

MÉTODO PARA SOLDADURA DE BAJO SUMINISTRO TÉRMICO EN TUBULARES DE PETRÓLEO Y GAS

ANTECEDENTES DE LA DIVULGACIÓN

1. Campo de la divulgación

[0001] La presente divulgación se relaciona con métodos para la soldadura sobre tubulares de petróleo y gas y, en particular, material de restauración en tubulares nuevos, usados o desgastados y la aplicación de recargue antidesgaste a tubulares de petróleo y gas, que incluye, entre otros, conexiones de tubería de la sarta de trabajo, uniones de tubería de la tubería de perforación, cuerpos de tubos de tubería de la sarta de trabajo, cuerpos de tubos de la tubería de perforación, portamechas, portamechas no magnéticos (NMDC) y componentes de motores de lodo. Estas aplicaciones se realizan con poco o ningún precalentamiento aplicado al tubular y no requieren un enfriamiento lento.

2. Descripción del arte relacionado

[0002] Las uniones de tubería de la sarta de trabajo son integrales, lo que significa que las conexiones no están soldadas por fricción a los tubos, como lo están las uniones de tubería con la tubería de perforación. A pesar de esto, las conexiones para la tubería de la sarta de trabajo suelen estar recalcadas externamente, lo que significa que los diámetros exteriores (DE) de las conexiones son mayores que los DE de los tubos, mientras que los diámetros interiores (DI) de las conexiones suelen ser los mismos que los DI de los tubos. Mientras se usa en el fondo del pozo, la tubería de la sarta de trabajo generalmente gira, lo que provoca el desgaste de las conexiones recalcadas externamente. Por lo general, toda la unión de la tubería se debe desechar cuando este desgaste hace que una conexión tenga un DE inferior a la dimensión mínima aceptable para esa conexión. Una vez que se desechan las uniones de tubería de la sarta de

trabajo debido a los DE inaceptables de las conexiones recaladas externamente, existen pocos o ningún método para reparar las conexiones.

[0003] Un método que se puede usar para limitar e incluso prevenir el desgaste de las conexiones recaladas externamente de la tubería de la sarta de trabajo o las uniones de tubería de la tubería de perforación es aplicar recargue antidesgaste a las conexiones recaladas externamente. El recargue antidesgaste generalmente se aplica al utilizar el método de soldadura con arco metálico en gas (GMAW), pero también se puede aplicar con otros métodos de soldadura. Si bien la GMAW se puede realizar en las instalaciones de fabricación, generalmente se realiza en el campo.

[0004] Con la GMAW, la superficie de una conexión de tubería de la sarta de trabajo o unión de tubería de la tubería de perforación puede prepararse para la aplicación de material de soldadura. Después de la preparación de la superficie, esta debe precalentarse entre 66°C (339K) y 177°C (450K) según el DE de la conexión y/o el grosor de la pared. La falta de suficiente precalentamiento generalmente hará que la dureza del material dentro de la zona afectada térmicamente (ZAT) creada por el calor de la soldadura sea significativamente alta (al menos 45 HRC) y potencialmente permitirá la formación de martensita no revenida en la ZAT, que puede fragilizar y comprometer el tubular.

[0005] Cada capa de material de soldadura requiere una cantidad sustancial de tiempo para enfriarse. Es común que la GMAW involucre voltajes de electrodos positivos de corriente continua (DCEP) de entre 24 y 32 voltios y amperajes de entre 280 y 320 amperios. La temperatura del material base se puede medir después de cada pasada de soldadura para evitar daños metalúrgicos al material base. El enfriamiento se puede manejar a través de métodos de

enfriamiento lento, como la cobertura con mantas de aislamiento térmico, una lata de enfriamiento, aislamiento o una combinación de estos inmediatamente después de que se completa la aplicación. Se debe medir la temperatura del material base para determinar si el área soldada se ha enfriado lo suficiente como para aplicar una capa adicional de material de soldadura. Las mantas, la lata de enfriamiento o el aislamiento deben permanecer en el área soldada hasta que el área tenga una temperatura de menos de 150° F (por debajo de los 850° F al final de la soldadura). La falta de enfriamiento lento generalmente hará que la dureza dentro de la ZAT sea significativamente alta (al menos 45 HRC) y potencialmente permitirá la formación de martensita no revenida en la ZAT, que puede fragilizar y comprometer el tubular.

[0006] Los actos de precalentamiento y enfriamiento lento que son necesarios para aplicaciones GMAW efectivas agregan tiempo y crean una carga indebida para el proceso de soldadura, lo que ralentiza y complica las aplicaciones de soldadura a gran escala. Las consecuencias de un precalentamiento o enfriamiento lento inadecuados son graves, ya que la conexión y, por lo tanto, todo el tubular pueden verse comprometidos si existe agrietamiento o existe la posibilidad de que ocurra en el material base, incluida la ZAT.

[0007] El recargue antidesgaste se aplica normalmente, pero no siempre, en la condición elevada, con el recargue antidesgaste sobresaliendo más allá del DE de la superficie externa de la conexión recalcada externamente alrededor de 3/32 de pulgada a 5/32 de pulgada (2,4 mm a 4,0 mm). Cuando se aplica recargue antidesgaste a las conexiones recalcadas externamente, el recargue antidesgaste, que está diseñado para ser resistente al desgaste, se desgasta lentamente a medida que la tubería o tubería de perforación de la sarta de trabajo se utilizan en el fondo del pozo. Una vez que el recargue antidesgaste se haya desgastado hasta el punto en que su grosor

sea inferior a 1/32 de pulgada (0,8 mm) por encima del DE sin soldar de la superficie externa de la conexión recalcada externamente, se puede volver a aplicar el recargue antidesgaste y el tubular puede continuar con su utilización sin que el material base de la conexión esté sujeto a desgaste jamás.

[0008] La mayoría de las conexiones de tubería recalculadas externamente tienen paredes de cuerpo delgadas, aproximadamente de 0,5 pulgadas a 1,0 pulgadas (12,7 mm a 25,4 mm), que son mucho más delgadas que muchas uniones de tubería de la tubería de perforación. Debido a la delgadez de las paredes, el suministro térmico del método GMAW y la mayoría de los otros métodos de soldadura es tan severa que solo se puede aplicar un cordón de soldadura, de aproximadamente 1 pulgada (25,4 mm) de ancho, a la conexión recalcada externamente sin un intervalo de enfriamiento o mecanismo de enfriamiento activo. Cuando se aplican múltiples cordones de soldadura a una sola conexión de tubería de la sarta de trabajo utilizando el método GMAW de forma continua (por ejemplo, sin ninguna pausa para el enfriamiento lento y la reaplicación), la ZAT del proceso de soldadura penetra a través de toda la pared del cuerpo de la conexión recalcada externamente en su punto más grueso y altera significativamente la dureza del material base y por lo tanto las propiedades mecánicas de la conexión. Una alteración significativa puede incluir que la dureza en la ZAT sea inferior a 20 HRC o superior a 45 HRC.

