503, 505 correspondientes ayudan a conformar las juntas soldadas y a las correspondientes zonas de fusión de soldadura (en las juntas) para extenderse lateralmente. En al menos algunas configuraciones, las juntas con forma lateral y las zonas de fusión de soldadura mejoran el endurecimiento por trabajo de las interfaces de soldadura, así como la zona de fusión de soldadura para proporcionar conjuntos de soldadura que tienen características mecánicas cercanas a las del material base de los componentes 302, 304 tales como tubos. o similar. Estos perfiles de extremo se forman con uno o más métodos que incluyen, entre otros, mecanizado, fundición, laminado, troquelado, forjado o similares.

Con referencia primero a la Figura 5A, el conjunto 501 de componentes incluye componentes 302, 304 primero y segundo (p. ej., se muestra una parte del primer y segundo tubos). Los componentes 302, 304 primero y segundo incluyen la superficie 404 exterior del tubo y la superficie 402 interior del tubo. En la Figura 5A, los perfiles 500 de extremo se proporcionan en forma de J, por ejemplo, que tienen un ahusamiento que se extiende lateralmente y que se abre hacia la superficie 404 exterior del tubo desde cerca de la superficie 402 interior del tubo. Cuando los extremos 308 de los componentes de cada uno de los componentes 302, 304 primero y segundo se colocan muy cerca uno del

otro, se forma una junta 502 soldada, por ejemplo, una junta soldada en forma de doble J por los perfiles 500 de extremo.

Con referencia ahora a la Figura 5B, se muestra un conjunto 503 de componentes con los componentes 302, 304 primero y segundo que tienen los perfiles 504 de extremo. En esta configuración, los perfiles 504 de extremo tienen una forma ahusada en ángulo, por ejemplo, correspondiente a una forma de V. Los perfiles 504 de extremo se ahúsan hacia arriba desde la proximidad de la superficie 402 interior del tubo hacia la superficie 404 exterior del tubo. Con los componentes 302, 304 primero y segundo colocados muy cerca uno del otro, por ejemplo, con los extremos 308 de los componentes respectivos proporcionados en los extremos contiguos como se muestra en la Figura 5B, se forma una junta 506 de soldadura. En esta configuración, la junta 506 de soldadura que incluye los perfiles 504 de extremo es una junta de soldadura en forma de V.

La Figura 5C muestra otra configuración de un conjunto 505 de componentes que tiene una junta 510 soldada en forma de U. Al igual que con las configuraciones anteriores, el conjunto 505 de componentes incluye componentes 302, 304 primero y segundo tales como tubos o similares. Cada uno de los componentes incluye extremos 308 de los componentes. En la Figura 5C, los extremos de los componentes incluyen perfiles 508 de extremo, por ejemplo, que tienen forma de U. Los perfiles 508 de extremo, como se muestra en la Figura 5C, se extienden de forma lateral (aunque atenuada) similar a los perfiles mostrados en las Figuras 5A, 5B. En consecuencia, una zona de fusión de soldadura y una interfaz de soldadura resultante que incluye zonas afectadas por el calor (HAZ) se extienden de una manera lateral correspondiente similar a las interfaces 422 de soldadura mostradas en la Figura 4B.

La Figura 5D muestra una configuración diferente de un conjunto 507 de componentes que proporciona una junta 514 de soldadura de tipo a tope entre el primer y segundo componentes 302, 304. Como se muestra en la Figura 5D, los perfiles 512 de extremo son planos o tienen una forma cuadrada y en consecuencia facilitan la unión a tope del primer y segundo componentes 302, 304 en los extremos 308 de sus componentes. La junta 514 soldada permite la aplicación de un cordón de relleno de soldadura entre los mismos y, en algunas configuraciones, facilita la aplicación de múltiples pasadas del relleno de soldadura entre los perfiles 512 de extremo. El relleno de soldadura calienta y funde el material base adyacente para formar una zona de fusión de soldadura. Opcionalmente, la junta 514 soldada se usa en una soldadura autógena que incluye soldadura fundida del material base (p. ej., material base fundido y re solidificado para formar la zona de fusión de soldadura). En contraste con las configuraciones anteriores descritas en el presente documento, la junta 514 soldada se extiende de forma empinada o generalmente vertical con respecto a las juntas soldadas que se extienden lateralmente mostradas anteriormente, por ejemplo, en las Figuras 5A, 5B y 4B. Como se describirá en el presente documento, la junta 514 soldada que incluye, por ejemplo, una junta soldada a tope, así como los otros conjuntos de componentes mostrados en las Figuras 5A, 5B, 5C, 4B, están en una configuración, endurecidos por trabajo con un mecanismo de endurecimiento por trabajo, método o similares descritos en el presente documento que incluyen el endurecimiento por trabajo del perfil del conjunto de soldadura así como los perfiles de extremo, tales como la interfaz 512 de soldadura de cada uno de los componentes 302, 304 primero y segundo mostrados en la Figura 5D. Como se describirá, al deformar la totalidad del conjunto de componentes que incluye, por ejemplo, los extremos 308 del componente, los perfiles 512 de extremo y la zona de fusión de soldadura entre los perfiles 512 de extremo, el endurecimiento por trabajo se proporciona de una manera consistente, por ejemplo, desde cerca de la superficie 402 interior del tubo para aproximar la superficie 404 exterior del tubo.

En otra configuración, los perfiles 512 de extremo de la junta 514 soldada se funden, por ejemplo, durante la soldadura con gas inerte de tungsteno (TIG), para formar una zona de fusión de soldadura ahusada que se extiende lateralmente similar a la zona de fusión de soldadura mostrada 420 en la Figura 4B. Por ejemplo, el material base adyacente a la junta 514 de soldadura y próximo a la superficie 404 exterior del tubo se funde preferentemente (en mayor grado) que el material base próximo a la superficie 402 interior del tubo. El conjunto de soldadura que comenzó con la junta 514 de soldadura a tope en consecuencia asume una configuración ahusada que tiene una zona de fusión de soldadura que se extiende lateralmente de una manera consistente con al menos la zona 420 de fusión de soldadura. Dicho de otra manera, la creación de la zona de fusión de soldadura entre los perfiles 512 de extremo se usa para dar forma a las interfaces de soldadura en un perfil que se extiende lateralmente (y correspondiente apilamiento o intercalado de la zona de fusión, interfaces y el material base). En consecuencia, incluso una junta 514 soldada a tope como se muestra en la Figura 5D está configurada para endurecimiento por trabajo como se describe en el presente documento, incluyendo, por ejemplo, la introducción de la zona de fusión de soldadura en la interfaz de soldadura que se extiende lateralmente y apilada entre el material base y la zona de fusión).

En otra configuración más, los perfiles 512 de extremo de la junta 514 soldada están cubiertos opcionalmente con un faldón de soldadura, como se describió anteriormente en el presente documento. Debido a que las interfaces de soldadura (p. ej., los perfiles 512 de extremo) son empinadas o generalmente verticales, se incluye material adicional en el faldón de soldadura, por ejemplo, el faldón de soldadura incluye una o más de cobertura lateral adicional (hacia fuera del rebaje de soldadura) o altura adicional con respecto a la superficie 402 exterior del tubo. Cualquiera o ambos de estos cambios en el faldón de soldadura proporcionan un faldón de soldadura más empinado que el que se muestra en otras figuras del presente documento. El faldón de soldadura empinado incluye material adicional para la deformación plástica durante el endurecimiento por trabajo. El endurecimiento por trabajo de este faldón de soldadura (p. ej., en la junta 514 soldada y las interfaces de soldadura adyacentes) provoca una deformación plástica extensa en la zona de fusión de la soldadura y a lo largo de las interfaces de soldadura y, en consecuencia, endurece por trabajo de manera consistente y predecible los conjuntos de soldadura empinados o generalmente verticales (además

de las juntas soldadas que se extienden lateralmente y las interfaces de otros conjuntos de soldadura descritos en este documento).

La Figura 6 muestra una vista detallada del conjunto 501 de componentes en sección transversal mostrado previamente en la Figura 5A. En esta configuración, el conjunto 501 de componentes (p. ej., un conjunto de tubos) incluye los tubos primero y segundo de los componentes 302, 304 muy próximos entre sí. Como se describió anteriormente, los perfiles 500 de extremo de cada uno de los extremos 308 de los componentes del primer y segundo componentes 302, 304 proporcionan una junta 502 soldada en forma de doble J. El rebaje 602 de soldadura del conjunto 501 de componentes sigue el contorno de los perfiles 500 de extremo y en consecuencia se extiende de forma lateral, por ejemplo, desde la raíz 604 del rebaje hasta la abertura 606 del rebaje. Como se muestra en la Figura 6, la raíz 604 del rebaje está próxima a la superficie 402 interior del tubo mientras que la abertura 606 del rebaje está próxima a la superficie 404 exterior del tubo (y alejada de la superficie 402 interior del tubo). En otra configuración, y como se describió anteriormente en el presente documento, uno o más de los perfiles de extremo tales como el perfil 500 de extremo o uno de los otros perfiles de extremo mostrados, por ejemplo, en las Figuras 5B, 5C o similares, se proporcionan a lo largo de la superficie 402 interior del tubo. En esta configuración inversa, la raíz 604 del rebaje se coloca cerca de la superficie 404 exterior del tubo mientras que la abertura 606 del rebaje se proporciona cerca de la superficie 402 interior del tubo.

Como se muestra además en la Figura 6, los perfiles 500 de extremo forman el perfil ahusado de la junta 502 soldada y las interfaces 608 de soldadura. Los perfiles 500 de extremo (y las interfaces 608 de soldadura) se extienden opcionalmente a lo largo de la raíz 604 del rebaje próxima a la superficie 402 interior del tubo. En esta configuración (una configuración intermedia del conjunto 501 de componentes antes de la soldadura y el endurecimiento por trabajo), las interfaces 608 de soldadura tienen características mecánicas correspondientes a las del material base de los componentes 302, 304. Por ejemplo, donde los componentes 302, 304 primero y el segundo incluyen uno o más de acero inoxidable endurecido por trabajo, acero inoxidable dúplex, acero inoxidable súper dúplex, acero inoxidable hiper dúplex, nitrónico 19D recubierto de zinc, aleaciones de níquel o similares, las interfaces 608 de soldadura, en esta configuración (antes de soldadura) también tienen esas características coincidentes (p. ej., idénticas o sustancialmente similares). Por ejemplo, las interfaces 608 de soldadura antes de la unión en la zona de fusión de soldadura incluyen una estructura endurecida (no recocida) y por lo tanto tienen características similares o idénticas al resto del primer y segundo componentes. Estas características incluyen, entre otras, una o más de límite elástico, resistencia máxima, dureza, vida a la fatiga o similares.

El conjunto 501 de componentes que incluye los perfiles 500 de extremo mostrados en la Figura 6 es el perfil de base utilizado en el conjunto de componentes en cada una de las Figuras 7A-9 como se muestra en el presente documento. En consecuencia, el conjunto 501 de componentes se muestra en una configuración intermedia en la Figura 6 y se procesa como se muestra en cada una de las figuras anteriores.

La Figura 7A-1 muestra una primera configuración intermedia del conjunto 501 de componentes. En esta configuración intermedia, se proporciona una zona 702 de fusión de soldadura dentro del rebaje 602 de soldadura, por ejemplo, dentro de la raíz 604 del rebaje del rebaje 602. La zona 702 de fusión de soldadura incluye opcionalmente una zona autógena en la raíz 604 del rebaje o zona de fusión que incluye relleno de soldadura mezclado con material base fundido. Como se muestra, la zona 702 de fusión de soldadura, en esta configuración, se proporciona como una primera pasada dentro de la raíz 604 del rebaje y llena parcialmente el rebaje 602 de soldadura. El resto del rebaje, tal como la abertura 606 del rebaje, en esta configuración intermedia, permanece abierto. Como se muestra además en la Figura 7A-1, las interfaces 608 de soldadura a cada lado del conjunto 501 de componentes se extienden desde la raíz 604 del rebaje lateralmente hacia la superficie 404 exterior del tubo. En consecuencia, en esta configuración, el conjunto 501 de componentes que incluye las interfaces 608 de soldadura se extiende desde cerca de la raíz 604 del rebaje (p. ej., también cerca de la superficie 402 interior del tubo) hasta cerca de la superficie 404 exterior del tubo. En la configuración mostrada en la Figura 7A-1, la zona 702 de fusión de soldadura que se extiende a lo largo de las interfaces 608 de soldadura calienta el material base del primer y segundo componentes 302, 304 y en consecuencia hace la transición del material base a una zona 700 afectada por el calor. La HAZ 700 se extiende a lo largo de las interfaces 608 de soldadura adyacentes a la zona 702 de fusión de soldadura.

Como se muestra en la Figura 7A-2, la zona 702 de fusión de soldadura llena el rebaje 602 de soldadura, por ejemplo, hasta la abertura 606 del rebaje. En la vista mostrada, la zona 702 de fusión de soldadura se extiende desde la raíz 604 del rebaje próxima a la superficie 402 interior del tubo para aproximarse a la superficie 404 exterior del tubo (p. ej., la abertura 606 de rebaje). En consecuencia, en esta configuración, el rebaje 602 de soldadura se llena mediante una o más pasadas de la zona 702 de fusión de soldadura (p. ej., incluyendo uno o más de relleno de soldadura, material de base moldeado por soldadura o derretido o similar). Por ejemplo, se proporciona una parte 706 de soldadura suplementaria sobre la parte 704 de soldadura de base. La parte 706 de soldadura suplementaria incluye, pero no se limita a, una o más pasadas adicionales con la zona 702 de fusión de soldadura dentro del rebaje 602 de soldadura.