[0009] El grosor de muchas uniones de tubería de la tubería de perforación permite la aplicación continua y común de tres cordones de soldadura adyacentes o incluso más con el uso de la GMAW; sin embargo, este no es el caso con conexiones de tubería de la sarta de trabajo y uniones de tubería de la tubería de perforación más pequeñas debido a sus DE más pequeños

(menos de 5 pulgadas (127,0 mm) o incluso 4 pulgadas (101,6 mm)) y la delgadez resultante de sus paredes.

[0010] La tubería y la tubería de perforación a veces pueden presentar un revestimiento interno de plástico (IPC) adherido a la superficie interna del cuerpo del tubo de la tubería o tubería de perforación para evitar la corrosión y la erosión en el DI del tubo. Este IPC puede extenderse hacia la superficie interna de la tubería de la tubería de perforación o la parte recalcada externamente de la conexión de tubería de la sarta de trabajo. El IPC se puede aplicar a la superficie interna del cuerpo del tubo usando un adhesivo. La aplicación de recargue antidesgaste con GMAW a las uniones de tubería o conexiones recalcadas externamente con IPC en la superficie interna a menudo provoca daños en el IPC debido al alto suministro térmico del proceso de soldadura. Existen pocos métodos exitosos, si es que hay alguno, que permitan la aplicación de material de recargue antidesgaste o restauración en uniones de tubería o conexiones recalcadas externamente con IPC en la superficie interna.

[0011] Todos los métodos antes mencionados se refieren a las conexiones de tubería recalcadas externamente y a las uniones de tubería de la tubería de perforación, que tienen DE mayores que los de los cuerpos de los tubos y, por lo tanto, están sujetas más comúnmente a desgaste. Sin embargo, el cuerpo del tubo de una unión de tubería de la sarta de trabajo, una unión de la tubería de perforación, un portamechas, NMDC o un componente de motor de lodo también puede estar sujeto a un desgaste significativo, particularmente si el tubo está doblado o en la sección lateral del pozo cuando se usa en el fondo del pozo. Si el grosor de la pared del cuerpo del tubo en cualquier ubicación es menor que la dimensión mínima requerida para ese tamaño y peso, entonces toda la unión de la tubería o tubería de perforación se degrada o desecha.

[0012] Además, pueden existir muchas imperfecciones en el cuerpo del tubo de una unión de tubería de la sarta de trabajo, una unión de la tubería de perforación, un portamechas, NMDC o un componente de motor de lodo. Si estas imperfecciones son lo suficientemente profundas, pueden hacer que se rechace todo el tubular.

[0013] No existen métodos conocidos para aplicar material de restauración o recargue antidesgaste a un cuerpo del tubo de la tubería de la sarta de trabajo o de la tubería de perforación para crear almohadillas de desgaste elevadas o reparar el cuerpo del tubo, sin alterar las propiedades mecánicas del cuerpo del tubo, ya que el cuerpo del tubo es muy delgado en comparación con la conexión recalcada externamente o la unión de tubería, con grosores tan bajos como 0,113 pulgadas (2,9 mm) o quizás incluso menos. La aplicación de cordones de soldadura a la superficie externa del cuerpo del tubo con el uso del método GMAW o la mayoría de los otros métodos de soldadura alterará significativamente la dureza del material base y, por lo tanto, las propiedades mecánicas del material base.

[0014] Lo que se necesita es un método para restaurar o añadir recargue antidesgaste a los tubulares de petróleo y gas que se pueda realizar con múltiples pases de forma continua que no comprometa las propiedades mecánicas de los tubulares de petróleo y gas.

BREVE RESUMEN DE LA DIVULGACIÓN

[0015] En algunos aspectos, la presente divulgación se relaciona con métodos para soldar en tubulares de petróleo y gas y, en particular, para reparar o reforzar tubulares nuevos o desgastados y aplicar recargue antidesgaste a tubulares de petróleo y gas.

[0016] Una realización según la presente divulgación incluye un método con los pasos de: aplicar un alambre a un tubular de petróleo y gas usando soldadura de bajo suministro térmico

para múltiples bandas de forma continua. El método también puede incluir el enfriamiento del tubular de petróleo y gas en aire ambiente después de la soldadura. La soldadura de bajo suministro térmico puede utilizar voltajes de electrodos positivos de corriente continua de entre 12 y 24 voltios y una corriente eléctrica de entre 150 y 300 amperios. La soldadura de bajo suministro térmico puede utilizar voltajes de electrodos positivos de corriente continua de entre 12 y 24 voltios y una corriente eléctrica de entre 180 y 260 amperios. La soldadura de bajo suministro térmico puede utilizar voltajes de electrodos positivos de corriente continua de entre 12 y 20 voltios y una corriente eléctrica de entre 150 y 300 amperios. La superficie del tubular de petróleo y gas puede estar a una temperatura de 66°C (339K) o menos durante la aplicación del alambre consumible. El alambre consumible puede ser un material de recargue antidesgaste o un material de restauración. El tubular puede tener un revestimiento interno de plástico. La zona afectada térmicamente del tubular de petróleo y gas, después de la aplicación del alambre, puede ser mayor de 20 HRC y menor de 45 HRC. El método también puede incluir los pasos de: esmerilar el exceso de material del alambre aplicado hasta que el diámetro exterior de la conexión recalada se ajuste a un diámetro exterior preseleccionado; y esmerilar las superficies externas y/o volver a cortar las roscas de la conexión recalada. El método puede incluir esmerilar el exceso de material del material de soldadura aplicado a una disminución externa inicial de la conexión recalada y formar una nueva disminución externa que sea paralela a la disminución externa inicial. El método también puede incluir el paso de: preparar una superficie externa de un tubular de petróleo y gas, donde el tubular de petróleo y gas es uno de: una conexión recalada y un cuerpo del tubo. El paso de preparación puede incluir el pulido de la superficie externa del tubular de petróleo y gas. El paso de preparación puede incluir la

formación de un rebaje en la superficie externa del tubular de petróleo y gas a través de al menos uno de: esmerilado y fresado. El método puede incluir calentar una superficie externa del tubular de petróleo y gas a una temperatura de 66°C (339K) o menos antes de aplicar el alambre. El método puede incluir la aplicación del material de soldadura cuando la superficie a soldar está entre -46°C (228K) y 66°C (339K). El método puede incluir la aplicación del material de soldadura mientras la temperatura ambiente de enfriamiento está entre -46°C (228K) y 66°C (339K).

[0017] Otra realización según la presente divulgación incluye un tubular de petróleo y gas construido mediante un proceso que incluye la aplicación de un alambre al tubular de petróleo y gas utilizando soldadura de bajo suministro térmico para múltiples bandas de forma continua.

[0018] Ejemplos de las características más importantes de la divulgación se han resumido de manera muy amplia para que la descripción detallada de la misma que sigue se pueda comprender mejor y para que se puedan apreciar las contribuciones que representan al arte. Hay, por supuesto, características adicionales de la divulgación que se describirán a continuación y que formarán el tema de las reivindicaciones adjuntas.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

[0019] Para una comprensión detallada de la presente divulgación, se debe hacer referencia a la siguiente descripción detallada de las realizaciones, tomada junto con los dibujos adjuntos, en los que se han dado los mismos números a los elementos similares.

[0020] La FIG. 1 muestra un esquema de un tubular de petróleo y gas con conexiones recalcadas externamente integradas, que son comunes para una unión de la tubería de perforación o una unión de tubería de la sarta de trabajo.

[0021] La FIG. 2 muestra un esquema de un tubular de petróleo y gas con un cuerpo liso, lo que significa que las conexiones tienen el mismo DE que el cuerpo del tubo, lo cual es común en un portamechas, NMDC o un componente de motor de lodo.

[0022] La FIG. 3 muestra un esquema de una sección transversal de la mitad de una caja de empalmes recalcada externamente que es parte de una unión de la tubería de la sarta de trabajo de **la FIG. 1**.

[0023] La FIG. 4 muestra un esquema de una sección transversal de la mitad de un pasador de conexión recalcado externamente que es parte de una unión de la tubería de la sarta de trabajo de **la FIG. 1**.

[0024] La FIG. 5 muestra un esquema de la caja de empalmes recalcada externamente de **la FIG. 3** con seis bandas de material de soldadura aplicadas a la superficie externa, así como la ZAT creada por el proceso de soldadura.

[0025] La FIG. 6 muestra un esquema del pasador de conexión recalcado externamente de **la FIG. 4** con tres bandas de material de soldadura aplicadas a la superficie externa, así como la ZAT creada por el proceso de soldadura.

[0026] La FIG. 7 muestra un esquema de la caja de empalmes recalcada externamente de **la FIG. 3** que ha tenido las seis bandas de material de soldadura rectificadas para crear un DE uniforme y aceptable a lo largo de toda la longitud de la conexión.

[0027] **La FIG. 8** muestra un esquema del pasador de conexión recalcado externamente de **la FIG. 4** que ha tenido las tres bandas de material de soldadura rectificadas para crear un DE uniforme y aceptable a lo largo de toda la longitud recalcada externamente de la conexión.

[0028] **La FIG. 9** muestra un esquema de la caja de empalmes recalcada externamente de **la FIG. 3** que ha tenido múltiples bandas de material de soldadura aplicadas a la disminución externa de la conexión, así como la ZAT creada por el proceso de soldadura.

[0029] **La FIG. 10** muestra un esquema de la caja de empalmes recalcada externamente de **la FIG. 3** que ha tenido las bandas de material de soldadura rectificadas para crear un DE uniforme y aceptable a lo largo de toda la longitud de la conexión y ha tenido la disminución externa extendida rectificada al ángulo apropiado para la conexión.

[0030] **La FIG. 11** muestra un esquema de un cuerpo del tubo, que podría representar el de una unión de la tubería de perforación o una unión de tubería de la sarta de trabajo de **la FIG. 1**, o un tubular del cuerpo liso de **la FIG. 2**.

[0031] **La FIG. 12** muestra un esquema del cuerpo del tubo de **la FIG. 11** con material de soldadura aplicado a la superficie externa, así como la ZAT creada por el proceso de soldadura.

[0032] **La FIG. 13** muestra un esquema del cuerpo del tubo de **la FIG. 11** con dos imperfecciones profundas que penetran en el grosor de la pared del cuerpo del tubo.

[0033] **La FIG. 14** muestra un esquema del cuerpo del tubo de **la FIG. 11** con un rebaje creado al quitar material base del cuerpo del tubo para eliminar las imperfecciones de **la FIG. 13**.

[0034] La FIG. 15 muestra un esquema del cuerpo del tubo de la FIG. 11 con material de soldadura aplicado dentro del rebaje que hace que el área reparada tenga un DE mayor que el DE adyacente del cuerpo del tubo.

[0035] La FIG. 16 muestra un esquema del cuerpo del tubo de la FIG. 11 con el material de soldadura rectificado para crear un DE uniforme y aceptable a lo largo de toda la longitud del cuerpo del tubo.

[0036] La FIG. 17 muestra un diagrama de flujo de un método para un proceso de soldadura de bajo suministro térmico según una realización de la presente divulgación.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA DIVULGACIÓN

[0037] En general, la presente divulgación se relaciona con métodos para soldar tubulares de petróleo y gas y, en particular, con un proceso de soldadura de baja temperatura para aplicar material de restauración o recargue antidesgaste a los tubulares.

[0038] La presente divulgación es susceptible de realizaciones de diferentes formas. En los dibujos, se muestran, y se describirán en detalle, realizaciones específicas de la presente divulgación con el entendimiento de que la presente divulgación debe considerarse una ejemplificación de los principios de la presente divulgación y no pretende limitar la presente divulgación a lo ilustrado y descrito en este documento.

[0039] DEFINICIONES

[0040] El “proceso de soldadura de bajo suministro térmico” es un proceso que agrega menos calor que el proceso GMAW tradicional, tal como, entre otros, el proceso de soldadura de transferencia en metal frío (CMT).

Este proceso implica la aplicación de poco o ningún precalentamiento.

[0041] Los “tubulares de petróleo y gas” son tubulares metálicos y sus conexiones asociadas para su uso en operaciones en yacimientos petrolíferos, que incluyen, entre otros, tubería de la sarta de trabajo, tubería de perforación, portamechas, portamechas no magnéticos (NMDC) y componentes de motores de lodo. Los tubulares de petróleo y gas pueden incluir uniones de tubería de la tubería de perforación (como se define en la especificación API 5DP), cuerpos de tubos de la tubería de perforación (como se define en la especificación API 5DP), conexiones de tubería (como se define en la especificación API 5CT) y cuerpos de tubos de tubería (como se define por la especificación API 5CT).

[0042] La “tubería de la sarta de trabajo” es una tubería de petróleo y gas destinada a operaciones en yacimientos petrolíferos. Normalmente, la tubería incluye, entre otros, tubería integral con un DE del cuerpo del tubo de aproximadamente 2-3/8 pulgadas (60,3 mm) o aproximadamente 2-7/8 pulgadas (73,0 mm). Algunas tuberías de la sarta de trabajo incluyen, entre otros, tuberías de grado P110 según lo definido por la especificación API 5CT.

[0043] La “tubería de perforación” es un tubular de petróleo y gas destinado a operaciones de yacimientos petrolíferos y puede incluir, entre otros, tubos de tubería de perforación de grado S-135 según se define en la especificación API 5DP. La tubería de perforación se puede soldar por fricción con uniones de tubería recalcadas. Los tubos de la tubería de perforación y las uniones de tubería pueden tener cualquier diámetro exterior, incluidos, entre otros, los de la especificación API 5DP.

[0044] Los “tubulares lisos” son aquellos tubulares de petróleo y gas para los cuales las conexiones tienen el mismo DE que el cuerpo del tubo. Algunos tubulares lisos incluyen, entre otros, portamechas, NMDC y componentes de motores de lodo.

[0045] El “material de restauración” es un material que se puede soldar para formar una capa de metal sobre un material base con un valor de dureza común dentro de 10 HRC del valor de dureza común del material base del tubular al que se aplica. El material de restauración previo a la aplicación puede tener forma de alambre.

[0046] El “recargue antidesgaste” es un material que se puede soldar para formar una capa de metal sobre un material base de un tubular y tiene un valor de dureza común que es al menos 15 HRC más alto que el valor de dureza común del material base al que se aplica. El material de recargue antidesgaste previo a la aplicación puede tener forma de alambre.