Como se muestra además en la Figura 7A-2, la zona afectada por el calor (HAZ) 700 del material base se extiende a lo largo de la zona 702 de fusión de soldadura y la interfaz 608 de soldadura. Con la zona 702 de fusión de soldadura aplicada dentro del rebaje 602 de soldadura, el material base en las interfaces 608 de soldadura se recuece (formando HAZ 700) y en consecuencia las características mecánicas del material base se reducen a lo largo de las interfaces

608 de soldadura. Por ejemplo, como se describió anteriormente en el presente documento, uno o más de resistencia máxima, límite elástico, dureza, fatiga la vida útil o similar se reducen en el conjunto 501 de componentes. Como se describió anteriormente en el presente documento, la HAZ 700 y las interfaces 608 de soldadura se extienden lateralmente y siguen el contorno del rebaje 602 de soldadura proporcionado por los perfiles 500 de extremo de cada uno de los primeros y segundos componentes 302, 304. La zona 702 de fusión de soldadura se extiende de manera complementaria y lateral, por ejemplo, desde la raíz 604 del rebaje hasta la abertura 606 del rebaje. Además, como se muestra en la Figura 7A-2, las interfaces 608 de soldadura que se extienden lateralmente y HAZ 700 correspondiente están entre la zona 702 de fusión de soldadura (arriba) y el material base no recocido del primer y segundo componentes 302, 304 (abajo). Por ejemplo, las interfaces 608 de soldadura y HAZ 700 están intercaladas o apiladas entre ellas.

Opcionalmente, incluso perfiles empinados o verticales, tales como los perfiles 512 de extremo para una junta 514 soldada a tope (ver Figura 5D) están acondicionados para formar interfaces 608 de soldadura que se extienden lateralmente y la correspondiente HAZ 700 que se extiende lateralmente (dentro o parte de las interfaces). Como se describió anteriormente en el presente documento, los perfiles 512 de extremo de la junta 514 soldada se funden, por ejemplo, durante la soldadura con gas inerte de tungsteno (TIG), para formar un perfil de soldadura ahusado similar a los perfiles mostrados en las Figuras 5A, 5B. Por ejemplo, el material base adyacente a la junta 514 soldada y próximo a la superficie 404 exterior del tubo se funde preferentemente (en mayor grado) que el material base próximo a la superficie 402 interior del tubo. La fusión preferencial del material base hace la transición de la junta 514 soldada a tope a una configuración ahusada que tiene una zona de fusión de soldadura (incluido el material base fundido por soldadura) que se extiende lateralmente de una manera consistente con la zona 420 de fusión de soldadura mostrada en la Figura 4B (y otras zonas de fusión que se extienden lateralmente de configuración proporcionadas en el presente documento). El material base restante sólido, pero recocido, de las interfaces de soldadura tiene un contorno lateral correspondiente a la zona de fusión de la soldadura. Dicho de otra manera, la creación de la zona de fusión de soldadura entre los perfiles 512 de extremo da forma a las interfaces de soldadura en un perfil que se extiende lateralmente. En consecuencia, incluso una junta 514 soldada a tope como se muestra en la Figura 5D en algunas configuraciones está configurada para endurecimiento por trabajo como se describe en el presente documento (p. ej., introducción de la zona de fusión de soldadura dentro de la interfaz de soldadura que se extiende lateralmente que tiene una zona afectada por el calor).

Con referencia ahora a la Figura 7B, el conjunto 501 de componentes está en otra configuración intermedia con una parte adicional de la zona 702 de fusión de soldadura proporcionada. Como se muestra en la Figura 7B, la parte adicional de la zona 702 de fusión de soldadura incluye un faldón 708 de soldadura sobre la parte superior de la parte 706 de soldadura suplementaria y la parte 704 de soldadura de base. En otra configuración, la zona 702 de fusión de soldadura se aplica en una sola etapa, por ejemplo, con un volumen mayor de relleno de soldadura y material base fundido aplicado a la totalidad del rebaje 602 de soldadura (p. ej., en una sola pasada) y opcionalmente incluye el faldón 708 de soldadura.

Como se muestra en la Figura 7B, la zona 702 de fusión de soldadura que incluye el faldón 708 de soldadura se extiende lateralmente con respecto a la parte 704 de soldadura base y la parte 706 de soldadura suplementaria. El faldón 708 de soldadura, en una configuración, sigue el contorno proporcionado por las interfaces 608 de soldadura formado como se describió anteriormente en el presente documento, por ejemplo, con uno o más de un perfil en J, perfil en U, perfil en V o similares. En la configuración mostrada en la Figura 7B, el faldón 708 de soldadura sobresale desde una o más superficies del conjunto 501 de componentes. En esta configuración, el faldón 708 de soldadura sobresale verticalmente con respecto a la superficie 404 exterior del tubo. En otra configuración, la zona 702 de fusión de soldadura sobresale desde la superficie 402 interior del tubo, por ejemplo, donde el conjunto 501 de componentes está invertido con el perfil de las interfaces 608 de soldadura extendiéndose de manera inversa y ahusándose desde la raíz 604 del rebaje próxima a la superficie 404 exterior del tubo hacia la abertura 606 del rebaje próximo a la superficie 402 interior del tubo.

La Figura 7A-2 y la Figura 8 muestran un conjunto 710 de soldadura en una configuración completa o casi completa antes del endurecimiento por trabajo. Debido a que el conjunto 710 de soldadura no está endurecido por trabajo, las zonas afectadas por el calor (HAZ) 700 se proporcionan a lo largo de la zona 702 de fusión de soldadura y dentro de las interfaces 608 de soldadura del conjunto 710 de soldadura. Aunque el conjunto 710 de soldadura en la configuración intermedia mostrada en la Figura 7A-2 no incluye el faldón de soldadura mostrado en la Figura 8, el conjunto 710 de soldadura está, en una configuración, configurado para endurecimiento por trabajo como se describe en el presente documento (p. ej., para proporcionar una o más características de material consistentes con el material base de los componentes 302, 304). Por ejemplo, en una configuración, el conjunto 710 de soldadura en la Figura 7A-2 se deforma plásticamente al introducir la zona 702 de fusión de soldadura en las interfaces 608 de soldadura y la HAZ 700 en las mismas. La zona 702 de fusión de soldadura se deforma mecánicamente a una elevación menor que la superficie 404 exterior del tubo. Por ejemplo, la zona 702 de fusión de soldadura se deforma mecánicamente (p. ej., deprimida) hacia la superficie 402 interior del tubo y las interfaces 608 de soldadura. En esta configuración, la deformación plástica de la zona 702 de fusión de soldadura introduce la zona 702 de fusión de soldadura en la HAZ 700, y las interfaces 608 de soldadura que incluyen la HAZ 700 se deforman plásticamente y, por lo tanto, se endurecen por trabajo.

- En contraste con el conjunto de soldadura mostrado en la Figura 7A-2, el conjunto 710 de soldadura mostrado en la Figura 7B incluye la zona 702 de fusión de soldadura que sobresale de la superficie 404 exterior del tubo con un faldón 708 de soldadura. En una configuración, la zona 702 de fusión de soldadura en esta configuración se deforma mecánicamente para introducir la zona 702 de fusión de soldadura dentro del conjunto 501 de componentes y, por lo tanto, también deforma mecánicamente las interfaces 608 de soldadura subyacentes, incluida la HAZ 700 en la misma. Como se describió anteriormente, la deformación de la zona 702 de fusión de soldadura deforma la HAZ 700 y endurece las interfaces 608 de soldadura, aumentando así las características mecánicas del conjunto 710 de soldadura. En una configuración, las características mecánicas del conjunto 710 de soldadura aumentan y, se aproximan o igualan las características mecánicas del material base de los componentes 302, 304, incluidos los materiales base endurecidos por trabajo de los componentes. En otras configuraciones, la zona 702 de fusión de soldadura que incluye, por ejemplo, el faldón 708 de soldadura como se muestra en la Figura 7B, se deforma en una configuración al ras con la superficie 404 exterior del tubo. En otra configuración, la zona 702 de fusión de soldadura se deforma con respecto a la configuración intermedia mostrada en la Figura 7B, por ejemplo, a una elevación entre la elevación mostrada para la zona 702 de fusión de soldadura y la superficie 404 exterior del tubo (p. ej., que sobresale de la superficie 404 exterior del tubo en menor grado con respecto a la zona 702 de fusión de soldadura como se muestra originalmente en la Figura 7B). En otras configuraciones más, la zona 702 de fusión de soldadura se deforma en una configuración deprimida con respecto a la superficie 404 exterior del tubo (como se describe con respecto a la Figura 7A-2 anterior). En esta configuración, la zona 702 de fusión de soldadura que incluye el faldón 708 de soldadura tiene una configuración rebajada o deprimida, por ejemplo, debajo de la superficie 404 exterior del tubo.
- La Figura 8 muestra otro ejemplo de configuración intermedia del conjunto 501 de componentes que incluye el conjunto 710 de soldadura. En esta configuración, el conjunto 501 de componentes incluye un faldón 800 de soldadura conformado. Por ejemplo, la zona 702 de fusión de soldadura tal como la parte saliente del faldón 708 de soldadura mostrado en la Figura 7B se procesa (p. ej., mediante mecanizado o similar) para proporcionar a la zona 702 de fusión de soldadura una elevación consistente con respecto a la superficie 404 exterior del tubo. En algunas configuraciones, el faldón 708 de soldadura tiene forma a una altura especificada, por ejemplo, la altura que se muestra en la Figura 8. El endurecimiento por trabajo de la zona 702 de fusión de soldadura que incluye el faldón 800 de soldadura conformado desde la elevación o altura especificada que se muestra en la Figura 8 hasta una configuración enrasada u otra altura con respecto a la superficie 404 exterior del tubo (p. ej., que incluye encima o debajo de la superficie exterior del tubo) está configurado para aumentar las características mecánicas del conjunto 710 de soldadura que incluye la zona 702 de fusión de soldadura y las interfaces 608 de soldadura a valores característicos que están próximos, iguales, mayores o aproximándose a las características mecánicas del material base, por ejemplo, de los componentes 302, 304 endurecidos por trabajo.
- En una configuración, la altura especificada del faldón 800 de soldadura conformado corresponde a una dimensión de altura previamente determinada, por ejemplo, mediante tablas de consulta, pruebas empíricas o similares, cuando se deforma plásticamente (p. ej., a una configuración al ras como en la Figura 9) aumenta las características mecánicas del conjunto 710 de soldadura a valores próximos a los del material base. Es decir, la deformación de la zona 702 de fusión de soldadura desde la posición elevada mostrada con un faldón 800 de soldadura conformado hasta una configuración al ras logra una o más características mecánicas con el conjunto 710 de soldadura acercándose o próximo a las del material base. Al deformar plásticamente la zona 702 de fusión de soldadura que tiene la altura especificada, las características mecánicas del conjunto 710 de soldadura son consistentes en el conjunto de soldadura porque la deformación (en este caso una disminución en la elevación) es consistente.
- La Figura 9 muestra una configuración de un conjunto 900 de soldadura endurecido por trabajo completo. En esta configuración, la zona 702 de fusión de soldadura se endurece por trabajo con respecto a la configuración mostrada previamente en la Figura 8. Por ejemplo, la zona 702 de fusión de soldadura tiene el faldón 800 de soldadura conformado se deforma plásticamente y se introduce en el conjunto 501 de componentes. En esta configuración, la zona 702 de fusión de soldadura está al ras con la superficie 404 exterior del tubo. Como se muestra en la Figura 9, las fuerzas aplicadas al conjunto 501 de componentes, por ejemplo, en el conjunto 900 de soldadura se muestran con flechas sólidas. En esta configuración, la deformación mecánica se inicia a lo largo de la superficie 404 exterior del tubo, por ejemplo, de manera localizada con respecto al conjunto 900 de soldadura. En otras configuraciones, la deformación también se proporciona en una dirección opuesta, por ejemplo, desde el interior de la zona 501 de componentes a lo largo de la superficie 404 interior del tubo. En esta configuración (mostrada con las flechas discontinuas), se aplica uno o más de soporte, fuerza adicional (incluida la fuerza proporcionada por herramientas de endurecimiento por trabajo basadas en el interior) o similares a lo largo de la superficie 404 interior del tubo para soportar en consecuencia el conjunto 501 de componentes y proporcionar una base al conjunto 501 de componentes durante la deformación plástica de la zona 702 de fusión de soldadura, las interfaces 608 de soldadura y similares. En una configuración que tiene una o más fuerzas de apoyo o adicionales (incluido el endurecimiento por trabajo opuesto) proporcionadas a lo largo de la superficie 404 interior del tubo, la depresión 904 de endurecimiento por trabajo o la deformación hacia adentro que se muestra en la Figura 9 está ausente. En cambio, la superficie 404 interior del tubo tiene una configuración sustancialmente iso diamétrica que se extiende de izquierda a derecha en la Figura 9.
- En la configuración mostrada en la Figura 9, la zona 702 de fusión de soldadura, las interfaces 608 de soldadura y similares se deforman plásticamente con la fuerza aplicada a lo largo de la superficie 404 exterior del tubo. Como se describió anteriormente, el primer y segundo componentes 302, 304 subyacentes a la zona 702 de fusión de soldadura

y las interfaces 608 de soldadura (p. ej., en una pila, intercalación o similar) se construyen con materiales base que tienen características mecánicas mejoradas que incluyen una o más de resistencia máxima, límite elástico, dureza, vida a la fatiga o similares. Estos materiales robustos proporcionan la base o soporte para las zonas 702 de fusión de soldadura y las interfaces 608 de soldadura durante la deformación plástica causada, por ejemplo, por fuerzas aplicadas a lo largo de la superficie 404 exterior del tubo. En esta configuración, la depresión 904 de endurecimiento por trabajo que se muestra en la Figura 9, se incluye opcionalmente con el conjunto 501 de componentes.