[0047] El “material de base” significa el material fabricado inicialmente del tubular antes de la restauración o la aplicación de recargue antidesgaste. Esto incluye, entre otros, tubería de la sarta de trabajo de grado P110, cuerpos del tubo y conexiones recalcadas externamente, uniones de tubería de la tubería de perforación y cuerpos del tubo de la tubería de perforación de grado S-135.

[0048] El “material de soldadura” es material de restauración o recargue antidesgaste según el propósito de la aplicación de soldadura.

[0049] Una realización del método es para la restauración y reparación de conexiones de tubería de la sarta de trabajo y uniones de tubería de la tubería de perforación. Las conexiones de tubería de la sarta de trabajo y las uniones de tubería de la tubería de perforación solo son aceptables si cumplen con los requisitos dimensionales, incluido un DE mínimo, del fabricante o del propietario. Mientras se utilizan para operaciones de perforación y terminación, las conexiones generalmente se desgastan, lo que reduce sus DE. Una vez que este desgaste hace que el DE de la

conexión sea menor que la dimensión mínima aceptable para esa conexión, se debe desechar toda la unión de tubería o tubería de perforación.

[0050] Los métodos divulgados en el presente documento permiten que estas conexiones desechadas se restauren mediante la aplicación de un material de restauración a lo largo de toda la longitud recalcada externamente de cada conexión. Si bien puede ser necesario un fresado posterior, particularmente para una conexión de tubería de la sarta de trabajo, la conexión puede restaurarse dentro de las especificaciones aceptables para su uso original. Los métodos del presente documento involucran un proceso de soldadura de bajo suministro térmico que no compromete la dureza de la conexión cuando se aplica material de restauración en toda la longitud de la conexión, resolviendo así este problema.

[0051] Otra realización incluye un método que permite la protección mejorada de las conexiones de tubería de la sarta de trabajo, las uniones de tubería de la tubería de perforación y los tubulares lisos. Una forma de evitar el desgaste de una conexión o cualquier parte de un tubular liso es aplicar recargue antidesgaste elevado. Este recargue antidesgaste se desgasta lentamente antes de que el material base de la conexión se desgaste y se pueda volver a aplicar con soldadura.

[0052] Si se aplican bandas adicionales de recargue antidesgaste a una conexión de tubería de la sarta de trabajo o a algunas uniones de tubería de la tubería de perforación durante una sola aplicación, la dureza del material base cambiará significativamente (por ejemplo, la dureza del material disminuirá por debajo de 20 HRC o aumentará por encima de 45 HRC). Mediante el uso de un proceso de soldadura de bajo suministro térmico, es posible la aplicación de múltiples cordones de soldadura adyacentes de recargue antidesgaste a una conexión de tubería de la sarta de trabajo sin comprometer las propiedades mecánicas de la conexión.

[0053] Otra realización incluye un método que permite la protección mejorada de los cuerpos del tubo de la tubería de la sarta de trabajo y los cuerpos del tubo de la tubería de perforación. Durante las operaciones de petróleo y gas, no solo las conexiones se desgastan y se vuelven rechazables, sino que también pueden hacerlo los cuerpos del tubo de los tubulares. Si el grosor de la pared del cuerpo del tubo se reduce por debajo de la dimensión mínima aceptable, el tubo se degradará, lo que reducirá el valor de la unión de la tubería o la tubería de perforación, o se rechazará por incumplimiento, lo que resultará en el desecho de la tubería o la tubería de perforación. Mediante el uso de este proceso de soldadura de bajo suministro térmico, las propiedades mecánicas del cuerpo del tubo no se verán comprometidas cuando se aplique material de restauración al cuerpo del tubo.

[0054] Otra realización incluye un método que permite la reparación de tubulares de petróleo y gas, particularmente los cuerpos del tubo de la tubería de la sarta de trabajo, la tubería de perforación o los tubulares lisos. Pueden existir muchas imperfecciones en la superficie externa de un tubular de petróleo y gas. Si estas imperfecciones son lo suficientemente profundas, pueden hacer que todo el tubular sea rechazado y desechado. Los métodos del presente documento permiten la eliminación de estas imperfecciones, y el proceso de soldadura de bajo suministro térmico permite la aplicación de material de restauración que luego se rectifica y finalmente se usa para reparar el tubular y restaurarlo a una condición como nueva.

[0055] Otra realización incluye un método que permite la aplicación de múltiples cordones de soldadura a la disminución externa de una conexión recalcada externamente, como la de la tubería de la sarta de trabajo o las uniones de tubería de la tubería de perforación. Con el esmerilado posterior, esto da como resultado la extensión efectiva de la parte recalcada

externamente de la conexión y, por lo tanto, permite un mayor número de reparaciones (recortes de roscas).

[0056] Otra realización incluye un método que permite aplicar cordones de soldadura continuos a un tubular liso para repararlo si el DE se ha desgastado por debajo de la dimensión mínima aceptable. Esto finalmente repara el tubular y lo restaura a una condición como nueva.

[0057] Otra realización incluye un método que permite la aplicación de material de soldadura a una conexión o unión de tubería recalcada externamente que tiene un revestimiento interno de plástico (IPC) adherido a su superficie interna. El proceso de soldadura de bajo suministro térmico no causará daño al IPC como es común en las aplicaciones GMAW.

[0058] Los métodos que se divulgan en el presente documento no requieren precalentamiento antes de que se lleve a cabo la soldadura.

No se requiere un enfriamiento lento entre pases de soldadura, por lo que es posible una soldadura continua sin comprometer las propiedades mecánicas del material base. Esto significa que la dureza del material base en la ZAT se mantiene entre 20 y 45 HRC. En algunas realizaciones, la dureza del material base en la ZAT puede mantenerse entre 24 y 42 HRC.

[0059] En el presente documento se divulgan varios métodos para aplicar material de restauración y recargue antidesgaste a conexiones de tubería de la sarta de trabajo, uniones de tubería de la tubería de perforación, cuerpos del tubo de la tubería de la sarta de trabajo, cuerpos del tubo de la tubería de perforación, portamechas, NMDC y componentes de motor de lodo. Aunque las realizaciones de la invención son particularmente útiles en la industria de petróleo y gas aguas arriba, también pueden ser útiles en otras industrias que requieren aplicaciones de

material de recargue antidesgaste o restauración (o endurecimiento superficial) para tubulares delgados u otros componentes delgados.

[0060] La FIG. 1 muestra un esquema de una unión tubular común **1**, que es representativa de una unión de tubería de perforación o una unión de tubería de la sarta de trabajo para operaciones de terminación y perforación de petróleo y gas. El tubular **1** incluye una caja de empalmes recalcada externamente **10** y un pasador de conexión recalcado externamente **11** integrado y dispuesto a cada lado de un cuerpo del tubo **14**. La caja de empalmes recalcada externamente **10** tiene una superficie externa **12** con un DE que es mayor que el DE del cuerpo del tubo **14**. El pasador de conexión recalcado externamente **11** tiene una superficie externa **13** con un DE que es mayor que el DE del cuerpo del tubo **14**.

[0061] La FIG. 2 muestra un esquema de un tubular liso común **2**, que es representativo de un portamechas, NMDC o componente de motor de lodo para operaciones de yacimientos petrolíferos. El tubular **2** incluye una caja de empalmes roscada **20** y un pasador de conexión roscado **21** integradas y un cuerpo del tubo liso **22**.

[0062] La FIG. 3 muestra un esquema de una sección transversal parcial de la caja de empalmes recalcada externamente **10** conectada al cuerpo del tubo **14** desde una unión **1** como se muestra en la **FIG. 1**. La caja de empalmes recalcada externamente **10** tiene un DI de su superficie interna **31** que puede coincidir con el DI del cuerpo del tubo **14**. En la superficie interna **31** se muestra un revestimiento IPC **35**, que es opcional. El cuerpo del tubo **14** tiene una superficie externa **30** con un DE que es menor que el DE de la superficie externa **12** de la caja de empalmes recalcada externamente **10** debido a la disminución externa **34**. Por lo tanto, el grosor de la caja de empalmes recalcada externamente **10** es la diferencia entre el DE de la superficie externa **12** y

el DI de la superficie interna **31**, que es mayor que el grosor del cuerpo del tubo **14**, que es la diferencia entre el DE en la superficie externa **30** y el DI en la superficie interna **31**. Una parte de esta conexión más gruesa **10** puede retirarse para formar roscas **32** que se extienden desde una cara **33** de la conexión **10** hacia el cuerpo del tubo **14** para enroscarse con otra conexión.

[0063] La **FIG. 4** muestra un esquema de una sección transversal parcial del pasador de conexión recalcado externamente **11** conectado al cuerpo del tubo **14** desde una unión **1** como se muestra en la **FIG. 1**. El pasador de conexión recalcado externamente **11** tiene una superficie interna **41** con un DI que puede coincidir con el DI del cuerpo del tubo **14**. En la superficie interna **41** se muestra un revestimiento IPC **45**, que es opcional. El DE de la superficie externa del cuerpo del tubo **30** es menor que el DE de la superficie externa **13** debido a la disminución externa **44**. Por lo tanto, el grosor del pasador de conexión recalcado externamente **11** es la diferencia entre el DE de la superficie externa **13** y el DI de la superficie interna **41**, que es mayor que el grosor del cuerpo del tubo **14**, que es la diferencia entre el DE de la superficie externa **30** y el DI en la superficie interna **41**. Una parte de esta conexión más gruesa **11** puede retirarse para formar roscas **42** que se extienden desde una cara **43** de la conexión **11** hacia el cuerpo del tubo **14** para la interconexión.

[0064] Una vez que el DE de la superficie externa de una conexión de tubería de la sarta de trabajo o unión de tubería de la tubería de perforación recalcada externamente se ha reducido por debajo de la dimensión mínima aceptable requerida para esa conexión, la unión completa de la tubería de la sarta de trabajo o tubería de perforación se desecha por lo general.

[0065] La **FIG. 5** muestra un esquema de la sección transversal parcial de la caja de empalmes recalcada externamente **10** después de que se hayan aplicado cordones de soldadura o

reforzadores. Los cordones de soldadura **50** se muestran como material aplicado a la superficie externa **12** de la conexión **10**. Los cordones de soldadura **50** pueden estar hechos de material de recargue antidesgaste o restauración. El material de recargue antidesgaste adecuado incluye, entre otros, 350XT™ de Arnco Technology, y el material de restauración adecuado incluye, entre otros, BUXT™ de Arnco Technology. Entre cordones de soldadura adyacentes **50**, se pueden formar puntos bajos o canales **51**. El grosor de los cordones de soldadura **50** en sus puntos más bajos **51** es igual o mayor que el grosor **H₁** requerido para restaurar la conexión **10**. El grosor **H₁** puede estar entre 3/32 pulgadas y 5/32 pulgadas (2,4 mm a 4,0 mm). Los cordones de soldadura **50** se pueden formar mediante la aplicación de cordones de soldadura o cordones reforzadores. Normalmente, los cordones de soldadura **50** pueden tener una anchura de aproximadamente 1 a 1 1/2 pulgadas (25,4 mm a 38,1 mm). Si bien se muestran seis cordones de soldadura **50**, se puede aplicar cualquier número de cordones de soldadura **50** según sea necesario para cubrir la longitud de la superficie externa **11**. Si una sola capa de cordones de soldadura **50** no es lo suficientemente gruesa, se puede agregar una capa adicional (no se muestra) encima de los cordones de soldadura **50**. El calor de la aplicación de los cordones de soldadura **50** puede penetrar la conexión **10** para formar una ZAT **52**. Debido al bajo suministro térmico del método descrito, es posible que la ZAT **52** no penetre completamente a través del material base de la conexión **10** hasta la superficie interna **31**. Una vez que el área soldada (ZAT **52** y cordones de soldadura **50**) se haya enfriado a aproximadamente 150° F, se puede realizar el esmerilado en la superficie externa de los cordones de soldadura **50**.

[0066] La **FIG. 6** muestra un esquema de la sección transversal parcial del pasador de conexión recalado externamente **11** después de que se han aplicado cordones de soldadura o reforzadores.

Los cordones de soldadura **60** se muestran como material aplicado a la superficie externa **13** de la conexión **11**. Los cordones de soldadura **60** pueden estar hechos del mismo material de recargue antidesgaste o restauración adecuado para los cordones de soldadura **50**. Similar a los cordones de soldadura **50** aplicados en la conexión **10**, los cordones de soldadura **60** pueden tener puntos bajos o canales **61** presentes entre los cordones de soldadura **60**. El grosor de los cordones de soldadura **60** en sus puntos más bajos **61** es igual o mayor que el grosor H_2 requerido para restaurar la conexión **11**. El grosor H_2 puede estar entre 3/32 pulgadas y 5/32 pulgadas (2,4 mm a 4,0 mm). Los cordones de soldadura **60** se pueden formar mediante la aplicación de cordones de soldadura o cordones reforzadores. Normalmente, los cordones de soldadura **60** pueden tener una anchura de aproximadamente 1 a 1-1/2 pulgadas (25,4 mm a 38,1 mm). Si bien se muestran tres cordones de soldadura **60**, los cordones de soldadura se pueden aplicar según sea necesario para cubrir la longitud de la superficie externa **13**. Si una sola capa de cordones de soldadura **60** no es lo suficientemente gruesa, se puede agregar una capa adicional (no se muestra) encima de los cordones de soldadura **60**. El calor de los cordones de soldadura **60** puede penetrar la conexión **11** para formar una ZAT **62**. Debido al bajo suministro térmico del método divulgado, es posible que la ZAT **62** no penetre completamente a través del material base de la conexión **11** hasta la superficie interna **41**. Una vez que el área soldada (ZAT **62** y cordones de soldadura **60**) se haya enfriado a aproximadamente 66°C (339K), se puede realizar el esmerilado en la superficie externa de los cordones de soldadura **60**.

[0067] La FIG. 7 muestra un esquema de la sección transversal parcial de la caja de empalmes recalcada externamente **10** después del esmerilado de los cordones de soldadura **50** (ya sea material de recargue antidesgaste o restauración). Los cordones de soldadura rectificados **70** se

han reducido del grosor H_1 al grosor H_3 para satisfacer las necesidades operativas y eliminar los canales **51**. Si bien no se muestra, el impacto del calor de la soldadura (representado como ZAT **52** en la FIG. 5) sigue presente.