La zona 702 de fusión de soldadura mostrada en la Figura 9 se proporciona en una configuración graduada y se extiende lateralmente, por ejemplo, desde la raíz 604 del rebaje hasta uno o más bordes de la abertura 606 del rebaje dentro del rebaje 602 de soldadura. Como se describió anteriormente, el rebaje 602 de soldadura está limitado por los perfiles extremos de los componentes 302, 304 (p. ej., uno o más de los perfiles descritos en el presente documento o similares) y las interfaces 608 de rebaje y soldadura se extienden lateralmente. En consecuencia, la HAZ 700 (mostrada en la Figura 8 antes del endurecimiento por trabajo) también se extiende lateralmente con respecto a la zona 702 de fusión de soldadura y el rebaje 602 de soldadura. En esta configuración que se extiende lateralmente, las interfaces 608 de soldadura son un lecho de soldadura para la zona 702 de fusión de soldadura. Las interfaces 608 de soldadura (p. ej., lecho de soldadura) incluyen uno o más suelos 802 de lecho de soldadura, por ejemplo, que se extienden lateralmente y sobre el material base no recocido de los componentes 302, 304, y techos 804 de lecho de soldadura que se extienden lateralmente y debajo de la zona 702 de fusión de soldadura. En esta configuración mostrada originalmente en la Figura 8 y mostrada nuevamente en la Figura 9, la zona 702 de fusión de soldadura, las interfaces 608 de soldadura y el material base de los componentes 302, 304 primero y segundo subyacentes forman una configuración apilada y en consecuencia intercala la interfaz 608 de soldadura, así como la HAZ 700 (mostrada en la Figura 8) entre ellas. A medida que se aplica fuerza (como se muestra en la Figura 9) transversal a las capas apiladas de la zona 702 de fusión de soldadura, las interfaces 608 de soldadura y el material base subyacente de los componentes 302, 304, la zona 702 de fusión de soldadura se introduce en las interfaces 608 de soldadura intercaladas. La deformación plástica transmitida a través de la zona 702 de fusión de soldadura y continuada dentro de las interfaces 608 de soldadura endurece por trabajo tanto la zona 702 de fusión de soldadura como las interfaces 608 de soldadura que se extienden lateralmente, incluida la HAZ 700 en la misma. Debido a que las interfaces 608 de soldadura se extienden lateralmente (p. ej., desde cerca de la raíz 604 del rebaje hasta cerca de la abertura 606 del rebaje), la deformación de la zona 702 de fusión de soldadura se transmite de manera confiable a las interfaces 608 de soldadura para deformar plásticamente la HAZ 700 (mostrada en la Figura 8) de manera distribuida en contraste con una manera local con interfaces 410 de soldadura verticales o en ángulo empinado (p. ej., próximas a las superficies 402, 404 como se muestra en la Figura 4A). Las interfaces 608 de soldadura del conjunto 900 de soldadura endurecido por trabajo, por ejemplo, segmentos de interfaz que se extienden desde cerca de la raíz 604 del rebaje hasta cerca de la abertura 606 del rebaje, están endurecidas por trabajo de manera consistente y predecible. Según la presente invención, el conjunto 900 de soldadura endurecido por trabajo mostrado en la Figura 9 que incluye, entre otros, la zona 702 de fusión de soldadura, las interfaces 608 de soldadura, así como el material base circundante de los componentes 302, 304 subyacentes y adyacente a las interfaces 608 de soldadura incluye una característica mecánica endurecida por trabajo (p. ej., límite elástico, resistencia máxima, vida a la fatiga o similar) próxima a la del material base (p. ej., dentro de uno o más de 6,89 MPa (1.000 psi) o menos, 13,79 MPa (2000 psi) o menos, 27,58 MPa (4000 psi) o menos, 41,37 MPa (6000 psi) o menos, 55,16 MPa (8000 psi) o menos del material base). Entonces, el conjunto 900 de soldadura endurecido por trabajo tiene características mecánicas mejoradas próximas al material base en contraposición a una variación significativa entre otros conjuntos de soldadura y el material base (p. ej., como en la configuración mostrada en la Figura 4A), por ejemplo, variaciones de alrededor de 206,84 MPa (30.000 psi) en una o más características mecánicas, tales como límite elástico o similares.

En una configuración, el conjunto 900 de soldadura endurecido por trabajo incluye además uno o más cordones 902 afectados por el calor, por ejemplo, proporcionados en el borde del conjunto 900 de soldadura. Estos cordones 902 afectados por el calor se proporcionan en las interfaces 608 de soldadura y más allá de los bordes de la zona 702 de fusión de soldadura. Debido a que la zona 702 de fusión de soldadura calienta y por lo tanto recuece el material base adyacente del primer y segundo componentes 302, 304, los cordones 902 afectados por el calor constituyen una parte mínima (p. ej., parte incidental) del material base que permanece afectado por el calor o recocido en los bordes del conjunto 900 de soldadura después del endurecimiento por trabajo como se describe en el presente documento. El cordón 902 afectados por el calor está en el borde de la zona 702 de fusión de soldadura mientras que el resto del conjunto 900 de soldadura endurecido por trabajo se extiende desde cerca de la superficie 404 exterior del tubo hasta cerca de la superficie 404 interior del tubo. Por ejemplo, un segmento de interfaz de la interfaz 608 de soldadura (sin incluir el cordón 902 afectado por el calor) se extiende desde cerca de la superficie 404 exterior hasta cerca de la superficie 404 interior para proporcionar características mejoradas a cada una de las interfaces 608 de soldadura y, por lo tanto, mejorar la resistencia general del conjunto 900 de soldadura endurecido por trabajo. El cordón 902 afectados por el calor constituye por lo tanto una disminución incidental en las características mecánicas con respecto al material base, mientras que el resto del conjunto 900 de soldadura endurecido por trabajo, incluyendo la zona 702 de fusión de soldadura así como la interfaz 608 de soldadura que se extiende desde cerca de la superficie 404 exterior del tubo hasta próximos a la superficie 404 interior, están todos endurecidos por trabajo y, en consecuencia, tienen características mecánicas que se aproximan (incluyendo que igualan, cercanas, próximas o similares) a las del material base.

Las Figuras 10A-F muestran otra configuración de un conjunto 1000 de componentes que incluye un conjunto de soldadura endurecido por trabajo (o configuraciones intermedias del conjunto a medida que se forma el conjunto de soldadura). Como se muestra en el presente documento, el conjunto 1000 de componentes se deforma plásticamente durante el endurecimiento por trabajo mediante la deformación del primer y segundo componentes 1002, 1004, por ejemplo, sus extremos 1012 de componentes además de una o más características del conjunto de soldadura que incluye el relleno de soldadura, HAZ o similares.

Con referencia primero a la Figura 10A, los componentes 1002, 1004 primero y segundo se muestran cerca de cada uno de los extremos 1012 de los componentes alineados con el otro. Como se muestra, los componentes 1002, 1004 primero y segundo incluyen al menos algunas características similares a los componentes 302, 304 primero y segundo descritos anteriormente en el presente documento. Por ejemplo, en esta configuración, los componentes 1002, 1004 primero y segundo son tubos e incluyen superficies 1008 exteriores de tubo (p. ej., un diámetro exterior, diámetro interior o similares) y una superficie 1010 interior de tubo (p. ej., un diámetro interior, diámetro interior o similar). El conjunto 1000 de componentes se muestra además con perfiles 1016 de extremo que coinciden con los perfiles 1014 generales del resto del primer y segundo componentes 1002, 1004. En una configuración, el perfil 1014 general es un perfil consistente, por ejemplo, la forma, tamaño, diámetro o similar de los componentes 1002, 1004 primero y segundo permanece igual entre los extremos de cada uno de los componentes. Al menos partes de los perfiles 1016 de extremo en la Figura 10A son similares y proporcionan una junta a tope como los perfiles 512 de extremo que se muestran en la Figura 5D. En las configuraciones mostradas en las Figuras 10A-F, los perfiles 1016 de extremo incluyen además partes de los componentes 1002, 1004 próximos a los extremos, por ejemplo, la parte de los componentes deformados en las Figuras 10B, 10C o similares).

La Figura 10B muestra una configuración intermedia del conjunto 1000 de componentes. En esta configuración, el conjunto 1000 de componentes incluye los extremos 1012 de los componentes que tienen perfiles 1018 de extremo variados con respecto al perfil 1014 general del primer y segundo componentes 1002, 1004. Como se muestra en la Figura 10B, el perfil 1018 de extremo variado, incluye un perfil ensanchado o agrandado con respecto al perfil 1014 general (y los perfiles 1016 de extremo mostrados en la Figura 10A). En otras configuraciones, el perfil 1018 de extremo variado incluye, pero no se limita a, uno o más de un perfil de extremo encogido, un perfil no circular (con relación a un perfil general circular de base) o similares. En otras configuraciones más, el perfil 1018 de extremo variado incluye uno o más estrechamientos, corrugaciones o similares configurados para proporcionar una forma diferente al perfil 1018 de extremo con respecto al perfil 1014 general. En otras configuraciones más, el perfil 1018 de extremo variado es la configuración inicial de los extremos 1012 del componente del primer y segundo componentes 1002, 1004. En esta configuración, la configuración anterior mostrada, por ejemplo, en la Figura 10A del conjunto 1000 de componentes está ausente. En cambio, los componentes 1002, 1004 primero y segundo se proporcionan en el perfil variado que se muestra en el presente documento, por ejemplo, con el perfil 1018 de extremo variado con respecto al perfil 1014 general.

La Figura 10C muestra otra configuración intermedia con una junta 1020 soldada preparada. En esta configuración, la junta 1020 soldada correspondiente a una parte de los extremos 1012 del componente está preparada para soldarse para conectar el primer y segundo componentes 1002, 1004 de extremo a extremo. En esta configuración, la interfaz 1022 de soldadura de la junta 1020 soldada incluye uno o más de los perfiles descritos en el presente documento que incluyen, entre otros, una interfaz de soldadura en forma de U, una interfaz de soldadura en forma de V, una interfaz de soldadura en forma de J, una interfaz 1022 de soldadura en forma de soldadura a tope (p. ej., ver las Figuras 5A-D), otras interfaces de soldadura que incluyen interfaces de soldadura verticales o en ángulos empinados o similares (p. ej., ver la Figura 4A). Opcionalmente, los extremos 1012 de los componentes que forman la junta 1020 soldada se preparan, por ejemplo, mediante uno o más conformados, mecanizado o similares para proporcionar las interfaces 1022 de soldadura especificadas.

La Figura 10D muestra el conjunto 1000 de componentes con el conjunto 1024 de soldadura. Se proporciona un relleno 1026 de soldadura en un rebaje de soldadura correspondiente formado por las interfaces 1022 de soldadura descritas y mostradas previamente, por ejemplo, en la Figura 10C. Como se muestra, el relleno 1026 de soldadura, que sobresale del primer y segundo componentes 1002, 1004, por ejemplo, forma aquellas partes de las superficies 1008 exteriores del tubo dentro del perfil 1018 de extremo variado.

Como se muestra además en la Figura 10D, el conjunto 1024 de soldadura incluye zonas afectadas por el calor (HAZ) 1028 adyacentes al relleno 1026 de soldadura. La HAZ 1028 coincide con las interfaces 1022 de soldadura y está incluida con ellas. Como se describió anteriormente, la aplicación del relleno 1026 de soldadura calentado a las interfaces 1022 de soldadura recuece el material base del primer y segundo componentes 1002, 1004 a lo largo de las interfaces 1022 de soldadura (que de otro modo no se funde ni se incluye en la zona 1026 de fusión). El recocido del material base en el conjunto 1024 de soldadura crea una debilidad local dentro del conjunto 1000 de componentes con respecto a las características mecánicas generales del material base de los componentes 1002, 1004. Por ejemplo, como se describió anteriormente, una o más de resistencia máxima, el límite elástico, la dureza, la vida a la fatiga o similares disminuyen debido al calentamiento de las interfaces 1022 de soldadura causado por la zona 1026 de fusión de soldadura para formar la HAZ 1028.

El conjunto 1000 de componentes se muestra nuevamente en la Figura 10E. En esta configuración, la zona 1026 de fusión de soldadura mostrada previamente en la Figura 10D tiene forma opcional, por ejemplo, mecanizando la zona 1030 de fusión de soldadura conformada. Como se muestra, la zona 1030 de fusión de soldadura conformada está sustancialmente al ras con el resto de los extremos 1012 del componente del primer y segundo componentes 1002, 1004. Los extremos 1012 de los componentes mantienen el perfil 1018 de extremo variado con respecto al perfil 1014 general de los componentes 1002, 1004. La conformación de la zona 1030 de fusión de soldadura mostrada en la Figura 10E es opcional. En otras configuraciones, la zona 1026 de fusión de soldadura que sobresale desde el conjunto 1024 de soldadura se mantiene, por ejemplo, para facilitar un endurecimiento por trabajo mejorado de una o más características del conjunto de soldadura como se describe en el presente documento (p. ej., con deformación localizada tanto de la zona 1026 de fusión de soldadura como de y las interfaces de soldadura subyacentes y que se extienden lateralmente).