[0068] La FIG. 8 muestra un esquema de la sección transversal parcial del pasador de conexión recalcado externamente **11** conectado al cuerpo del tubo **14** de la FIG. 6 después de esmerilar los cordones de soldadura **60** (ya sea con material de recargue antidesgaste o restauración). Los cordones de soldadura rectificadas **80** se han reducido del grosor H_2 al grosor H_4 para satisfacer las necesidades operativas y eliminar los canales **61**. En algunas realizaciones, donde el DE de la superficie externa **12** es el mismo que el DE de la superficie externa **13**, el grosor H_3 será el mismo que el grosor H_4 . Si bien no se muestra, el impacto del calor de la soldadura (representado como ZAT **62** en la FIG. 6) sigue presente.

[0069] La FIG. 9 muestra un esquema de la sección transversal parcial de la caja de empalmes recalcada externamente **10** conectada al cuerpo del tubo **14** de la FIG. 3 después de que se hayan aplicado cordones de soldadura o reforzadores a la disminución externa **34**. La disminución externa **34** tiene un primer lado **93** y un segundo lado **94**, donde el primer lado **93** está próximo a una primera parte **95** del cuerpo de tubo **14** y el segundo lado **94** está próximo a la superficie externa **12**. En el primer lado **93**, la disminución externa **34** tiene un diámetro exterior **96** igual al diámetro exterior del cuerpo de tubo **14**. En el segundo lado **94**, la disminución externa **34** tiene un diámetro exterior **96** igual al diámetro exterior del cuerpo de tubo **14**. En el segundo lado **94**, la disminución externa **34** tiene un diámetro exterior **97** mayor que el diámetro exterior **98** de la superficie externa **12** de la conexión de recalcado. Los cordones de soldadura **90** se muestran como material aplicado a la superficie externa de la disminución externa **34**. Los cordones de

soldadura **90** pueden estar hechos de los mismos materiales adecuados para los cordones de soldadura **50**, **60**. El grosor de cada cordón de soldadura puede estar entre 3/32 de pulgada y 5/32 de pulgada (2,4 mm a 4,0 mm). Los cordones de soldadura **90** se pueden formar mediante la aplicación de cordones de soldadura o cordones reforzadores. Por lo general, los cordones de soldadura **90** pueden tener una anchura de aproximadamente 1 y 1-1/2 pulgadas (25,4 mm a 38,1 mm). Si bien se muestran cinco cordones de soldadura **90**, se puede aplicar cualquier número de cordones de soldadura **90** según sea necesario para extender la disminución externa **34**. Esto normalmente se hará con dos capas de los cordones de soldadura **90**, como se muestra, sin embargo, el número de capas puede variar según sea necesario para aumentar el DE de la superficie externa **30** para satisfacer o superar el DE de la superficie externa **12** con el fin de extender la disminución **34**. El calor de la aplicación de los cordones de soldadura **90** puede penetrar la conexión **10** para formar una ZAT **91**. Debido al bajo suministro térmico del método descrito, es posible que la ZAT **91** no penetre completamente a través del material base de la conexión **10** hasta la superficie interna **31**. Una vez que el área soldada (ZAT **91** y cordones de soldadura **90**) se haya enfriado a aproximadamente 66°C (339K), se puede realizar el esmerilado en la superficie externa de los cordones de soldadura **90**.

[0070] La FIG. 10 muestra un esquema de la sección transversal parcial de la caja de empalmes recalcada externamente **10** conectada con el cuerpo del tubo **14** de **la FIG. 9** después de esmerilar los cordones de soldadura **90**. Los cordones de soldadura rectificadas **92** se han reducido en grosor de forma que el diámetro exterior **97** se haya reducido al diámetro exterior **98** para que coincidan con el grosor de la conexión recalcada **12** y formando una disminución externa **101** el ángulo **102** para que coincida con el ángulo **103** entre la superficie de la conexión

recalcada **12** y la disminución externa **34** para extender la disminución externa **34**. Por lo tanto, los cordones de soldadura rectificadas **92** tienen una superficie externa **100** que está al ras con la superficie externa **12** de la caja de empalmes recalcada externamente **10** y forman la nueva disminución externa **101** que es paralela a la disminución externa **34**. La nueva disminución externa **101** que tiene su propio primer lado **104** y su propio segundo lado, donde el primer lado **104** está próximo al cuerpo de tubo **14** y el segundo lado **105** está próximo a la superficie externa de la conexión recalcada **12**.

[0071] La **FIG. 11** muestra un esquema de una sección transversal parcial de la pared del cuerpo **112** de un tubular **14** que podría ser de la **FIG. 1** o la **FIG. 2**. El grosor del cuerpo del tubo **14** es la diferencia entre el DE en la superficie externa **110** y el DI en la superficie interna **111**.

[0072] La **FIG. 12** muestra un esquema de la sección transversal parcial de la pared **112** del cuerpo del tubo **14** de la **FIG. 11**. El grosor del cuerpo del tubo **14** puede ser lo suficientemente pequeño como para que incluso la soldadura de baja temperatura dé como resultado una ZAT **122** que penetra a través de la pared del cuerpo del tubo **14** hasta la superficie interna **111**. A pesar de esto, la combinación de no precalentamiento, menor voltaje, menor amperaje y el uso de soldadura de baja temperatura reduce los cambios metalúrgicos en el material base de manera que las propiedades mecánicas de la pared del cuerpo **112** no se ven comprometidas. Se pueden aplicar cordones de soldadura **120** a la superficie externa **110** para agregar material de restauración al tubular **14**. Los cordones de soldadura **120** se agregan para aumentar el espesor del tubular **14**, definido inicialmente como la distancia entre el DE de la superficie externa **110** y el DI de la superficie interna **111** del tubular **14**. Los cordones de soldadura **120** pueden estar hechos del mismo material adecuado para los cordones de soldadura **50, 60, 90**. Si bien solo se

muestran tres cordones de soldadura **120**, se puede aplicar cualquier número de cordones de soldadura **120**. El grosor **H₅** de los cordones de soldadura **120** puede agregarse al grosor inicial del tubular **14** para colocar el DE del tubular y el grosor de la pared dentro del rango utilizable para operaciones de yacimientos petrolíferos. El grosor **H₅** puede estar entre 3/32 pulgadas y 5/32 pulgadas (2,4 mm a 4,0 mm). Similar a los cordones de soldadura **50** en la conexión **10**, los puntos bajos o canales **121** pueden estar presentes entre los cordones de soldadura **120**. Una vez que el área soldada (ZAT **122** y cordones de soldadura **120**) se haya enfriado a aproximadamente 150° F, se puede realizar el esmerilado en la superficie externa de los cordones de soldadura **120**.

[0073] La **FIG. 13** muestra un esquema de la sección transversal parcial de la pared **112** del cuerpo del tubo **14** de la **FIG. 11** con imperfecciones **130**, **131** en el cuerpo del tubo **14** de profundidad **D₁** y **D₂** que provocan que el grosor restante de la pared del cuerpo **T₁** y **T₂** sea inaceptablemente menor que el grosor original, que era la diferencia entre el DE en la superficie externa **110** y el DI en la superficie interna **111**.

[0074] La **FIG. 14** muestra un esquema de la sección transversal parcial de la pared **112** del cuerpo del tubo **14** de la **FIG. 13** con las imperfecciones **130**, **131** en el cuerpo del tubo **14** eliminadas después de esmerilar un rebaje **140** en la superficie externa **110** del cuerpo del tubo **14** a una cierta profundidad **D₃** dejando un grosor de pared del cuerpo restante **T₃** (la diferencia entre la superficie interna **111** y la superficie rebajada **141**) que es inaceptablemente menor que el grosor original (la diferencia entre el DE en la superficie externa **110** y el DI en la superficie interna **111**).

[0075] La **FIG. 15** muestra un esquema de la sección transversal parcial de la pared **112** del cuerpo del tubo **14** de la **FIG. 14**. El grosor del cuerpo del tubo **14** puede ser lo suficientemente

pequeño como para que incluso la soldadura de baja temperatura dé como resultado una ZAT **152** que penetra a través de la pared del cuerpo del tubo **14** hasta la superficie interna **111**. A pesar de esto, la combinación de no precalentamiento, menor voltaje, menor amperaje y el uso de soldadura de baja temperatura reduce los cambios metalúrgicos en el material base de manera que las propiedades mecánicas de la pared del cuerpo **112** no se ven comprometidas. Los cordones de soldadura **150**, hechos de los mismos materiales adecuados para los cordones de soldadura **50, 60, 90, 120**, se pueden aplicar a la superficie rebajada **141** del rebaje **140** para agregar material de restauración en el rebaje **140**. Si bien solo se muestran tres cordones de soldadura **150**, se puede aplicar cualquier número de cordones de soldadura **150** según sea necesario para restaurar la superficie rebajada **141**. Los cordones de soldadura **150** se agregan para restaurar el rebaje **140** a una altura H_6 que da como resultado un DE y un espesor mayor que el del cuerpo del tubo original **14**, que era la diferencia entre el DE en la superficie externa **110** y el DI en la superficie interna **111**. Similar a los cordones de soldadura **120** en el cuerpo del tubo **14** de **la FIG. 12**, los puntos bajos o canales **151** pueden estar presentes entre los cordones de soldadura **150**. Una vez que el área soldada (ZAT **152** y cordones de soldadura **150**) se haya enfriado a aproximadamente 150° F, se puede realizar el esmerilado en la superficie externa de los cordones de soldadura **150**.

[0076] **La FIG. 16** muestra un esquema de la sección transversal parcial de la pared **112** del cuerpo del tubo **14** de **la FIG. 15** después de esmerilar los cordones de soldadura **150**. Al igual que las conexiones **10, 11**, los cordones de soldadura **150** se pueden amolar para proporcionar una superficie uniforme y/o para que coincida con un DE o grosor predeterminado para la sección tubular restaurada **14** del tubular **1** o **2** que es adecuada para operaciones de yacimientos

petrolíferos. Los cordones de soldadura rectificadas **153** se han reducido en un grosor **H₆** para crear un DE uniforme y satisfacer las necesidades operativas después de la eliminación de los canales **151**.

[0077] La **FIG. 17** muestra un método **170** para aplicar material a la superficie de una conexión **10, 11, 20, 21** o un cuerpo del tubo **14, 22** según una realización de la presente divulgación. En el paso **171**, la superficie externa **12, 13, 20, 21, 30** de la conexión **10, 11** y/o el cuerpo del tubo **14, 22**, respectivamente, pueden prepararse para la aplicación de los cordones de soldadura **50, 60, 90, 120, 150**. El área donde se aplicará el material de soldadura debe estar libre de materias extrañas y desechos, como óxido, suciedad, grasa, aceite, pintura y revestimiento de tuberías. En algunas realizaciones, el paso de preparación puede incluir la preparación de la superficie externa **12, 13, 20, 21, 30** usando una pulidora lateral y un cepillo de copa para producir una superficie suficientemente limpia. Se puede realizar un “pulido” de la superficie del área de soldadura, pero puede o no puede ser suficiente. Puede ser necesaria una limpieza adicional con un poco de esmerilado. En algunas realizaciones, la preparación puede incluir esmerilar la superficie externa **12, 13, 20, 21, 30** para formar un rebaje **140** que puede rellenarse con cordones de soldadura **50, 60, 90, 120, 150**.

[0078] En el paso **172**, se puede realizar un precalentamiento opcional. El precalentamiento en el paso **172** es significativamente menor que en GMAW y solo se usa para elevar la temperatura de la superficie externa **12, 13, 20, 21, 30** a una temperatura de trabajo de entre -46°C (228K) y 66°C (339K). En algunas realizaciones, la temperatura de trabajo está entre -18°C (255K) y 38°C (311K). En algunas realizaciones, la temperatura de trabajo es una temperatura ambiente interior de aproximadamente 21°C (294K). No se debe usar un precalentamiento excesivo (más de 66°C

(339K)) con este método. La reducción del precalentamiento en el paso **172** o su ausencia reduce la cantidad de tiempo necesario para preparar el material base para la soldadura y reduce el riesgo de dureza y fragilización del material base dentro de la ZAT **52, 62, 91, 122, 152**.

[0079] En el paso **173**, el material de soldadura se puede aplicar a la superficie externa **12, 13, 20, 21, 30** para formar los cordones de soldadura **50, 60, 90, 120, 150**. El material de soldadura se puede aplicar usando un proceso de soldadura de bajo suministro térmico. El material de soldadura se puede aplicar en múltiples bandas continuamente hasta que se cubra la parte deseada de la superficie externa **12, 13, 20, 21, 30**. En algunas realizaciones, la aplicación continua significa que las bandas posteriores se aplican sin un paso intermedio de enfriamiento. En algunas realizaciones, la aplicación continua significa que la aplicación de una banda posterior comienza menos de una hora después de la finalización de la banda anterior. En algunas realizaciones, la aplicación continua significa que la aplicación de una banda posterior comienza menos de cinco minutos después de la finalización de la banda anterior. En algunas realizaciones, la aplicación continua significa que la aplicación de una banda posterior comienza inmediatamente después de la finalización de la banda anterior. Dado que el material de soldadura, a menudo en forma de alambre consumible, se aplica con un ancho de aproximadamente 1 a 1-1/2 pulgadas (25,4 mm a 38,1 mm), a menudo se requieren varias pasadas para cubrir la parte recalcada de la conexión **10, 11** o la conexión lisa **20, 21** o el cuerpo del tubo **14**. La aplicación continua de material de soldadura reduce considerablemente el tiempo de soldadura; ya que no es necesario permitir que cada cordón de soldadura se enfríe por completo antes de aplicar otro cordón de soldadura adyacente. El paso de soldadura se puede realizar, entre otros, utilizando polaridad DCEP con voltajes de alrededor de 18 voltios. En

algunas realizaciones, los voltajes pueden estar entre 15 y 20 voltios. En algunas realizaciones, el voltaje puede estar entre 12 y 24 voltios. En algunas realizaciones, la corriente eléctrica durante la soldadura puede ser de aproximadamente de 240 amperios. En algunas realizaciones, la corriente eléctrica puede estar entre 220 y 260 amperios. En algunas realizaciones, la corriente eléctrica puede estar entre 150 y 300 amperios. Una persona versada en la materia reconocerá que los tubulares de petróleo y gas pueden variar en composición y propiedades físicas y, como tal, los voltajes y amperajes utilizados en algunas realizaciones pueden variar respectivamente. Además, algunas realizaciones pueden ser aplicables a tubulares adecuados para uso fuera de la industria del petróleo y gas. Si bien los voltajes y amperajes pueden variar según la aplicación de soldadura, la energía añadida al proceso de soldadura en forma de calor es menor que la soldadura convencional. En algunas realizaciones, la potencia de soldadura puede ser de 7,2 kilovatios o menos. En algunas realizaciones, la potencia de soldadura puede ser de 6,2 kilovatios o menos. En algunas realizaciones, la potencia de soldadura puede ser de 5,3 kilovatios o menos. Ejemplos de este paso completado **173** se muestran en **las FIG. 5, 6, 9, 12, 15**.