La Figura 10F muestra el conjunto 1032 de soldadura endurecido por trabajo que incluye los extremos 1012 del componente que tienen un perfil 1034 de extremo deformado con respecto al perfil 1018 de extremo variado mostrado previamente en las Figuras 10D y 10E. En la configuración mostrada en la Figura 10F, el perfil 1034 de extremo deformado coincide con el perfil 1014 general. En otras configuraciones, el perfil 1034 de extremo deformado no coincide con el perfil 1014 general, pero por lo demás varía con respecto al perfil 1018 de extremo variado mostrado en la Figura 10E. Por ejemplo, el perfil 1034 de extremo deformado está deprimido con respecto al perfil 1014 general, agrandado con respecto al perfil 1014 general y más pequeño que el perfil 1018 de extremo variado original, incluye una forma o tamaño diferente en comparación con el perfil 1018 de extremo variado o similar.

La deformación plástica de los extremos 1012 del componente, incluida la zona 1026 de fusión de soldadura y las interfaces 1022 de soldadura, mejora las características mecánicas y forma correspondientemente el conjunto 1032 de soldadura endurecido por trabajo. Como se describió anteriormente con respecto a otras configuraciones de un conjunto de soldadura endurecido por trabajo, el conjunto 1032 de soldadura endurecido por trabajo mostrado en la Figura 10F incluye características mecánicas mejoradas en relación con otros conjuntos de soldadura descritos en el presente documento. Según la presente invención, el conjunto 1032 de soldadura endurecido por trabajo incluye una o más características mecánicas tales como resistencia máxima, límite elástico, dureza, vida a la fatiga o similares que se acercan a las características mecánicas o coinciden con las características mecánicas del material base del primer y segundos componentes 1002, 1004.

En esta configuración, la deformación mecánica de los extremos 1012 del componente en contraste con la deformación mecánica localizada de un conjunto de soldadura (p. ej., mostrado en la Figura 9) deforma plásticamente toda la región alrededor del conjunto 1032 de soldadura endurecido por trabajo, así como el mismo conjunto 1032 de soldadura. En consecuencia, aunque la zona 1026 de fusión de soldadura y las interfaces 1022 de soldadura pueden tener en algunas configuraciones un perfil vertical o empinado con respecto a los conjuntos de soldadura descritos anteriormente proporcionados en el presente documento, debido a que la totalidad de los extremos 1022 del componente adyacentes al conjunto 1032 de soldadura endurecido por trabajo están deformado plásticamente, se mejoran las características mecánicas del perfil de extremo que incluye el conjunto 1032 de soldadura de soldadura. El conjunto 1032 de soldadura endurecido por trabajo, incluido el endurecimiento por trabajo distribuido mostrado en las Figuras 10A-F, proporciona características mecánicas similares a las del conjunto 900 de soldadura endurecido por trabajo mostrado, por ejemplo, en la Figura 9.

Las características mecánicas en el conjunto 1032 de soldadura se mejoran incluso con una preparación mínima de la junta 1020 soldada (p. ej., una junta a tope). Por ejemplo, la junta 1020 soldada en lugar de tener la interfaz 1022 de soldadura que se extiende lateralmente mostrada (p. ej., en forma de U, forma de J, forma de V o similar) es una interfaz sustancialmente vertical o empinada, tal como una interfaz de soldadura a tope o interfaz de soldadura profunda en forma de U. Por ejemplo, con una interfaz de soldadura a tope, los perfiles 1018 de extremo variados de los extremos 1012 del componente se acoplan de manera superficie con superficie y, en un ejemplo, se forma una zona 1026 de fusión de soldadura entre ellos. Al endurecer por trabajo la totalidad del conjunto de soldadura, incluidas, por ejemplo, las partes adyacentes de los extremos 1012 del componente que tienen los perfiles 1018 de extremo variados, el conjunto de soldadura que incluye la zona 1026 de fusión de soldadura y las interfaces 1022 de soldadura que tienen una configuración plana (vertical) o empinada, se endurecen por trabajo de manera similar para proporcionar una o más características mecánicas cercanas a las características mecánicas del material base del primer y segundo componentes 1002, 1004.

Aún en otras configuraciones, el conjunto 1032 de soldadura endurecido por trabajo incluye una soldadura autógena. El conjunto de soldadura autógena incluye el material de los componentes 1002, 1004 primero y segundo en los extremos calentados para fusionar los componentes sin un relleno de soldadura separado. En esta configuración, debido a que el perfil de extremo se deforma desde el perfil 1018 de extremo variado, por ejemplo, al perfil 1034 de extremo deformado u otro perfil diferente al perfil 1018 de extremo variado, la totalidad del conjunto de soldadura, incluidas las interfaces 1022 de soldadura y el material fundido del primer y segundo componente está endurecido por trabajo. En consecuencia, incluso las partes recocidas de los componentes 1002, 1004 utilizadas para proporcionar una soldadura autógena entre ellos se endurecen por trabajo de manera consistente y confiable mediante la deformación plástica de los perfiles 1018 de extremo a los perfiles 1034 de extremo deformados sin la aplicación y deformación de un relleno de soldadura.

La Figura 11 muestra un método 1100 para conectar al menos el primer y segundo componentes, tales como tubos. Al describir el método 1100, se hace referencia a uno o más componentes, características, funciones o similares descritos en el presente documento. Cuando es conveniente se hace referencia a los componentes, características, funciones o similares con números de referencia. Los números de referencia proporcionados son a modo de ejemplo y no exclusivos. Por ejemplo, las características, componentes, funciones o similares descritos en el método 1100 incluyen, entre otros, los elementos numerados correspondientes, otras características correspondientes descritas en el presente documento, tanto numeradas como no numeradas, así como sus equivalentes.

En 1102, los componentes 302, 304 primero y segundo, tales como tubos, se sueldan entre sí. En una configuración, la soldadura incluye en 1104 llenar un rebaje 602 de soldadura limitado por interfaces 608 de soldadura, por ejemplo, a lo largo de cada uno de los extremos del primer y segundo componentes. Como se muestra en las Figuras 6, 7A-1, 7A-2 (como ejemplos), las interfaces 608 de soldadura se extienden desde cerca de un diámetro exterior hacia un diámetro interior de los componentes 302, 304. En una configuración, las interfaces de soldadura forman un lecho de soldadura y se extienden lateralmente desde una raíz del lecho cerca de una raíz 604 del rebaje del rebaje 602 de soldadura hasta una abertura del lecho (próxima a uno del diámetro interior o exterior). La zona 702 de fusión de soldadura en el rebaje 602 de soldadura está próxima a las zonas 700 localizadas afectadas por el calor en cada una de las interfaces 608 de soldadura (p. ej., en 1106 en la Figura 11). Como se describe en el presente documento, la zona 702 de fusión de soldadura calienta y recuece las interfaces 608 de soldadura para formar la HAZ.

En 1108, el método 1100 incluye endurecer por trabajo un conjunto 710 de soldadura (p. ej., mostrado en las Figuras 7B u 8), por ejemplo, al conjunto 900 de soldadura endurecido por trabajo mostrado en la Figura 9. Como se describe en el presente documento, en un ejemplo los conjuntos 710, 900 de soldadura incluyen la zona 702 de fusión de soldadura y las interfaces 608 de soldadura. En otras configuraciones descritas en el presente documento, los conjuntos de soldadura incluyen una soldadura autógena (p. ej., las interfaces de soldadura se calientan y fusionan entre sí). En 1110, la zona 702 de fusión de soldadura se deforma al menos dentro del rebaje 602 de soldadura. Como se describe en el presente documento, la deformación de la zona 702 de fusión de soldadura incluye la deformación de un faldón 708 de soldadura u 800 en otras configuraciones. En 1112, cada una de las HAZ 700 se deforma según la deformación de la zona 702 de fusión de soldadura. Por ejemplo, la zona 702 de fusión de soldadura es impulsada por deformación plástica hacia las interfaces 608 de soldadura y, por lo tanto, deforma plásticamente las interfaces 608 de soldadura para minimizar (p. ej., disminuir o eliminar) el HAZ 700.

A continuación, se presentan diversas opciones para el método 1100. En una configuración, deformar cada una de las zonas 700 localizadas afectadas por el calor incluye deformar la zona de fusión de soldadura que recubre las zonas localizadas afectadas por el calor. En otra configuración, las zonas 700 localizadas afectadas por el calor están entre la zona 702 de fusión de soldadura y un material base del primer y segundo componentes 302, 304 (véanse las Figuras 7B y 8). Deformar cada una de las zonas 700 localizadas afectadas por el calor en esta configuración incluye deformar la zona 702 de fusión de soldadura hacia las zonas 700 localizadas afectadas por el calor.

Opcionalmente, el endurecimiento por trabajo de la zona 702 de fusión de soldadura y las zonas 700 localizadas afectadas por el calor incluye soportar el material base de los tubos 302, 304 primero y segundo a lo largo del diámetro interno de los tubos primero y segundo (p. ej., con un mandril, herramienta de endurecimiento por trabajo interno opuesto o similar). En otra configuración, el endurecimiento por trabajo de la zona 702 de fusión de soldadura y las zonas 700 localizadas afectadas por el calor de las interfaces 608 de soldadura incluye el endurecimiento por trabajo de la zona 702 de fusión de soldadura y las zonas 700 localizadas afectadas por el calor de forma continua desde cerca de una superficie 404 exterior del tubo (p. ej., un diámetro exterior) para aproximarse a una superficie 402 interior de tubo (p. ej., un diámetro interior). En una configuración adicional, el endurecimiento por trabajo de la zona 702 de fusión de soldadura y las zonas 700 localizadas afectadas por el calor de las interfaces 608 de soldadura incluye el endurecimiento por trabajo de la zona 702 de fusión de soldadura y las zonas 700 localizadas afectadas por el calor de forma continua desde el diámetro exterior hasta el diámetro interior.

Los tubos 302, 304 de componentes primero y segundo, en un ejemplo, incluyen un material base que tiene una resistencia especificada (p. ej., un límite elástico de 620,53 MPa (90.000 psi) o más). En este ejemplo, el endurecimiento por trabajo del conjunto 710 de soldadura incluye el endurecimiento por trabajo del conjunto 710 de soldadura hasta una resistencia endurecida por trabajo próxima a la resistencia especificada del material base (p. ej., una resistencia próxima a 620,53 MPa (90.000 psi) o dentro de 68,95 MPa (10.000 psi) o menos de la resistencia especificada del material base).

En otras configuraciones, el método 1100 incluye ahusar las interfaces 608 de soldadura en los extremos respectivos del primer y segundo tubos 302, 304 desde cerca del diámetro exterior hasta cerca del diámetro interior, y el rebaje 602 de soldadura incluye un rebaje de soldadura ahusado correspondiente a las interfaces 608 de soldadura ahusadas. El método 1100 incluye opcionalmente llenar el rebaje de soldadura ahusado con una parte de soldadura de base (p. ej., 704 y opcionalmente 706) de la zona 702 de fusión de soldadura, y cubrir la zona 702 de fusión de soldadura y partes del primer y segundo tubos 302, 304 próximas al diámetro exterior (p. ej., la superficie 404 exterior del tubo) con un faldón 708, 800 de soldadura. En este ejemplo, deformar la zona 702 de fusión de soldadura dentro del rebaje 602 de soldadura incluye deformar la parte de soldadura de base (p. ej., 704, 706) y el faldón 708 de soldadura (u 800).

- Opcionalmente, el faldón 800 de soldadura se extiende por encima del diámetro exterior (p. ej., la superficie 404 exterior del tubo) del primer y segundo tubos 302, 304 a una altura especificada. Deformar la parte de soldadura de base y el faldón de soldadura incluye deformar el faldón 800 de soldadura hasta una configuración al ras con respecto al diámetro exterior (p. ej., la superficie 404 exterior del tubo) desde la altura especificada. Deformar el faldón 800 de soldadura a la configuración al ras desde la altura especificada aumenta la resistencia del conjunto 900 de soldadura incluyendo la zona 702 de fusión de soldadura y las interfaces 608 de soldadura que tienen las zonas 700 localizadas afectadas por el calor a una resistencia endurecida por trabajo próxima a una resistencia especificada de un material base del primer y segundo tubo. En un ejemplo, el faldón 708 de soldadura mostrado en la Figura 7B es conformado (p. ej., mecanizado o similar) en una configuración plana que tiene la altura especificada.
- 5
- 10 En otro ejemplo, el método 1100 incluye cambiar un perfil 1016 de extremo de los extremos respectivos del primer y segundo tubos 1002, 1004 con respecto a un perfil 1014 general de los tubos. Por ejemplo, los perfiles 1016 de extremo mostrados en la Figura 10A se cambian a un perfil de extremo variado que tiene una forma, tamaño o similar diferente con respecto al perfil 1014 general. En los ejemplos mostrados en las Figuras 10B y 10C, el perfil 1018 de extremo variado se agranda con respecto al perfil 1014 general. En otros ejemplos, el perfil de extremo se reduce o se le proporciona una forma diferente. El endurecimiento por trabajo del conjunto 1024 de soldadura en este ejemplo incluye deformar el perfil 1016 de extremo del primer y segundo tubo con respecto al perfil de extremo variable (p. ej., el perfil 1018 mostrado en la Figura 10C u otros perfiles variados). Por ejemplo, el perfil 1018 de extremo variable se deforma para tener un perfil que coincida con el perfil 1014 general. En otro ejemplo, el perfil 1018 de extremo variable se deforma para tener un perfil diferente del perfil 1014 general y del perfil de extremo variable anterior.
- 15
- 20 La descripción detallada anterior incluye referencias a los dibujos adjuntos, que forman parte de la descripción detallada. Los dibujos muestran, a modo de ilustración, configuraciones específicas en donde se puede practicar la divulgación.

El alcance de la presente invención se define en las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un conjunto (300; 1000) de tubo que comprende:
- al menos un primer tubo (302; 1002) y un segundo tubo (304; 1004) configurados para acoplarse en respectivos extremos (308; 1012), cada uno de los primeros y segundos tubos incluyen:
- 5 un material base que tiene una característica mecánica especificada; y
- una interfaz (422; 1022) de soldadura en el extremo respectivo, la interfaz de soldadura que está próxima a un diámetro (402; 1008) interior y un diámetro (404; 1010) exterior del primer
- y segundos tubos; y
- 10 un conjunto (310B; 1024) de soldadura endurecido por trabajo que acopla el material base de cada uno de los tubos primero y segundo, el conjunto de soldadura endurecido por trabajo incluye:
- una zona (420; 1030) de fusión de soldadura que tiene una configuración ahusada, que se extiende lateralmente desde el diámetro interior hasta el diámetro exterior del primer y segundo tubos, en donde la zona de fusión de soldadura, las interfaces de soldadura y el material base del primero y segundo tubos forman una configuración apilada;
- 15 segmentos (430) de interfaz de soldadura, incluidos en la interfaz de soldadura, en donde los segmentos de interfaz de soldadura se extienden desde cerca del diámetro interior hasta cerca del diámetro exterior del primer y segundo tubos;
- en donde los segmentos de interfaz de soldadura están intercalados entre la zona de fusión de soldadura y el material base de los respectivos primeros o segundos tubos como capas de la configuración apilada; y
- 20 en donde la zona de fusión de soldadura y los segmentos de interfaz de soldadura del primer y segundo tubos están endurecidos por trabajo, de modo que los segmentos de interfaz de soldadura del primer y segundo tubos y la zona de fusión de soldadura incluyen características mecánicas que se acercan, es decir, igualan o están cerca de las características mecánicas del material base del primer y segundo tubos, en donde el endurecimiento por trabajo del conjunto de soldadura se logra mediante la aplicación de fuerza transversal a la configuración apilada.
- 25 2. El conjunto de tubos de la reivindicación 1, en donde cada uno de los tubos primero y segundo incluye un cordón (432) afectado por el calor de la interfaz (422) de soldadura espaciado de la zona (420) de fusión de soldadura.
3. El conjunto de tubo de la reivindicación 1, en donde la característica mecánica especificada del material base incluye una resistencia especificada, y en donde el conjunto de soldadura endurecido por trabajo, que incluye al menos la zona de fusión de soldadura y los segmentos de interfaz de soldadura, incluye una resistencia endurecida por trabajo próxima a la resistencia especificada del material base.
- 30 4. El conjunto de tubo de la reivindicación 1, en donde la zona de fusión de soldadura incluye:
- una parte (421) de soldadura de base que se extiende a lo largo de las interfaces de soldadura entre los diámetros interior y exterior; y
- un faldón (423) de soldadura que se extiende sobre partes de los tubos primero y segundo próximos a las interfaces de soldadura, el faldón de soldadura que se extiende opcionalmente sobre al menos una parte de las interfaces de
- 35 soldadura próximas al diámetro exterior del primer y segundo tubos.
5. El conjunto de tubo de la reivindicación 1, en donde el conjunto de soldadura endurecido por trabajo incluye un rebaje (424) de soldadura ahusado limitado por las interfaces de soldadura, y el rebaje de soldadura ahusado se ahúsa desde una raíz (426) de rebaje próxima al diámetro interior del primer y segundo tubos a una abertura (428) de rebaje próxima al diámetro exterior de los tubos primero y segundo, o desde una raíz de rebaje próxima al diámetro exterior
- 40 de los tubos primero y segundo hasta una abertura de rebaje próxima al diámetro interior de los tubos primero y segundo.
6. El conjunto de tubo de la reivindicación 1, en donde los segmentos de interfaz de soldadura están incluidos en un lecho (608) de soldadura que se extiende lateralmente desde cerca del diámetro interior hasta cerca del diámetro exterior, el lecho de soldadura incluye:
- 45 un techo de lecho de soldadura que se extiende a lo largo de la zona de fusión de soldadura; y
- un suelo de lecho de soldadura que se extiende a lo largo del material base de los respectivos primer y segundo tubos.
7. El conjunto de tubo de la reivindicación 1, en donde el conjunto de tubo incluye configuraciones soldadas y endurecidas por trabajo:

ES 2 975 314 T3

- en la configuración soldada, los tubos primero y segundo próximos a los extremos respectivos tienen un (1018) perfil de extremo diferente con respecto a un perfil (1014) general del primer y segundo tubos (1002, 1004), y la zona de fusión de la soldadura está entre los segmentos de interfaz de soldadura; y
- 5 en la configuración endurecida por trabajo, los extremos respectivos de los tubos (1002, 1004) primero y segundo que tienen el perfil (1018) de extremo se deforman con respecto a la configuración soldada para coincidir con el perfil (1014) general del primer y segundo tubos, y cada uno de la zona de fusión de soldadura, los segmentos de interfaz de soldadura y los tubos primero y segundo próximos a las interfaces de soldadura se endurecen por trabajo basándose en la deformación.
- 10 8. El conjunto de tubo de la reivindicación 7, en donde el perfil del extremo en la configuración soldada es más grande en comparación con el perfil (1014) general del primer y segundo tubos (1002, 1004).
9. El conjunto de tubo de la reivindicación 1, en donde la zona de fusión de soldadura incluye uno o más de una soldadura autógena o un relleno de soldadura y un material base re solidificado.
10. El conjunto de tubo de la reivindicación 1, que comprende:
- 15 una interfaz (608) de soldadura graduada en el extremo respectivo de cada tubo (302, 304); y en donde el conjunto de soldadura endurecido por trabajo incluye:
- un suelo (802) de lecho de soldadura que se extiende lateralmente desde una raíz (604) de lecho hasta una abertura (606) de lecho, el lecho de soldadura incluye las interfaces de soldadura graduadas de cada uno de los tubos primero y segundo que se extienden desde la raíz de lecho hasta la abertura de lecho; y
- 20 la zona de fusión de soldadura acoplada a lo largo del lecho de soldadura entre la raíz del lecho y la abertura del lecho, extendiéndose la zona de fusión de soldadura sobre las interfaces de soldadura graduadas;
- en donde la zona de fusión de soldadura se endurece por trabajo desde la abertura del lecho hacia la raíz del lecho y las interfaces de soldadura graduadas, y el lecho de soldadura, incluidas las interfaces de soldadura graduadas del primer y segundo tubos, se endurece por trabajo entre la zona de fusión de soldadura y el material base.
- 25 11. El conjunto de tubo de la reivindicación 10, en donde las interfaces de soldadura graduadas están configuradas para endurecerse por trabajo de manera continua desde aproximadamente un diámetro exterior hasta aproximadamente un diámetro interior de los tubos primero y segundo.
- 30 12. El conjunto de tubo de la reivindicación 10, en donde la característica mecánica especificada del material base incluye una resistencia especificada, y el conjunto de soldadura endurecido por trabajo, que incluye al menos la zona de fusión de soldadura y las interfaces de soldadura graduadas, incluye una resistencia endurecida por trabajo próxima a la resistencia especificada del material base.
13. El conjunto de tubo de la reivindicación 10, en donde la zona de fusión de soldadura se superpone a las interfaces de soldadura graduadas y el material base se encuentra debajo de las interfaces de soldadura graduadas; o incluye uno o más de una soldadura autógena o un relleno de soldadura y material base re solidificado.
- 35 14. El conjunto de tubo de la reivindicación 10, en donde el lecho de soldadura, incluidas las interfaces de soldadura graduadas, está intercalado entre la zona de fusión de soldadura y el material base.
15. Un umbilical que incluye el conjunto de tubo de la reivindicación 10.
16. Un método para acoplar extremos respectivos del primer y segundo tubo, en donde el primer y segundo tubo incluyen cada uno:
- un material base que tiene una característica mecánica especificada; y
- 40 una interfaz (422; 1022) de soldadura en el extremo respectivo, la interfaz de soldadura que está próxima a un diámetro (402; 1008) interior y un diámetro (404; 1010) exterior del primer y segundo tubos (302, 304; 1002, 1004), en donde el método comprende:
- ahusar las interfaces de soldadura en los extremos respectivos del primer y segundo tubos desde cerca del diámetro exterior hasta cerca del diámetro interior,
- 45 soldar la interfaz de soldadura en los extremos respectivos de cada uno de los tubos primero y segundo, en donde la soldadura incluye:
- llenar al menos un rebaje de soldadura limitado por las interfaces de soldadura en los extremos respectivos del primer y segundo tubo con una zona de fusión de soldadura, en donde el rebaje de soldadura incluye un ahusamiento correspondiente al ahusamiento de las interfaces de soldadura, y la zona de fusión de soldadura que tiene una

configuración ahusada, que se extiende lateralmente desde el diámetro interior hasta el diámetro exterior del primer y segundo tubos,

5 en donde la zona de fusión de soldadura, las interfaces de soldadura y el material base de los tubos primero y segundo forman una configuración apilada y los segmentos de interfaz de soldadura están intercalados entre la zona de fusión de soldadura y el material base de los tubos primero y segundo respectivos como capas de la configuración apilada, en donde los segmentos de interfaz de soldadura se extienden desde cerca del diámetro interior hasta cerca del diámetro exterior de los tubos primero y segundo, en donde la zona de fusión de soldadura en el rebaje de soldadura está cerca de zonas afectadas por el calor localizadas en cada una de las interfaces de soldadura del primero y segundo tubos; y

10 endurecer por trabajo la zona de fusión de soldadura y los segmentos de interfaz de soldadura del primer y segundo tubos de manera que los segmentos de interfaz de soldadura del primer y segundo tubos y la zona de fusión de soldadura incluyan características mecánicas que se acerquen, es decir, igualen o se acerquen a las características mecánicas del material base del primer y segundo tubos, en donde el endurecimiento por trabajo implica una fuerza aplicada que actúa transversalmente a la configuración apilada que incluye la zona de fusión de soldadura, las zonas localizadas afectadas por el calor de las interfaces de soldadura y los segmentos de interfaz de soldadura, en donde el endurecimiento por trabajo del conjunto de soldadura incluye:

deformar la zona de fusión de soldadura al menos dentro del rebaje de soldadura; y

20 deformar cada una de las zonas localizadas afectadas por el calor con deformación de la zona de fusión de soldadura en al menos el rebaje de soldadura, en donde deformar cada una de la zona de fusión de soldadura y las zonas localizadas afectadas por el calor es al mismo tiempo.

17. El método de la reivindicación 16, en donde deformar cada una de las zonas localizadas afectadas por el calor incluye deformar la zona de fusión de soldadura que se superpone a las zonas localizadas afectadas por el calor, o en donde las zonas localizadas afectadas por el calor están entre la zona de fusión de soldadura y un material base del primero y segundo tubos; y deformar cada una de las zonas localizadas afectadas por el calor incluye deformar la zona de fusión de soldadura hacia las zonas localizadas afectadas por el calor.

18. El método de la reivindicación 16, en donde el endurecimiento por trabajo de la zona de fusión de soldadura y las zonas afectadas por el calor localizadas de las interfaces de soldadura incluye el endurecimiento por trabajo de la zona de fusión de soldadura y las zonas afectadas por el calor localizadas de forma continua desde cerca del diámetro exterior hasta cerca del diámetro interior o de forma continua desde el diámetro exterior al diámetro interior.

30

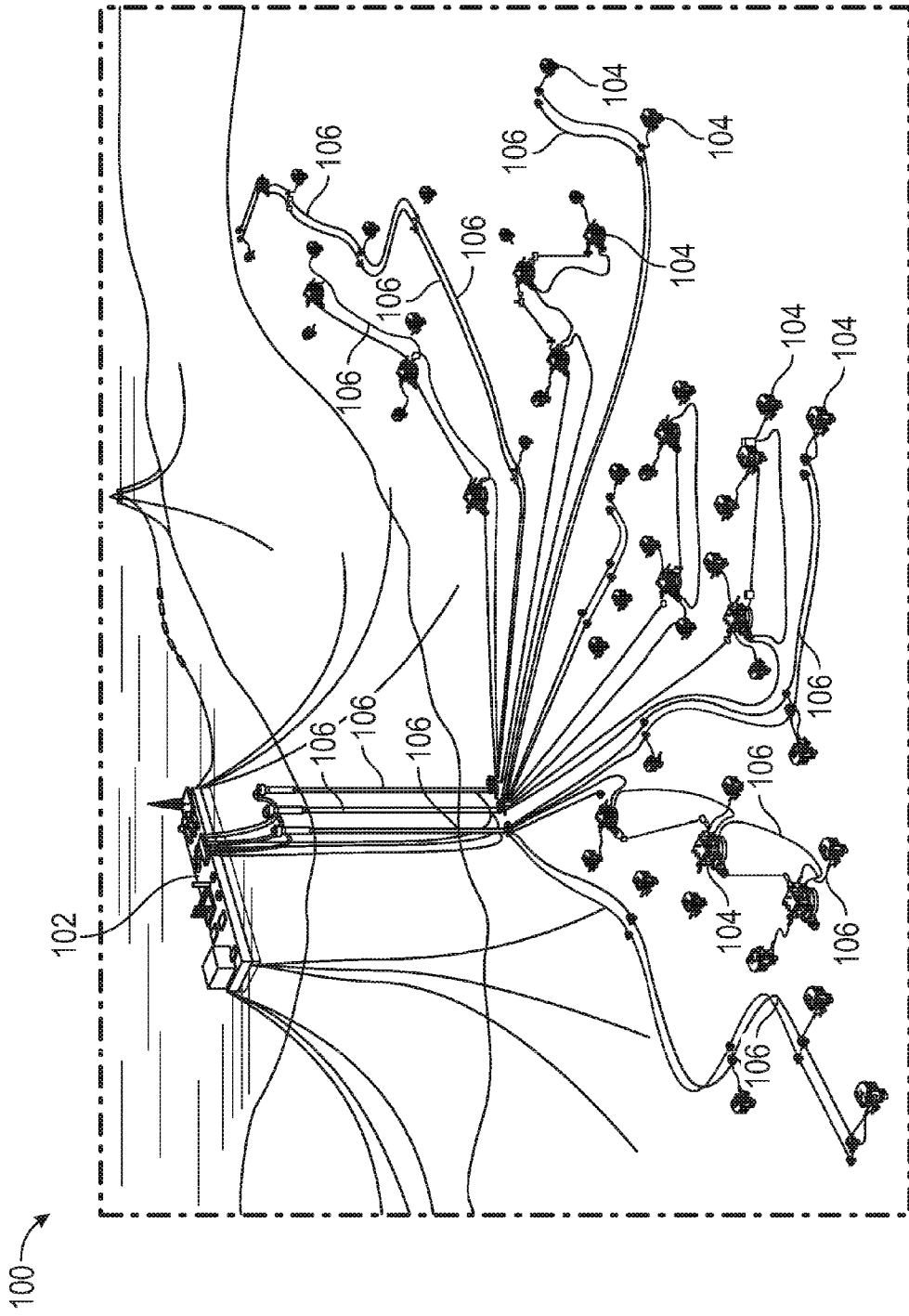


FIG. 1

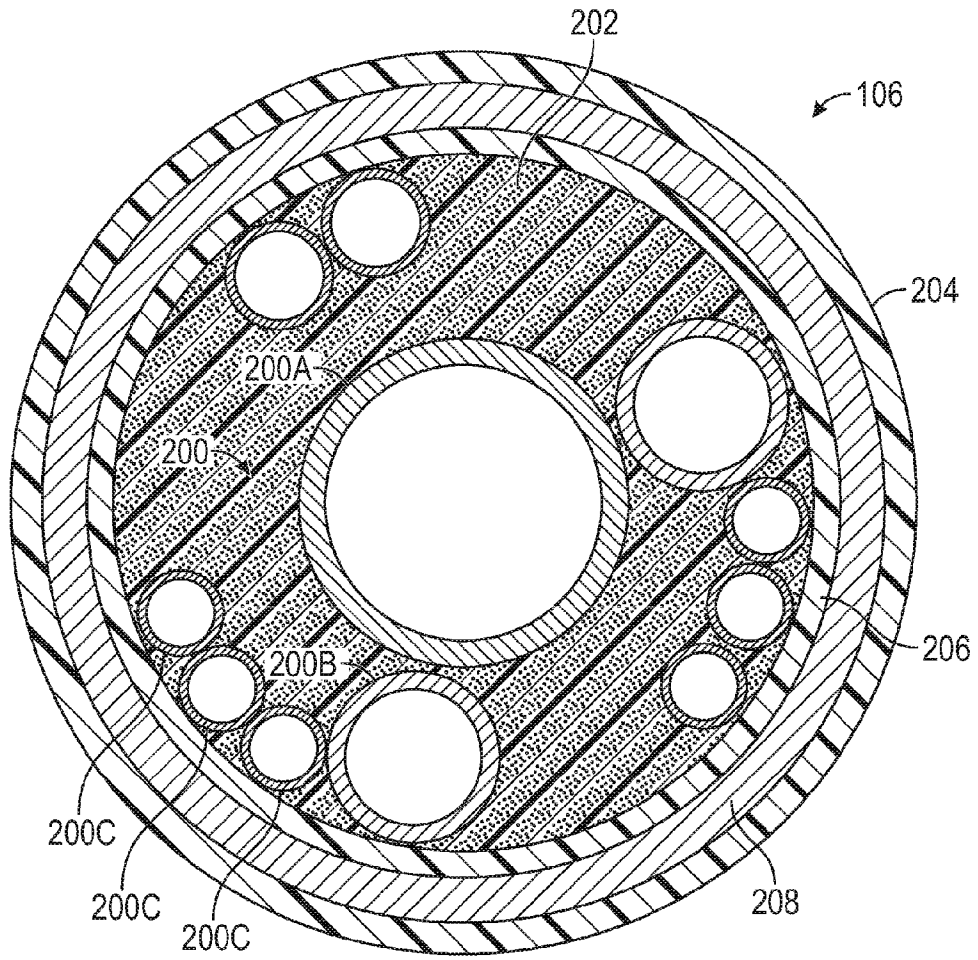


FIG. 2

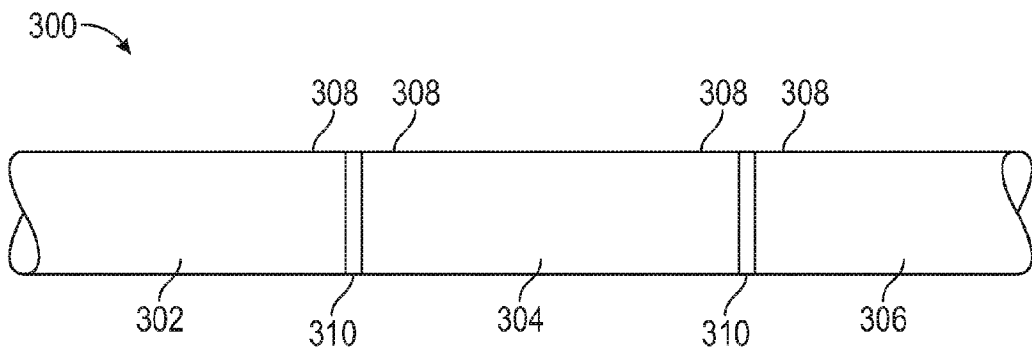


FIG. 3

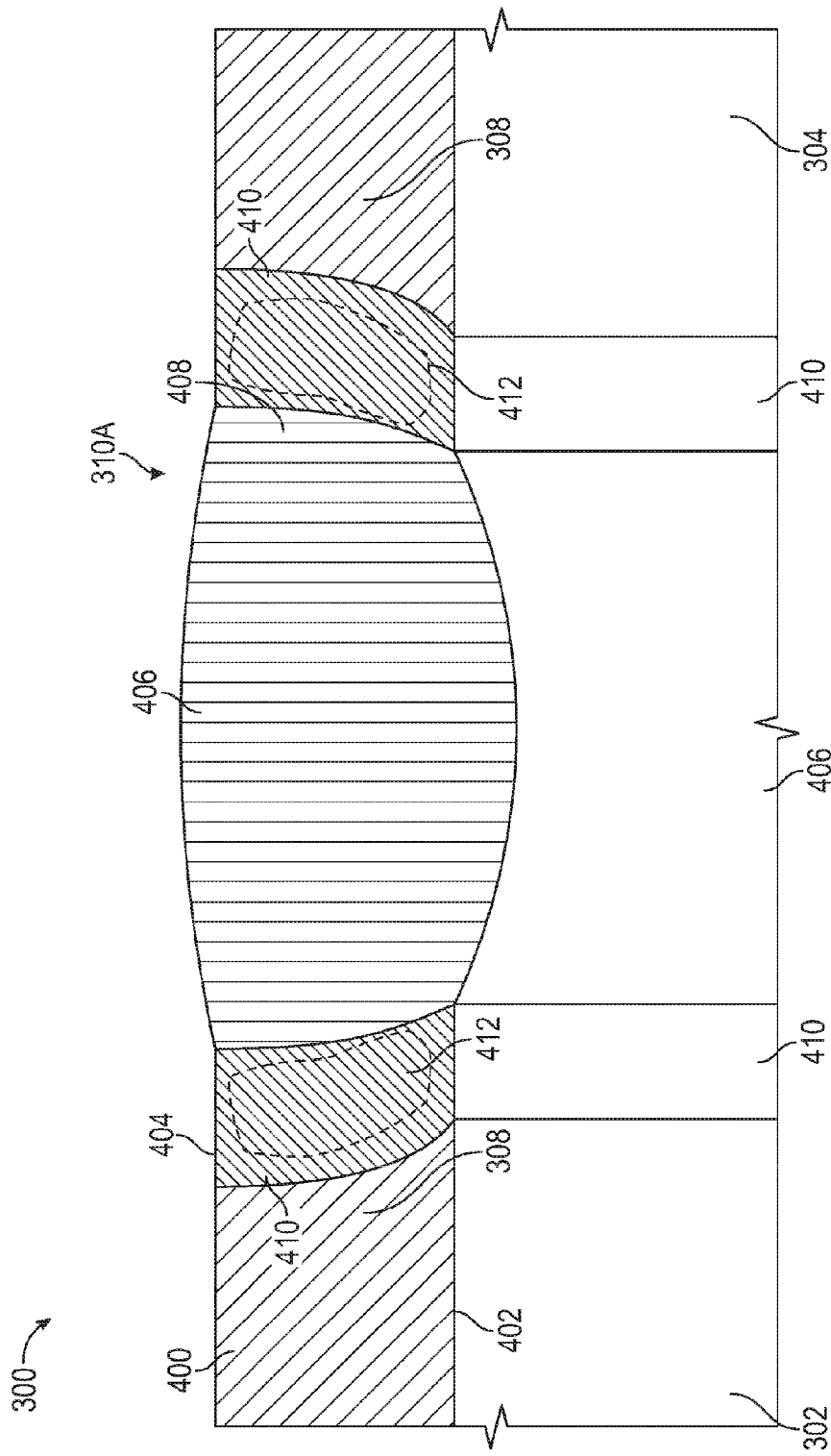


FIG. 4A

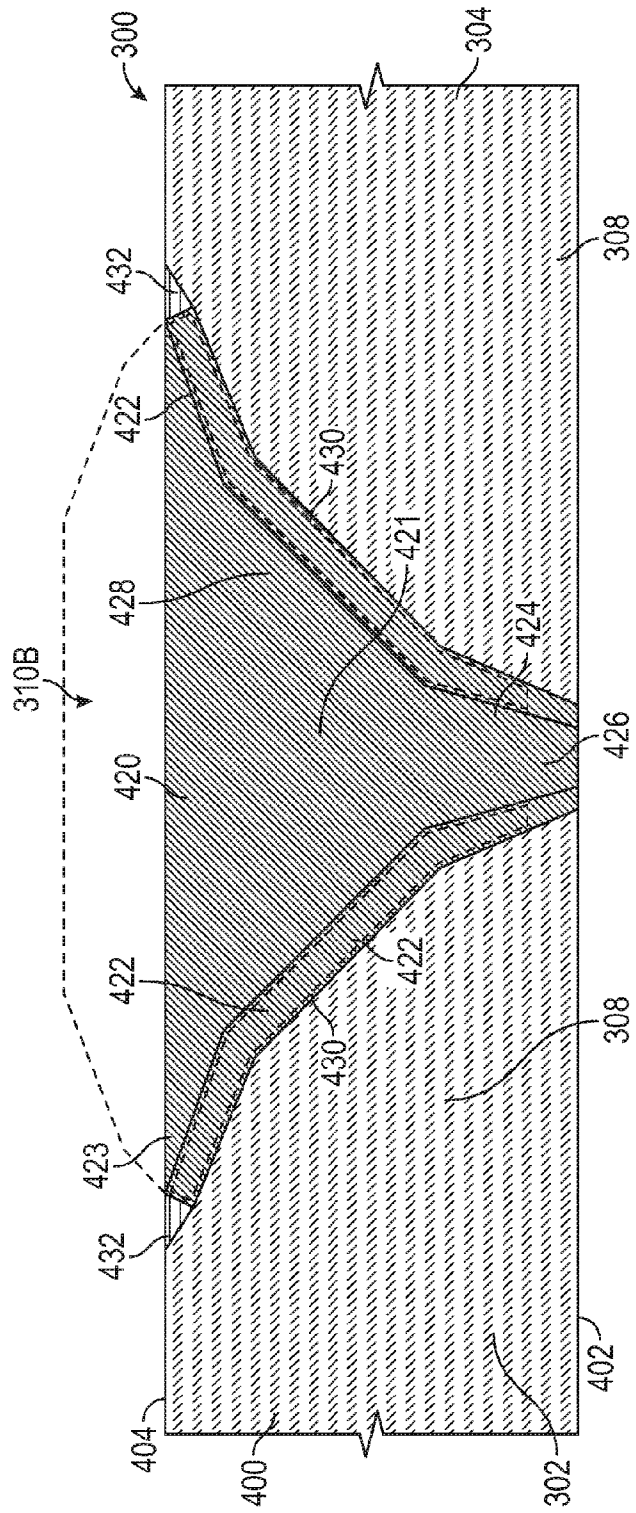


FIG. 4B

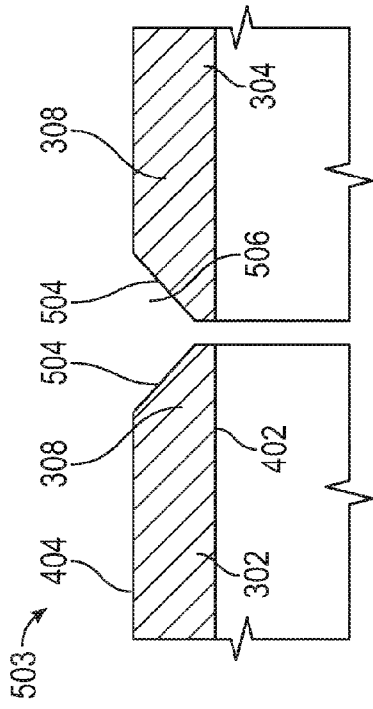


FIG. 5B

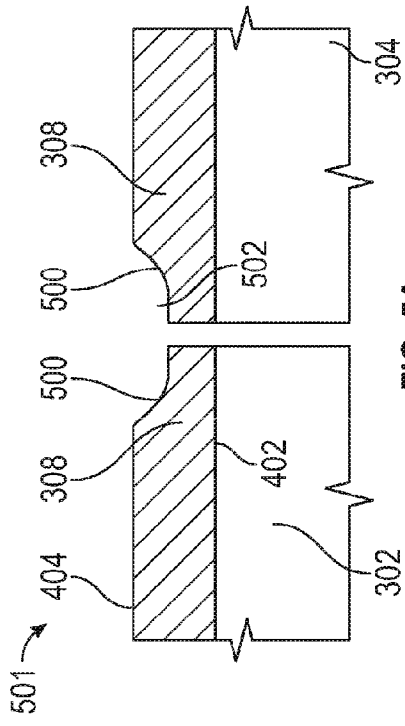


FIG. 5A

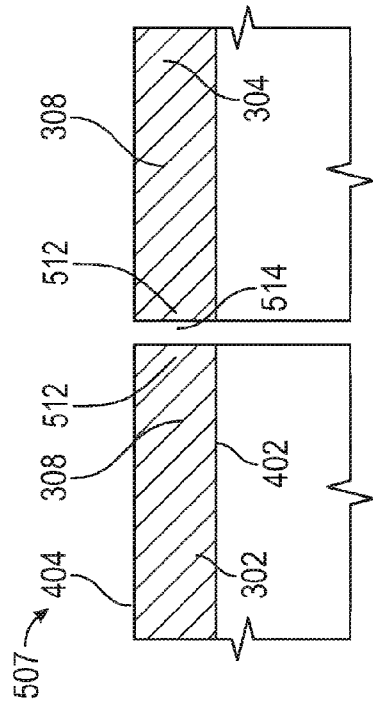


FIG. 5D

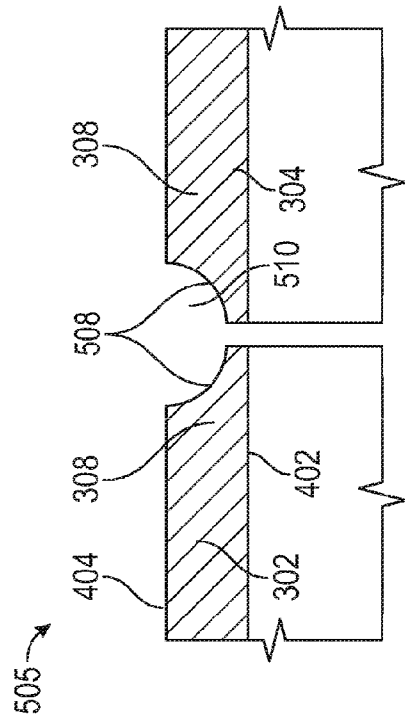


FIG. 5C

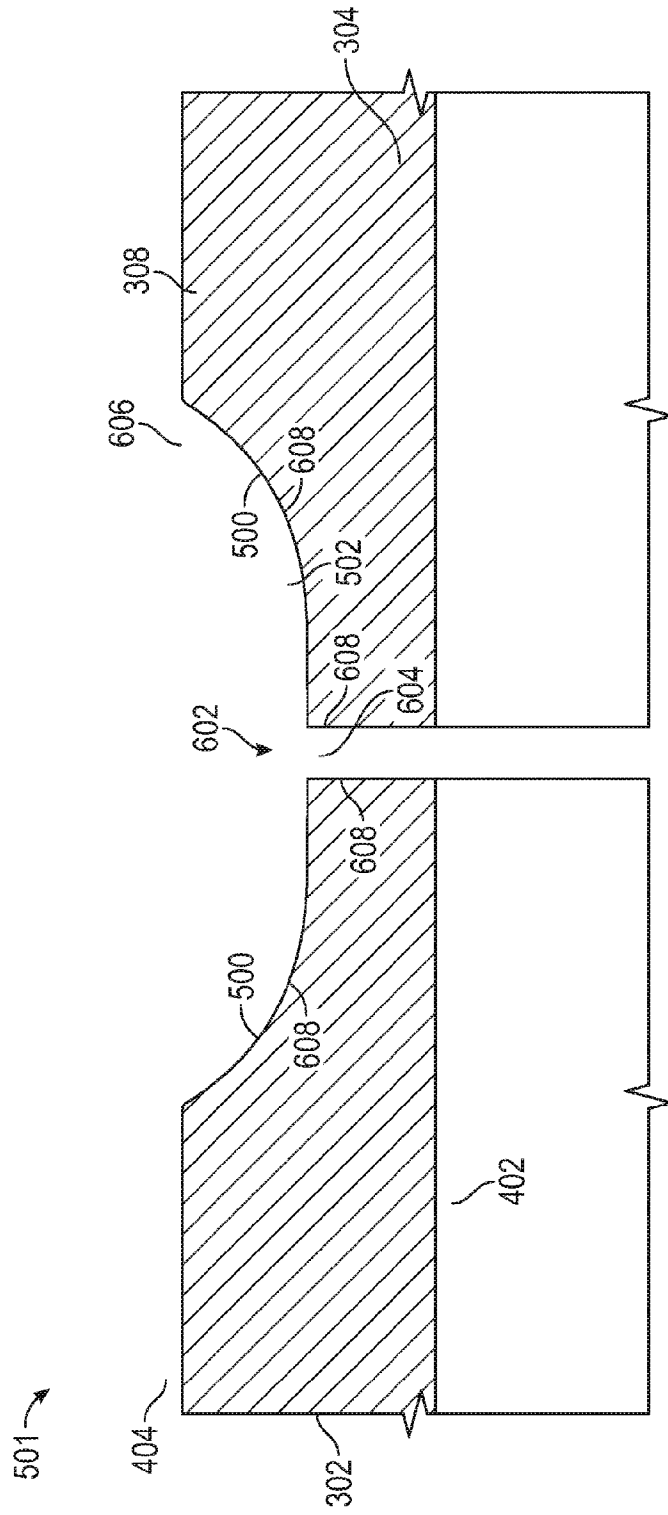


FIG. 6

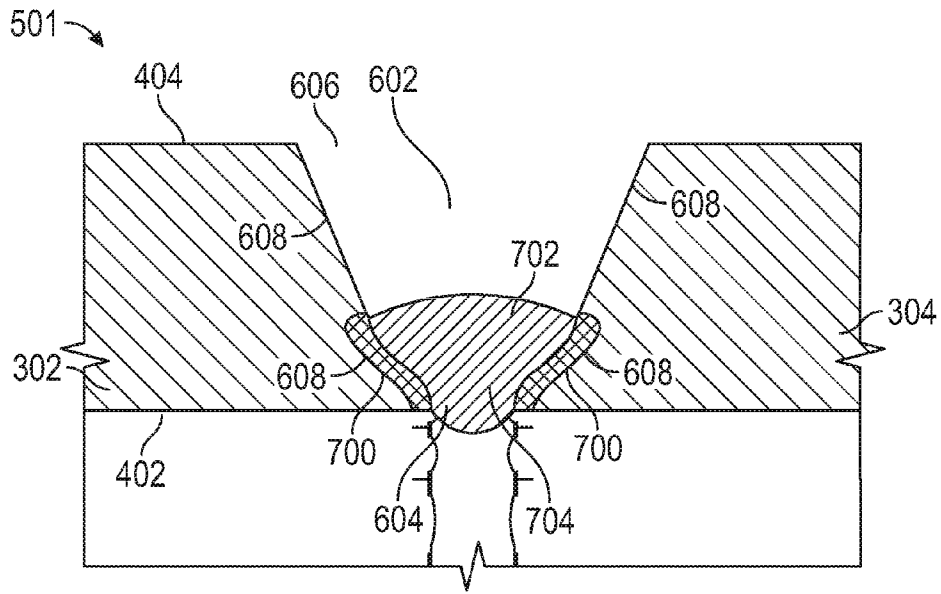


FIG. 7A - 1

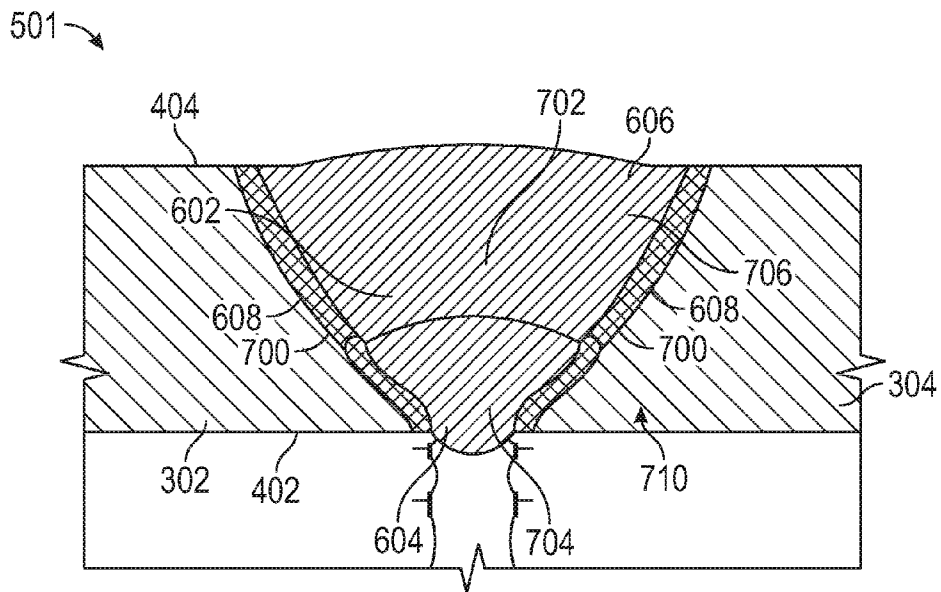


FIG. 7A - 2

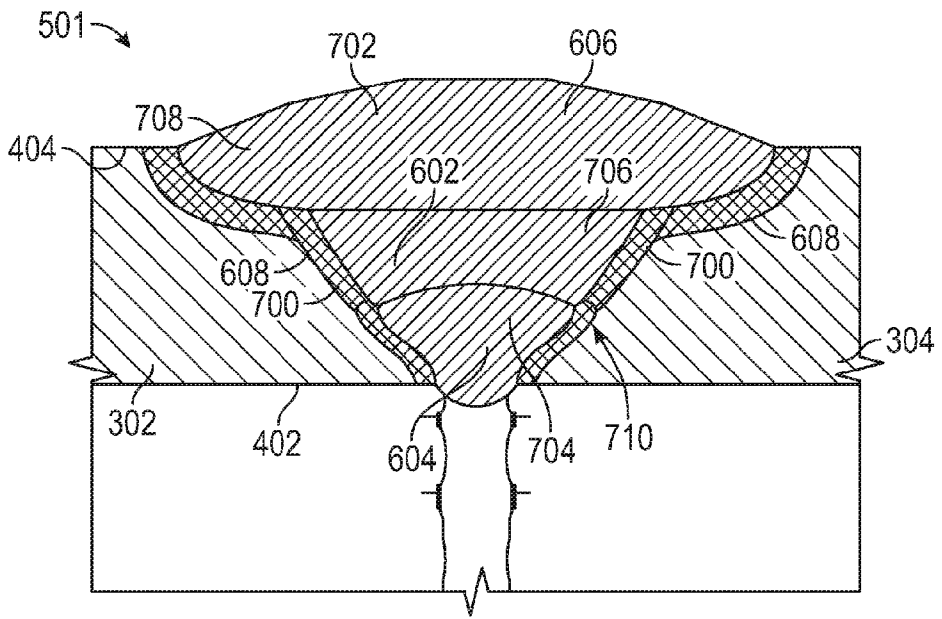


FIG. 7B

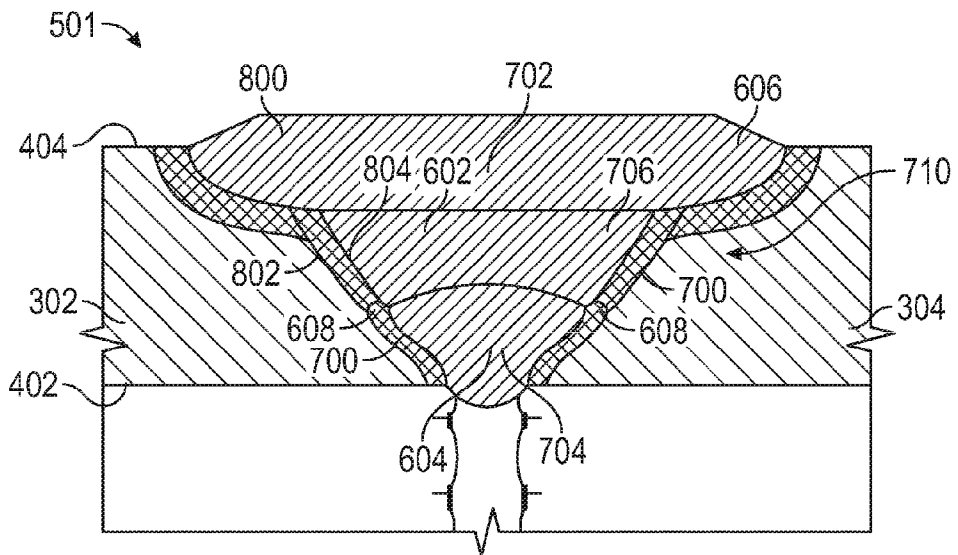


FIG. 8

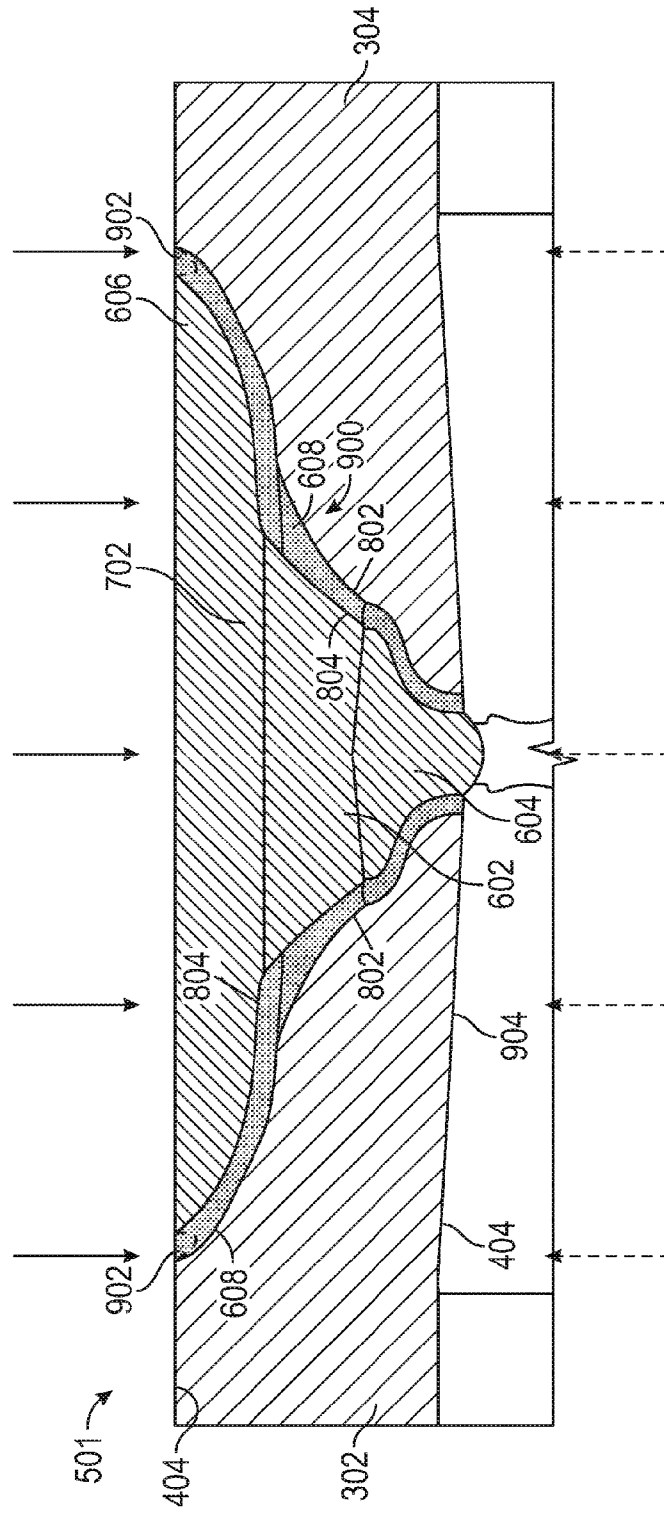


FIG. 9

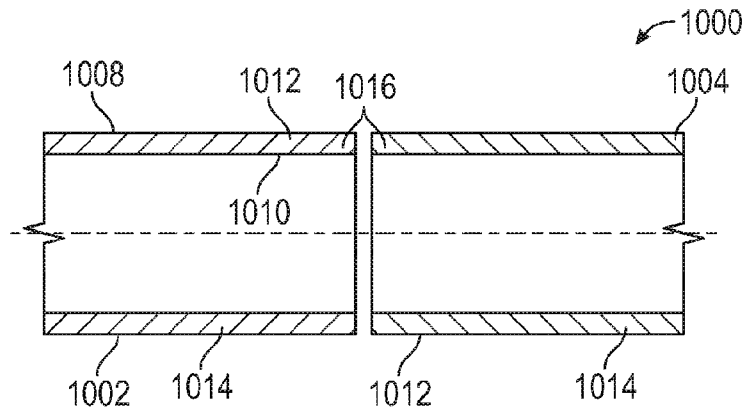


FIG. 10A

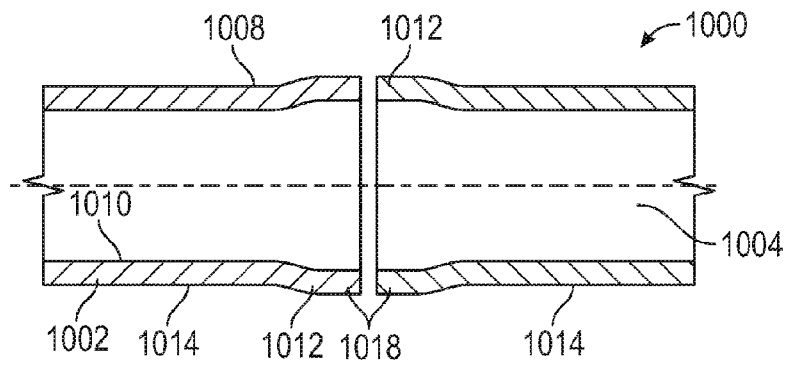


FIG. 10B

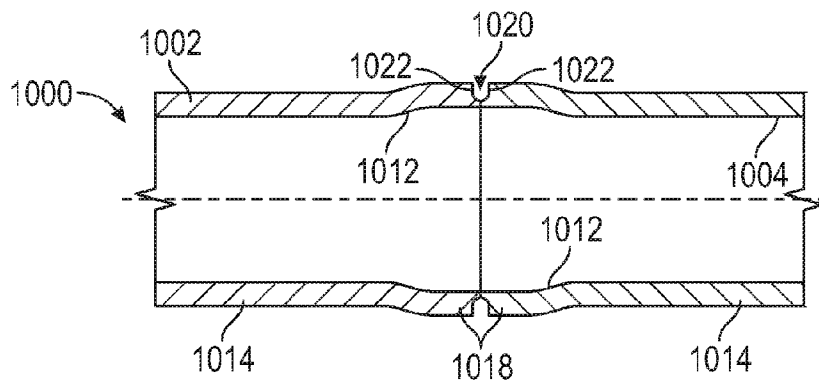


FIG. 10C

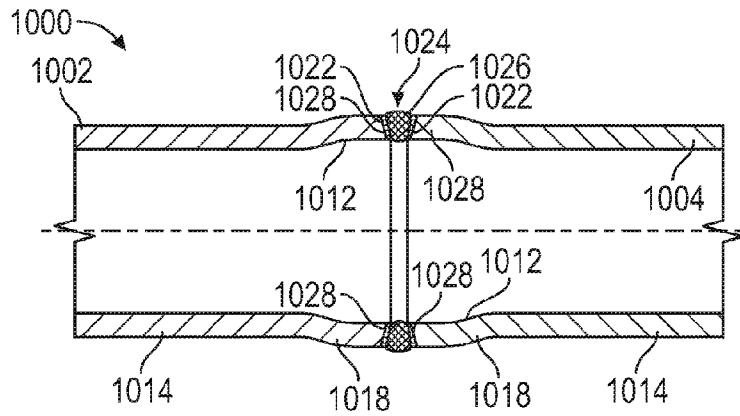


FIG. 10D

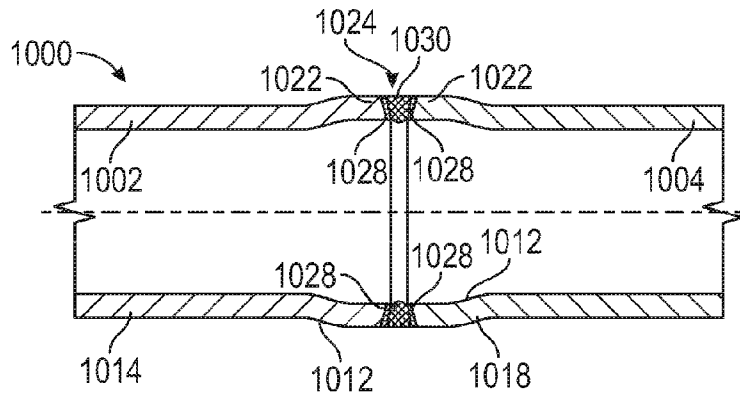


FIG. 10E

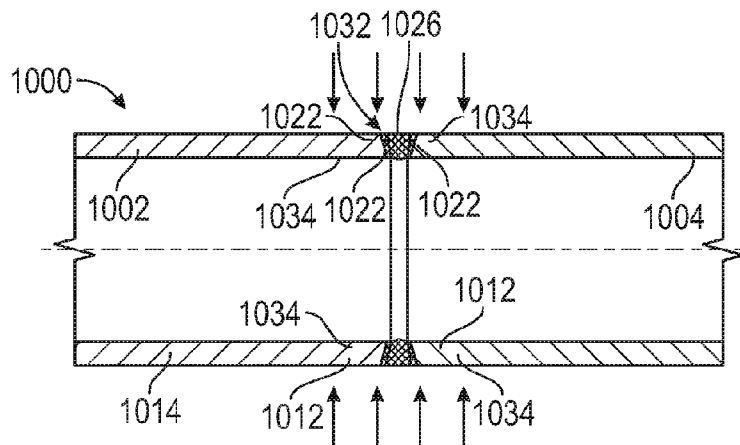


FIG. 10F

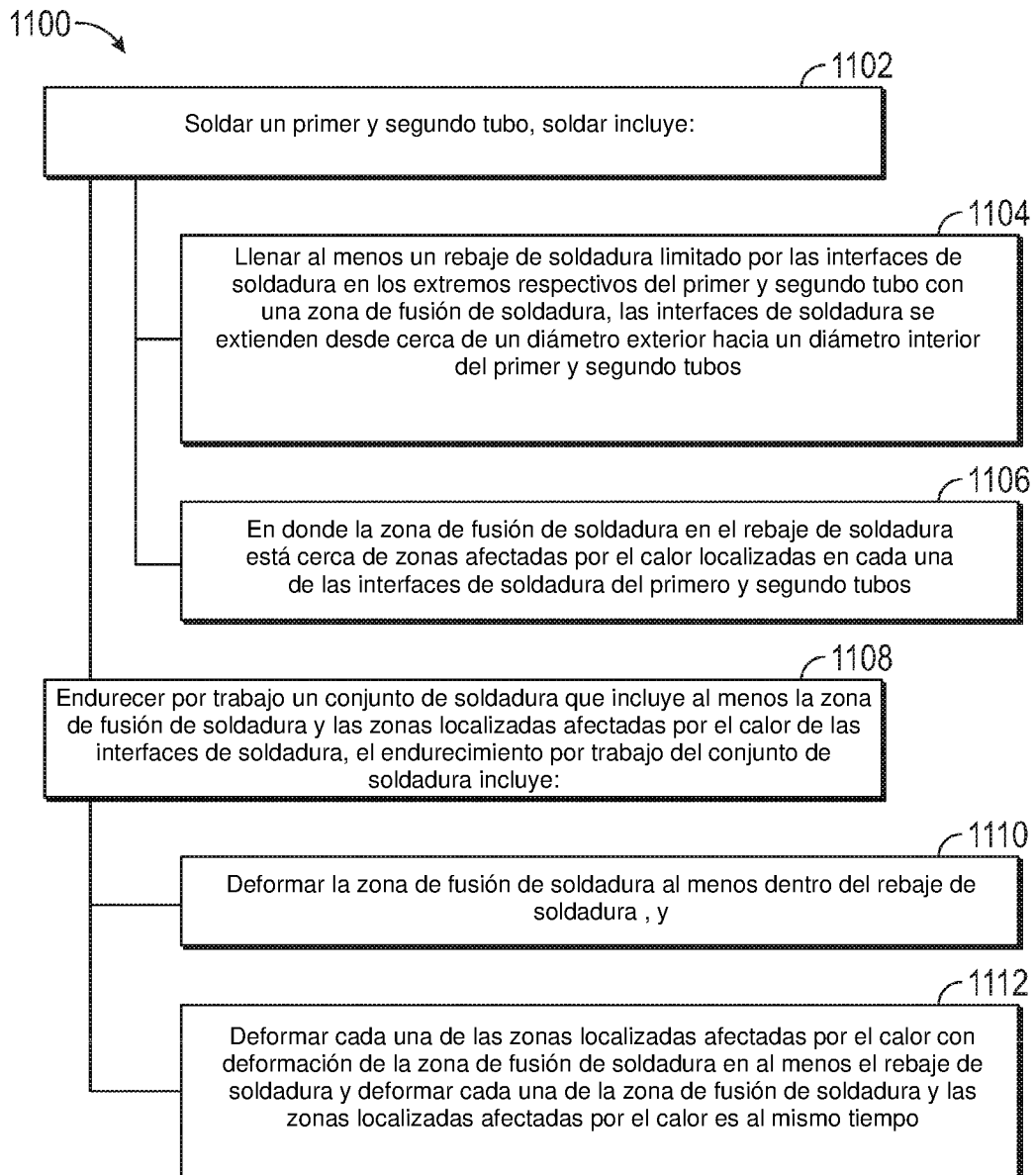


FIG. 11