[0080] La combinación de no precalentamiento, menor voltaje, menor amperaje y el uso del proceso de soldadura CMT aporta mucho menos calor al área soldada que con el método GMAW, que permite la aplicación de múltiples cordones de soldadura adyacentes a toda la longitud recalada externamente de una conexión desgastada. Como se muestra en **las FIG. 5, 6, 9, 12, 15**, estos cordones de soldadura pueden sobresalir por encima de la superficie externa de la conexión de tubería desgastada a una altura que hace que los espesores **H₁, H₂, H₅** de los cordones de soldadura **50, 60, 120** sean mayores que el máximo espesor aceptable **H₃, H₄, H₆**.

[0081] Si el grosor añadido del material de restauración no aumenta el DE para alcanzar el DI aceptable, entonces se puede aplicar otra capa de material de restauración hasta alcanzar el DE aceptables. Esto se puede hacer en un proceso continuo, al agregar múltiples cordones de soldadura adyacentes encima de los cordones de soldadura iniciales o esto se puede hacer en un proceso discontinuo, al permitir que la conexión se enfríe y luego la aplicación nuevamente sobre la primera capa de cordones de soldadura.

[0082] Debido al bajo suministro térmico, no es necesario medir la temperatura de la siguiente área a soldar después de cada aplicación de un cordón de soldadura o incluso una combinación de cordones de soldadura cuando la aplicación se realiza con el proceso de soldadura de bajo suministro térmico divulgado. Esto elimina el tiempo adicional y la complicación de medir temperaturas durante el proceso de soldadura continua.

[0083] En el paso **174**, después de completar la aplicación de todos los cordones de soldadura necesarios, la conexión **10, 11, 20, 21** o un cuerpo del tubo **14, 22** puede, opcionalmente, enfriarse en aire ambiente, en lugar de enfriarse lentamente con el uso de mantas aislantes térmicamente o latas de enfriamiento o aislamiento. Esto es particularmente cierto si la temperatura ambiente en la que se enfrían las conexiones de la tubería es de aproximadamente 70° F o aproximadamente 0° F y 100° F o posiblemente entre -50° F y 150° F. Esto permite que el área soldada se enfríe más rápidamente y elimine la complicación del enfriamiento lento posterior a la soldadura. En algunas realizaciones, se puede dejar que el área soldada se enfríe a 150° F o menos antes de manipular más la conexión **10, 11, 20, 21** o el cuerpo del tubo **14, 22**. En algunas realizaciones, la conexión **10, 11, 20, 21** o un cuerpo del tubo **14, 22** pueden usarse sin ningún tipo de refrigeración. Al evitar el enfriamiento lento, al igual que evitar el

precalentamiento extenso, el método reduce las posibilidades de errores durante los pasos de enfriamiento lento y precalentamiento que pueden resultar en propiedades mecánicas comprometidas del tubular **14, 22** o las conexiones **10, 11, 20, 21**, tales como, entre otros, agrietamiento y fragilización.

[0084] Los cordones de soldadura aplicados a la conexión recalcada externamente **10, 11** o a la conexión lisa **20, 21** o al cuerpo del tubo **14, 22** pueden tener un grosor que, cuando se combina con el DE de la conexión desgastada **10, 11, 20, 21** o el cuerpo del tubo **14, 22** excede el DE requerido para una conexión utilizable o tubular, respectivamente.

[0085] En el paso **175**, los cordones de soldadura **50, 60, 90, 120, 150** pueden rectificarse o fresarse desde los grosores **H₁, H₂** hasta los grosores aceptables **H₃, H₄** o, en el caso de **H₆**, rectificarse hasta 0). En algunas realizaciones, el fresado se puede llevar a cabo al utilizar un inserto de torno u otro método para crear un DE uniforme en toda la longitud recalcada externamente de la conexión **10, 11** o el DE de la conexión lisa **20, 21** o la longitud del cuerpo del tubo **14, 22** con una superficie lisa. Ejemplos de los resultados de este paso se muestran en **las FIG. 7, 10** para la caja de empalmes **10**, **la FIG. 8** para el pasador de conexión **11** y **la FIG. 16** para el cuerpo del tubo **14**. En los casos en que los cordones de soldadura **50, 60, 90, 120, 150** sean un material de recargue antidesgaste, el paso **175** puede ser opcional.

[0086] En el paso **176**, una vez que el DE uniforme a lo largo de toda la longitud recalcada externamente de la conexión **10, 11** está dentro del rango aceptable, se puede usar un torno o una máquina de control numérico por computadora (CNC) u otro dispositivo adecuado para volver a cortar la conexión **10, 11**. Este paso puede no ser necesario para las conexiones lisas **20, 21**. Por lo general, pero no siempre, la tubería de la sarta de trabajo puede tener conexiones de doble

hombro de dos pasos donde las conexiones **10, 11** tienen longitudes suficientes para permitir múltiples recortes, lo que permite la eliminación de parte del material y la creación de nuevas roscas a partir del material existente que comprende las conexiones. Aunque el recalque externo **34** puede extenderse usando material de soldadura **90** como se muestra en **las FIG. 9, 10**. El paso **176** no se aplica al cuerpo del tubo **14**. Al completar este paso **176**, las conexiones **10, 11** son adecuadas para uso en operaciones de yacimientos petrolíferos.

[0087] El método **170** se puede utilizar para la aplicación de recargue antidesgaste a las conexiones **10, 11**. En algunas realizaciones, el método **170** puede usarse para aplicar material de restauración a las conexiones **10, 11, 20, 21** y luego usarse una segunda vez para aplicar recargue antidesgaste a las conexiones **10, 11, 20, 21**.

[0088] Si bien la divulgación se ha descrito con referencia a realizaciones de ejemplo, se entenderá que se pueden realizar varios cambios y se pueden sustituir los equivalentes para elementos de la misma, sin apartarse del alcance de la divulgación. Además, se apreciarán muchas modificaciones para adaptar un instrumento, situación o material particular a las enseñanzas de la divulgación sin apartarse del alcance esencial de la misma. Por lo tanto, se pretende que la divulgación no se limite a la realización particular divulgada como el mejor modo contemplado para llevar a cabo esta divulgación, sino que la divulgación incluirá todas las realizaciones que caen dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas.