



República Federativa do Brasil
Ministério da Indústria, Comércio Exterior
e Serviços
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(21) BR 102018002606-2 A2



* B R 1 0 2 0 1 8 0 0 2 6 0 6 A

(22) Data do Depósito: 07/02/2018

(43) Data da Publicação: 30/10/2018

(54) Título: FLUXO AGLOMERADO DE SOLDAGEM, PROCESSO PARA A SOLDAGEM POR ARCO SUBMERSO, E JUNTA SOLDADA RESULTANTE DE UM PROCESSO DE SOLDAGEM

(51) Int. Cl.: B23K 35/36; B23K 9/18

(30) Prioridade Unionista: 09/02/2017 EP 17155471.0

(73) Titular(es): OERLIKON SCHWEISSTECHNIK GMBH

(72) Inventor(es): STEPHAN STARCK

(85) Data do Início da Fase Nacional:
07/02/2018

(57) Resumo: São reveladas uma ou mais técnicas e/ou sistemas para um fluxo aglomerado de soldagem que pode compreender (valores expressos em % em peso de fluxo): 25 a 35% de MgO, 20 a 28% de CaF₂, 15 a 22% de Al₂O₃, 12 a 17% de SiO₂, e 0,2 a 0,4% de carbono (% em peso). O carbono pode ser introduzido usando pelo menos um composto metálico contido no fluxo. Ainda é revelado um processo para a soldagem por arco submerso de pelo menos uma peça de trabalho feita em aço inoxidável austenítico, usando o fluxo descrito. Também é revelado uma junta soldada que pode compreender 17 a 20% de Cr, 5 a 8,5% de Mn, e 14 a 18% de Ni, que pode ser obtida usando o processo descrito.

FLUXO AGLOMERADO DE SOLDAGEM, PROCESSO PARA A SOLDAGEM POR ARCO SUBMERSO, E JUNTA SOLDADA RESULTANTE DE UM PROCESSO DE SOLDAGEM

REFERÊNCIA CRUZADA COM OS PEDIDOS ANTERIORES

[001] Este pedido reivindica prioridade para o Pedido de Patente Europeia Nº 17155471.0, depositado em 9 de fevereiro de 2017, denominado FLUXO AGLOMERADO DE SOLDAGEM E PROCESSO PARA A SOLDAGEM POR ARCO SUBMERSO DE AÇOS INOXIDÁVEIS AUSTENÍTICOS USANDO O DITO FLUXO, incorporado à presente por referência.

ANTECEDENTES DA INVENÇÃO

[002] Os aços inoxidáveis austeníticos demonstram uma combinação de propriedades altamente desejáveis, que os tornam úteis para uma ampla variedade de aplicações industriais. Esses aços possuem uma análise balanceada de cromo e austenita que promove e estabiliza os elementos no ferro e têm uma estrutura austenítica em temperatura ambiente. A estrutura austenítica e o alto teor de cromo contribuem para a resistência à corrosão e a estrutura austenítica relativamente uniforme também proporciona um aço com boas propriedades de resistência e tenacidade, principalmente devidas aos altos teores de cromo (Cr), níquel (Ni) e manganês (Mn), que os tornam particularmente atrativos como materiais de construção.

[003] Em particular, os aços inoxidáveis austeníticos, tendo um teor típico de Ni de até 9%, e um teor de cromo de cerca de 19% são especialmente adequados para vasos que podem ser usados em temperaturas criogênicas, tipicamente abaixo de -170 °C (-270 °F) para a armazenagem de

gases liquefeitos de hidrocarbonetos (GNL) ou componentes liquefeitos de ar, como oxigênio ou nitrogênio.

[004] O níquel pode ser um constituinte caro e, portanto, existe um grande interesse na redução do teor de níquel no aço inoxidável austenítico, mas ao mesmo tempo, de manter a possibilidade de seu uso para finalidades criogênicas. Um exemplo desse aço inoxidável austenítico de baixo níquel é o 201LN grade (padrões internacionais ASTM A240).

[005] Um problema que pode ser encontrado, em geral, é que se o aço austenítico for soldado por arco submerso (SA), a estrutura cristalina do metal de solda pode ficar grosseira, devido à quantidade muito grande de calor usada no processo, e a resistência à tração do metal de solda pode ficar relativamente menor quando comparada à obtida por outros processos de soldagem.

[006] Entretanto, a indústria de construção exige que a resistência à tração (também denominada resistência extrema à tração) do metal de solda seja maior que a resistência à tração do metal base e, em particular, que a resistência à tração do metal de solda esteja entre 655 e 740 MPa a 20 °C. O padrão estabelece uma menor resistência à tração para o ASTM 201LN a 655 MPa (95 ksi). A resistência à tração é uma característica importante para o projeto de um vaso de pressão. Para um dado projeto, a espessura da parede é definida pela menor resistência à tração. Por motivos econômicos, a espessura da parede é selecionada a mais baixa praticável; assim, o material da placa e o metal de solda devem estar em conformidade com a menor resistência à tração do padrão. Além disso, existem exigências em termos de menor

tenacidade do metal de solda, tipicamente pelo menos 47 J a -196 °C. Se esses requisitos de nível não forem respeitados, o fato pode ser prejudicial para a integridade das estruturas assim soldadas.

BREVE DESCRIÇÃO DA INVENÇÃO

[007] Este Sumário é fornecido para introduzir uma seleção de conceitos de maneira simplificada que são descritos abaixo na Descrição Detalhada. Este Sumário não pretende identificar fatores principais ou características essenciais do assunto reivindicado, nem pretende ser usado para limitar o escopo do assunto reivindicado.

[008] Uma ou mais técnicas e sistemas descritos na presente podem ser usados para prover um fluxo aglomerado de soldagem. O fluxo proposto de solda proporciona uma junta soldada tendo os níveis desejados de resistência à tração e tenacidade ao soldar um aço inoxidável austenítico de baixo níquel, usando um processo de soldagem SA.

[009] Em uma implementação, um fluxo aglomerado de soldagem pode compreender (valores expressos em peso porcentual de fluxo): 25 a 35% de óxido de magnésio (MgO); 22 a 35% de fluoreto de cálcio (CaF₂); 15 a 22% de óxido de alumínio (Al₂O₃); 11 a 17% de dióxido de silício (SiO₂), pelo menos um composto metálico contendo carbono (C); e 0,2 a 0,4% de carbono (C), onde o carbono pode ser introduzido usando pelo menos um composto metálico. Em uma implementação, o fluxo descrito na presente pode compreender uma ou mais das seguintes características: o composto metálico pode compreender 2 a 12% de carbono (C); o fluxo pode compreender 1,6 a 10% do composto metálico; o composto metálico pode ser uma liga de ferro; e o fluxo pode compreender pelo menos um

composto metálico escolhido entre: ferro cromo, ferro manganês, ferro fundido, e pó de carbeto de silício.

[0010] Para a realização das finalidades acima e relacionadas, a seguinte descrição e os desenhos anexos apresentam determinados aspectos e implementações ilustrativos. São indicativos de algumas das várias formas nas quais um ou mais aspectos podem ser empregados. Outros aspectos, vantagens e novas características da revelação tornar-se-ão mais aparentes a partir da seguinte descrição detalhada quando considerados em conjunto com os desenhos anexos.

BREVE DESCRIÇÃO DAS FIGURAS

[0011] Não são necessárias figuras de acordo com a 35 U.S.C. § 113 para a compreensão do assunto a ser patenteado.

DESCRIÇÃO DETALHADA DA INVENÇÃO

[0012] O assunto reivindicado será agora descrito com referência aos desenhos, em que numerais iguais de referência são geralmente usados para mencionar elementos iguais no texto. Na descrição a seguir, para finalidades de explicação, são apresentados vários detalhes específicos para proporcionar uma completa compreensão do assunto reivindicado. Entretanto, pode ser evidente, que o assunto reivindicado possa ser praticado sem esses detalhes específicos. Em outros exemplos, as estruturas e os dispositivos são mostrados sob a forma de diagrama de blocos para facilitar a descrição do assunto reivindicado.

[0013] As faixas típicas de teores da composição metalúrgica desse aço inoxidável austenítico de baixo teor de

níquel, isto é, a composição do metal base que constitui esse aço, é dada na Tabela 1 abaixo.

Tabela 1: Composição Exemplar (em peso %) do metal base 201LN (ASTM A24Q1).

C	Mn	Si	Cr	Ni	N	Cu	S	P
0,00	6,4	0,00	16	4,0	0,01	0,00	0,00	0,00
a	a	a	a	a	a	a	a	a
0,03	7,5	0,75	18	5,0	0,25	1,0	0,03	0,045

[0014] Esses aços inoxidáveis austeníticos exemplares com baixo teor de níquel são soldados convencionalmente realizando processos de soldagem por arco submerso (doravante denominada "soldagem SA") usando um fluxo de solda e um eletrodo que são fundidos por um arco elétrico, fornecendo assim metal de preenchimento, de maneira a formar a junta soldada desejada. A peça de trabalhos a ser soldada pode ser em chapas, placas, forjadas ou tubulações.

[0015] Em um primeiro aspecto, o fluxo descrito na presente revelação se refere a um fluxo aglomerado de soldagem que compreende (valores expressos em % em peso de fluxo) :

- 25 a 35% de óxido de magnésio (MgO) ,
- 22 a 35% de fluoreto de cálcio (CaF₂) ,
- a 22% de óxido de alumínio (Al₂O₃) ,
- 11 a 17% de dióxido de silício (SiO₂) ,
- pelo menos um composto metálico contendo carbono, e
- 0,2 a 0,4% de carbono, onde o carbono é introduzido usando pelo menos um composto metálico.

[0016] Dependendo da situação ou do uso desejado, o fluxo descrito na presente pode compreender uma ou mais das seguintes características:

- o composto metálico compreende 2 a 12% de carbono.
- o fluxo compreende 1,6 a 10% do composto metálico,
- o composto metálico é uma liga de ferro, e
- o fluxo compreende pelo menos um composto metálico escolhido entre: ferro cromo, ferro manganês, ferro fundido e pó de carbeto de silício.

[0017] Em um segundo aspecto, o conceito do invento descrito na presente pode ser referir a um processo para a solda por arco submerso (SA) de pelo menos uma peça de trabalho feita em aço inoxidável austenítico, na qual um eletrodo de consumo e um fluxo são fundidos por um arco elétrico para a obtenção de uma junta soldada em pelo menos uma peça de trabalho, caracterizado pelo fluxo ser um fluxo aglomerado de soldagem de acordo com o fluxo descrito na presente.

[0018] Em uma implementação, o eletrodo de consumo pode compreender (valores expressos em % do peso total do eletrodo) :

- 0,01 a 0,05% de carbono (C) ,
- 0,1 a 1% de silício (Si) ,
- 5 a 9% de manganês (Mn) ,
- 19 a 22% de cromo (Cr) ,
- 15 a 18% de níquel (Ni) ,
- 2,5 a 4,5% de molibdênio (Mo) ,

- 0,1 a 0,2% de nitrogênio (N), e
- ferro (Fe) para a parte remanescente.

[0019] Em uma implementação, a peça de trabalho pode compreender (valores expressos em % em peso da peça de trabalho) :

- 16 a 18% de Cr,
- 6,4 a 7,5% de Mn, e
- 4,0 a 5,0% de Ni.

[0020] Em uma implementação, a peça de trabalho pode ainda compreender (valores expressos em % em peso da peça de trabalho) :

- 0,01 a 0,03% de C,
- 0,1 a 0,75% de Si,
- 0,01 a 0,025% de N, e
- ferro (Fe) para a parte remanescente.

[0021] Em um terceiro aspecto, o conceito do invento pode ser referir a uma junta soldada que possa ser obtida pelo processo de soldagem como descrito na presente, caracterizado por poder compreender (valores expressos em peso da junta) :

- 17 a 20% de Cr,
- 5 a 8,5% de Mn, e
- 14 a 18% de Ni.

[0022] Em uma implementação, a junta de soldagem como descrita na presente, pode ainda compreender (valores expressos em % em peso da peça de trabalho) :

- 0,09 a 0,13% de C,
- 0,3 a 0,7% de Si,

- 2 a 4% de Mo,
- 0,1 a 0,25% de N, e
- ferro (Fe) para a parte remanescente.

[0023] Nesse aspecto, a junta soldada pode ter uma resistência à tração entre 650 e 700 MPa a 20 °C, e/ou um menor nível de tenacidade de 27 J a -196 °C.

[0024] Em um quarto aspecto, o conceito do invento pode se referir a uma peça de trabalho feita em aço inoxidável austenítico que compreende 16 a 18% de Cr, 4,0 a 5,0% de Ni, 6,4 a 7,5% de Mn e ferro, caracterizado por compreender pelo menos uma junta soldada de acordo com o descrito na presente.

[0025] Como usado na presente, o termo "fluxo aglomerado" significa que o fluxo é formado a partir de partículas ou pequenos grânulos predominantemente compostos de substâncias minerais, por exemplo, óxido de alumínio ou óxido de silício, e possivelmente compostos metálicos sob a forma de pó, para os quais um aglutinante (ou aglutinantes) são adicionados com base em um silicato inorgânico aquoso, como um silicato de sódio. Todas as substâncias, incluindo o possível pó como compostos metálicos podem formar a composição do fluxo. Todos os compostos e substâncias presentes podem ser aglomerados entre si e formarem os grãos de fluxo. Os grãos de fluxo finais podem ter forma predominantemente redonda e terem dimensão de grãos compreendida predominantemente entre 0,2 e 2,0 mm.

[0026] Deve ser notado que o carbono presente no fluxo pode ser analisado por absorção infravermelha, enquanto os elementos Mg, Al, Si, F podem ser analisados por XRF (fluorescência de raios X). Os elementos Mg e Al também podem

ser analisados por ICP-AES; e F pode ser analisado por eletrodos sensíveis a íons após a extração do vapor. Como é sabido que os elementos como Mg, Al e Si estão presentes como óxidos, são normalmente expressos como óxidos como MgO, Al₂O₃ e SiO₂. Como é sabido que F está predominantemente presente como CaF, é expresso como CaF. O Ca pode ser analisado também por XRF ou ICP-AES (espectrofotometria de emissão atômica com plasma acoplado indutivamente) e/ou por ICP-MS (espectroscopia de massa com plasma acoplado indutivamente). O Ca que pode ser estequiometricamente atribuído ao F é expresso como CaF₂. O Ca restante é expresso como CaO. O Si também pode ser analisado gravimetricamente.

[0027] De acordo com outro aspecto, o conceito do invento pode se relacionar a um processo para a solda por arco submerso (SA) de pelo menos uma peça de trabalho feita em aço inoxidável austenítico, na qual um eletrodo de consumo e um fluxo são fundidos por um arco elétrico para a obtenção de uma junta soldada na dita pelo menos uma peça de trabalho, caracterizada pelo fluxo ser descrito na presente.

[0028] Dependendo da situação, o processo de soldagem descrito na presente pode compreender uma ou mais das seguintes características:

- Um eletrodo de consumo compreendendo, expresso em % do peso total do eletrodo:
 - 0,01 a 0,05% de carbono (C) ;
 - 0,1 a 1% de silício (Si) ;
 - 5 a 9% de manganês (Mn) ;
 - 19 a 22% de cromo (Cr) ;
 - 15 a 18% de níquel (Ni) ;
 - 2,5 a 4,5% de molibdênio (Mo) ;

- 0,1 a 0,2% de nitrogênio (N); e
- ferro (Fe) para a parte remanescente.
- Uma peça de trabalho compreendendo, expresso em % em peso da peça de trabalho:
 - 16 a 18% de Cr;
 - 6,4 a 7,5% de Mn; e
 - 4,0 a 5,0% de Ni.
- A peça de trabalho pode ainda compreender (valores expressos em % em peso da peça de trabalho):
 - 0,01 a 0,03% de C;
 - 0,1 a 0,75% de Si;
 - 0,01 a 0,025% de N; e
 - ferro (Fe) para a parte remanescente.

[0029] Em uma implementação, o processo de soldagem descrito na presente pode usar um eletrodo de consumo compreendendo, expresso em % do peso total do eletrodo:

- Até 0,03% de carbono (C), ou entre 0,01% e 0,03% de C,
- Até 1,0% de silício (Si), ou entre 0,1% e 1,0% de Si,
- 5 a 9% de manganês (Mn),
- 19 a 22% de cromo (Cr),
- 15 a 18% de níquel (Ni),
- 2,5 a 4,5% de molibdênio (Mo),
- 1 a 0,2% de nitrogênio (N),
- Até 0,5% de cobre (Cu), ou entre 0,03% e 0,5% de Cu,

- Até 0,03% de fósforo (P), ou entre 0,005% e 0,03% P,
- Até 0,02% de enxofre (S), ou entre 5 ppm e 0,02% S, e
- ferro (Fe) para a parte remanescente.

[0030] Os respectivos elementos podem ser analisados por OES (Espectrometria de Emissão Óptica); C e S podem ser analisados por absorção infravermelha. N pode ser analisado por catarometria (condutividade térmica). Si pode ser analisado também gravimetricamente; Mn, Cr, Ni, Mo também podem ser analisados por ICP- AES (espectrofotometria de emissão atômica com plasma acoplado indutivamente).

[0031] De acordo com outro aspecto, o conceito do invento se refere a uma junta soldada (por exemplo, o metal depositado de solda) que pode ser obtida pela implementação do processo de solda SA como descrito na presente, caracterizado por compreender (valores expressos em peso da junta):

- Uma junta soldada resultante de um processo de soldagem que compreende a soldagem por arco submerso de pelo menos uma peça de trabalho feita em aço inoxidável austenítico, na qual um eletrodo de consumo e um fluxo são fundidos por um arco elétrico para a obtenção de uma junta soldada na pelo menos uma peça de trabalho, onde o fluxo compreende 25 a 35% de óxido de magnésio (MgO), 22 a 35% de fluoreto de cálcio (CaF₂), 15 a 22% de óxido de alumínio (Al₂O₃), 11 a 17% de dióxido de silício (SiO₂), pelo menos um composto metálico contendo carbono, e 0,2 a 0,4% de carbono, o carbono sendo introduzido usando pelo menos um composto

metálico, caracterizado pela junta compreender (valores expressos em peso da junta):

- 17 a 20% de Cr;
- 5 a 8,5% de Mn; e
- 14 a 18% de Ni.

[0032] Em uma implementação, a junta soldada da invenção pode compreender uma ou mais das seguintes características:

- A junta soldada pode ainda compreender (valores expressos em % em peso de junta):

- 0,09 a 0,13% de C,
- 0,3 a 0,7% de Si,
- 2 a 4% de Mo,
- 0,1 a 0,25% de N, e
- ferro (Fe) para a parte remanescente.

• A junta soldada pode compreender uma resistência à tração entre 650 e 700 MPa a 20 °C.

• A junta soldada pode compreender um menor nível de resistência de 27 J em negativos 196 °C.

[0033] A análise química do metal depositado pode ser feita no eixo da junta. O carbono pode ser analisado por absorção infravermelha, o nitrogênio por catarometria, o manganês, o cromo, o molibdênio e o níquel por OES (espectroscopia de emissão óptica) e os demais elementos por ICP-AES e/ou ICP-MS. O silício pode ser analisado gravimetricamente.

[0034] De acordo com outro aspecto, o conceito do invento pode se referir a uma peça de trabalho feita em aço inoxidável austenítico. Em uma implementação, a peça de trabalho pode compreender 16 a 18% de Cr, 4,0 a 5,0% de Ni,

6,4 a 7,5% de Mn e ferro, caracterizada por compreender pelo menos uma junta soldada como descrito na presente. Em uma implementação, a peça de trabalho pode compreender um tubo, uma placa ou um forjado.

[0035] O conceito do invento descrito na presente pode ser melhor entendido em virtude das seguintes explicações que tratam da influência dos vários elementos presentes no fluxo (todas as % expressas por peso).

Óxido de manganês (MgO)

[0036] O MgO pode aumentar a viscosidade da escória e pode permitir a obtenção de uma conta uniforme. Além disso, pode ajudar a controlar o teor de oxigênio no metal de solda. Um teor de MgO inferior a 25% no fluxo pode aumentar o teor de oxigênio e a tenacidade do metal de solda. Por outro lado, um teor de MgO maior que 35% pode provocar um arco instável, uma conta não uniforme e uma má remoção da escória.

Fluoreto de cálcio (CaF₂)

[0037] O CaF₂ pode permitir a obtenção de uma conta uniforme e pode controlar a quantidade de hidrogênio e oxigênio que pode ser difundida no metal de solda. Quando o teor de CaF₂ for menor que 20%, a tenacidade pode se reduzir devido a um maior teor de oxigênio no metal de solda. Por outro lado, quando o teor de CaF₂ for maior que 28%, o arco pode ficar instável, a forma da conta pode ser má, e a remoção da escória pode ser deficiente.

Óxido de alumínio (Al₂O₃)

[0038] O Al₂O₃ pode melhorar a fluidez da escória e a uniformidade da conta. Um teor de Al₂O₃ menor que 15% pode ter pequeno efeito nesses aperfeiçoamentos, considerando

que um teor de Al_2O_3 maior que 22% pode reduzir a tenacidade devido ao maior teor de oxigênio no metal de solda.

Dióxido de silício (SiO₂)

[0039] O SiO₂ pode melhorar a fluidez da escória e a uniformidade das contas. Um teor de SiO₂ menor que 12% pode ter pouco efeito nesses aperfeiçoamentos. Mas quando o teor de SiO₂ for maior que 17%, as propriedades de tenacidade podem ser degradadas devido ao maior teor de oxigênio no metal de solda.

Carbono (C)

[0040] O carbono pode ser adicionado ao fluxo para facilitar as altas propriedades de resistência à tração do metal de solda. Como descrito na presente, o carbono pode ser introduzido usando pelo menos um composto metálico contendo carbono no fluxo. Assim, durante o processo de soldagem SA, o carbono pode ser transferido no metal de solda de maneira a aumentar a resistência à tração do metal de solda.

[0041] A introdução do carbono sob forma metálica pode ser desejável, porque o carbono não pode se decompor durante o processo de cozimento do fluxo. O pelo menos um composto metálico, descrito na presente, pode ser usado como uma fonte de carbono para transferir o carbono para o pool de solda, em uma quantidade desejada, e de maneira mais previsível. Em contraste, os compostos que não estiverem sob a forma metálica, por exemplo, o grafite (C), podem se decompor durante o processo de cozimento e assim não podem transferir o carbono de forma previsível e na quantidade desejada.

[0042] Um elevado nível de teor de C na junta, isto é, no metal depositado, pode conduzir a uma estrutura endurecida do tipo martensita, e/ou a uma quantidade excessiva de precipitados de carbeto, que podem endurecer a estrutura, resultando em características indesejadas de tenacidade. Alternativamente, um baixo nível de C pode resultar em propriedades mecânicas insuficientes de tração. Assim, é desejável ter uma quantidade de C no fluxo, entre 0,2 e 0,4%.

[0043] Em uma implementação, o pelo menos um composto metálico pode compreender uma liga de ferro, que pode ser escolhida do grupo que inclui: ferro manganês, ferro cromo, pó de ferro fundido e pó de carbeto de silício. Por exemplo, é desejável o uso de uma liga de ferro, porque a liga de ferro não pode se decompor durante o processo de cozimento do fluxo. O carbono contido na liga de ferro age como uma fonte de C para transferir o carbono para o pool de solda de forma mais previsível. Em contraste, o grafite (C) pode decompor durante o processo de cozimento e assim não pode transferir o carbono de forma previsível. Os carbonatos como o carbonato de cálcio (CaCO_3) também contêm carbono, mas, durante o processo de soldagem, podem decompor-se em um óxido metálico como o CaO , e uma mistura de CO e CO_2 . Ambos os componentes estão dispostos sob forma gasosa, que não pode permitir a transferência de carbono no pool de solda na quantidade desejada.

[0044] Nesse conceito do invento, uma liga de ferro pode significar uma liga com mais de 1% de carbono, e um ou mais outros elementos, como ferro, manganês, cromo, ou silício. Como exemplo, o uso de uma liga de ferro

compreendendo menos de 2% de carbono pode resultar em um maior uso da liga de ferro no fluxo, tipicamente maior que 10%. Se mais que 20% de uma liga de ferro for adicionada a um fluxo, as propriedades resultantes de solda do fluxo podem ser deficientes.

[0045] Em uma implementação, a liga de ferro pode compreender uma liga carburetada de ferro ("ferroalliage carbure" em francês), tendo um alto teor de carbono, por exemplo, 4 a 12% de carbono, ou entre pelo menos 5% de carbono e menos que 10% de carbono (% em peso). Por exemplo, um maior teor de carbono no interior da liga pode significar menos do componente resultante a ser usado. Além disso, uma menor adição de liga pode prover melhores propriedades de soldagem. Alternativamente, se o teor de carbono da liga ultrapassar 12%, o grafite pode precipitar no interior da liga; e, o uso de uma liga que esteja moída em um pó muito fino pode resultar em grafite no interior da mistura. Entretanto, o grafite não é tipicamente desejado, porque pode oxidar durante o processo de cozimento. Resultando em um processo de soldagem que se torne imprevisível.

[0046] A liga de ferro pode ser um ferro manganês carburetado ("ferromanganese carbure" em francês), também denominado de ferro manganês de alto carbono. Em uma implementação, o ferro manganês pode compreender 75 a 80% de Mn e 5 a 9% de C, ou entre 6 a 8% de C (% em peso). A liga de ferro também pode ser um ferro cromo carburetado ("ferrochrome carbure" em francês), contendo 64 a 90% de Cr e 4 a 12% de C, ou entre 6 a 9% de C (% em peso).

[0047] De acordo com outra realização da invenção, o pelo menos um composto metálico contendo carbono

pode ser pó de ferro fundido. Em uma implementação, o pó de ferro fundido pode conter 2 a 4% de carbono (% em peso). O ferro fundido pode oferecer a vantagem de não ter adições de cromo ou manganês.

[0048] De acordo com outra realização da invenção, o pelo menos um composto metálico pode ser o carbeto de silício.

[0049] Em uma implementação, o processo de soldagem SA, como descrito na presente, pode ser realizado pela fusão de um fluxo, como acima descrito, e um eletrodo de soldagem tendo a seguinte composição (peso %) :

- 0,01 a 0,05% de carbono (C) ,
- 0,1 a 1% de silício (Si) ,
- 5 a 9% de manganês (Mn) ,
- 19 a 22% de cromo (Cr) ,
- 15 a 18% de níquel (Ni) ,
- 2,5 a 4,5% de molibdênio (Mo) ,
- 0,1 a 0,2% de nitrogênio (N) , e
- ferro (Fe) para a parte remanescente.

[0050] A influência dos vários elementos presentes no eletrodo é explicada abaixo (os teores respectivos são expressos como % relativa ao peso total do eletrodo) .

Carbono (C)

[0051] O carbono pode ser introduzido para melhorar a resistência do metal de solda.

Cromo (Cr) e Molibdênio (Mo)

[0052] Os elementos Cr e Mo podem ser os principais elementos de liga dos aços inoxidáveis

austeníticos de alta resistência. Os elementos Cr e Mo podem se combinar com o carbono do aço para formar carbetas que dão a resistência ao aço e, portanto, também dão resistência ao metal de solda. Uma quantidade em excesso de Cr ou Mo no metal de solda pode provocar a deterioração nas propriedades de tenacidade do metal de solda. Assim, podem ser tomadas medidas para prover as quantidades desejadas na junta, como uma quantidade de Cr entre 16 e 22%, e uma quantidade de Mo de até 4,5% em peso.

Silício (Si)

[0053] O silício pode agir como um agente desoxidante no metal de solda. Pode estar presente em uma quantidade suficiente para ajudar a controlar o teor de oxigênio (O). Se o teor de Si for muito alto, as propriedades de tenacidade podem ser degradadas. Assim, uma quantidade desejada de Si na junta pode estar na faixa de 0,3 a 1%.

Níquel (Ni)

[0054] A adição de níquel pode ter o efeito de promover a estrutura austenítica. Por esse motivo, o nível desejado de Ni pode estar entre 15 e 18%.

Molibdênio (Mo)

[0055] O Mo pode ter uma forte influência na resistência do metal de solda e, consequentemente, é desejável para a obtenção do nível de resistência adequado. Por outro lado, quantidades muito grandes de Mo podem resultar em grande fragilidade. Portanto, a quantidade desejada de Mo pode estar entre 2 e 4%.

Nitrogênio (N)

[0056] O nitrogênio pode ter o efeito de promover a estrutura austenítica e melhorar a resistência.

Uma quantidade em excesso de nitrogênio pode resultar em porosidade no metal da solda, o que não é desejável para aceitação pela maioria dos códigos de construção. Um teor N desejado pode ser inferior a 0,25% e tipicamente compreendido entre 0,14 e 0,2%.

Exemplos ilustrativos

[0057] Os exemplos mencionados abaixo podem mostrar que, quando o processo de soldagem SA é feito nas peças de trabalho feitas em aço inoxidável austenítico usando um fluxo como descrito na presente, a junta de solda pode ser obtida tendo uma composição metalúrgica como descrito na presente, como uma junta para a qual seja obtida a resistência desejada à tração para a indústria de construção, assim como boas propriedades de tenacidade.

[0058] A resistência à tração dos corpos de prova da junta foi avaliada por meio de testes de tração realizados em uma temperatura de 23 °C e medições extremas de resistência à tração. A resistência extrema à tração é medida pelo estresse máximo que um material pode suportar enquanto é tracionado ou puxado antes do rompimento. A tenacidade dos corpos de prova também foi medida usando o teste de fenda em V de Charpy, que é um teste padronizado de alta taxa de tensão, que determina a quantidade de energia absorvida por um material durante a fratura. Esse teste foi feito em uma temperatura de 196 °C negativos.

[0059] Os testes de tração e tenacidade foram feitos em corpos de prova usinados a partir do metal depositado do centro da junta de solda. As peças de trabalho de aço austenítico com baixo nível de níquel nas quais o

metal de solda foi depositado foram feitas com o 201LN grade (ASTM A240), e tiveram a composição dada na Tabela 2 abaixo.

Tabela 2: Composição (em % em peso) do metal base testado.

C	Mn	Si	Cr	Ni	Mo	N	Fe
0,026	7,2	0,38	16,2	4,7	0,23	0,12	resto

[0060] Os fluxos (fluxo 1, fluxo 2, fluxo 3) usados na soldagem SA tiveram as composições dadas na Tabela 3 abaixo. O carbono foi introduzido no fluxo usando ferro cromo carburetado e ferro-manganês carburetado como um composto metálico contendo carbono. O fluxo 1 continha uma quantidade de 2% ferro cromo e 2% de ferro manganês carburetado. O fluxo 2 continha uma quantidade de 2,5% ferro cromo e 2% de ferro manganês carburetado. Este composto de ferro cromo carburetado compreendeu 64 a 70% de Cr e 9 a 10% de C. O composto de ferro manganês carburetado compreendeu 75 a 80% de manganês e 6 a 7,7% de carbono.

Tabela 3: Composição (em % em peso) dos fluxos testados.

Elemento químico	Fluxo 1 (% em peso) Peça desta invenção	Fluxo 2 (% em peso) Peça desta invenção	Fluxo 3 (% em peso)
MgO	30,6	30,1	33,0
CaF ₂	24,5	24,5	24,9
Al ₂ O ₃	16,0	16,0	16,1
SiO ₂	13,0	13,0	13,5
C	0,30	0,38	0,0
CaO	8	8	8
MnO	3	3	2,5
Na ₂ O	1	1	1
K ₂ O	2	2	2
Cr ₂ CO ₃	1,6	2,0	0,0

Tabela 4: Composição (em % em peso) dos eletrodos testados.

Elemento químico	Eletrodo 1	Eletrodo 2	Eletrodo 3	Eletrodo 4	Eletrodo 5	Eletrodo 6
C	0,026	0,025	0,021	0,042	0,013	0,05
Mn	7,4	6,8	1,8	1,4	1,51	5,8
Si	0,46	0,35	0,42	0,55	0,51	0,45
Cr	19,8	23,5	18,5	18,9	22,9	17,6
Ni	16,1	22,1	11,5	9,4	8,6	7,5
Mo	3,1	3,0	2,7	0,05	3,0	0,02
Nb	0,017	0,014	0,012	0,40	0,020	0,01
N	0,22	0,28	0,05	0,04	0,14	0,01

[0061] Nessa implementação, os corpos de prova do metal depositado longe de qualquer diluição foram obtidos aplicando os seguintes parâmetros de soldagem SA:

- A soldagem SA com eletrodos tendo um diâmetro de 3,2 mm, as composições dos quais estão na Tabela 4, associadas aos fluxos 1, 2, 3 da Tabela 3,
- pré-aquecimento entre 25 e 100 °C
- 8 a 12 passes de soldagem,
- temperatura do metal base entre os passes de soldagem de cerca de 100 °C,
- energia de soldagem de cerca de 1,5 kJ/mm para uma velocidade de soldagem de 55 cm/min, e
- corrente CC+ de 460 A a 30 V, - tempo de resfriamento do metal de solda de 800 °C a 500 °C entre 7 e 17 s.

[0062] Os corpos de prova cilíndricos de tração foram usinados longitudinalmente no metal depositado, isto é, nas juntas de solda resultantes. O comprimento total dos corpos de prova foi de 97 mm; o diâmetro da parte

medida foi de 10 mm e o comprimento da parte medida foi de 50 mm.

[0063] Cada teste de tração foi feito a 23 °C. A taxa de tração foi de 15MPa/s.

[0064] A composição dos corpos de prova testados (em % em peso de cada elemento) e os resultados da resistência à tração (Rm, expressos em MPa) e as medidas de tenacidade (Kv, expressos em Joules, em negativos 196 °C) são dados na Tabela 5 abaixo.

Tabela 5: Composição das juntas soldadas testadas e resultados experimentais.

Solda No.	C	Mn	Si	Cr	Ni	Mo	Nb	N	Rm	Kv
1	Fluxo 1									
	Eletrodo 1	0,115	7,2	0,54	19,3	15,1	2,7	0,014	0,18	655
2	Fluxo 2									
	Eletrodo 1	0,12	7,4	0,55	20,0	16,0	2,7	0,014	0,18	680
3	Fluxo 3									
	Eletrodo 2	0,03	6,5	0,43	23,1	22,1	3,0	0,014	0,27	600
4	Fluxo 3									
	Eletrodo 3	0,02	1,5	0,55	18,0	11,5	2,7	0,012	0,05	590
5	Fluxo 3									
	Eletrodo 4	0,04	1,4	0,6	18,5	9,3	0,05	0,40	0,04	610
6	Fluxo 3									
	Eletrodo 5	0,03	1,4	0,6	22,4	8,6	3,0	0,023	0,14	792
7	Fluxo 3									
	Eletrodo 6	0,05	5,6	0,5	17,3	7,4	0,01	0,01	0,01	630

[0065] Como pode ser visto nesses exemplos, as demonstrações correspondentes às soldas Nos 1 e 2 forneceram resultados adequados em termos de resistência à tração e propriedades de tenacidade. Isso porque foi adicionado um teor adaptado de carbono ao metal de solda para aumentar a resistência. Um teor elevado de C pode prejudicar os resultados de tenacidade. Essas soldas proporcionaram um compromisso desejável entre resistência e tenacidade.

[0066] Pode também ser notado que o Fluxo 2 deu melhores resultados em termos de resistência que o Fluxo 1; entretanto, a tenacidade ficou perto de seu valor de alto nível. Na solda No 3, a resistência à tração foi indesejavelmente baixa, porque o C esteve abaixo de 0,09%; os maiores níveis de cromo e de níquel, quando comparados às soldas No 1 e 2 não ajudaram a obter o nível adequado de resistência.

[0067] A solda No 4 foi similar à solda No 3: nível similar a C, mas menos Cr e 11,5% de Ni, e como consequência, mais Fe. Entretanto, o nível de resistência foi até menor, o que pode ilustrar que pode ser identificado um nível desejado de cromo e níquel.

[0068] A solda No 5 incluiu 0,4% de nióbio (Nb) do eletrodo; entretanto, o nível de resistência permaneceu inferior ao desejado, novamente porque o C esteve fora da faixa adequada.

[0069] A solda No 6 incluiu uma mudança no equilíbrio entre o cromo e o níquel. Essa quantidade de cromo esteve em um maior nível, e a quantidade de níquel esteve em um nível relativamente baixo. Nessa solda, foi obtida alta resistência, mas um nível indesejável de tenacidade.

[0070] A solda No 7 apresentou, em relação ao cromo, níquel e carbono, uma composição similar à da solda no 5; entretanto, o teor de Mn foi aumentado pelo eletrodo, para 5,6%. Esse eletrodo não teve adição de nióbio (Nb). A tenacidade do metal permaneceu abaixo dos níveis desejados, e a tenacidade também permaneceu abaixo dos níveis desejados.

[0071] A palavra "exemplar" pode ser usada na presente servindo como um exemplo, instância ou ilustração. Qualquer aspecto ou projeto descrito na presente como "exemplar" não deve ser necessariamente entendido como vantajoso em relação a outros aspectos ou projetos. Ao invés disso, o uso da palavra exemplar pretende apresentar conceitos de maneira concreta. Como usado neste pedido, o termo "ou" pretende significar um "ou" inclusive, ao invés de um "ou" exclusivo. Isto é, a menos que especificado de outra forma, ou ficando claro pelo contexto, "X emprega A ou B" pretende significar quaisquer das permutações naturais inclusivas. Isto é, se X emprega A; X emprega B; ou X emprega tanto A como B, então "X emprega A ou B" fica satisfeito em qualquer dos exemplos acima. Além disso, pelo menos um entre A e B e/ou o similar geralmente significa A ou B ou tanto A como B. Além disso, os artigos "um" e "uma" como usados neste pedido e nas reivindicações apenas podem geralmente ser entendidos como significando "um ou mais", a menos que especificado de outra forma ou ficando claro pelo contexto como sendo direcionado a uma forma singular.

[0072] Apesar de o assunto ter sido descrito em linguagem específica de características estruturais e/ou atos metodológicos, deve ser entendido que o assunto definido nas reivindicações apenas não está necessariamente limitado às

características específicas ou atos acima descritos. Ao invés disso, as características específicas ou atos acima descritos são revelados como formas de exemplos de implementação das reivindicações.

[0073] Também, apesar de a revelação ter sido mostrada e descrita em relação a uma ou mais implementações, alterações e modificações equivalentes ocorrerão para os técnicos no assunto após a leitura e a compreensão desta especificação, incluindo quaisquer desenhos. A revelação inclui todas essas alterações e modificações, sendo limitada somente pelo escopo das reivindicações a seguir. Em particular referência às várias funções realizadas pelos componentes acima descritos (por exemplo, elementos, recursos, etc.), os termos usados para descreverem esses componentes pretendem corresponder, a menos que indicado de outra forma, a qualquer componente que realize a função especificada do componente descrito (por exemplo, que seja funcionalmente equivalente), mesmo que não estruturalmente equivalente à estrutura revelada que realize a função nas implementações exemplares ilustradas na presente revelação. Também, apesar de uma determinada característica da revelação poder ter sido revelada em relação a somente uma das várias implementações, essa característica pode ser combinada com uma ou mais de outras características das outras implementações, como pode ser desejado e vantajoso para qualquer aplicação dada ou determinada. Além disso, no âmbito em que os termos "inclui", "tendo", "tem", "com", ou suas variantes são usados em quaisquer das descrições ou reivindicações detalhadas, esses termos pretendem ser inclusivos de forma similar ao termo "compreendendo".

[0074] As implementações foram acima descritas. Ficará aparente para os técnicos no assunto que os métodos e equipamentos acima podem incorporar mudanças ou modificações sem abandonar o escopo geral da presente invenção. Pretende incluir todas essas modificações e alterações até o limite em que estejam no escopo das reivindicações apensas ou de seus equivalentes.

REIVINDICAÇÕES

1. FLUXO AGLOMERADO DE SOLDAGEM, caracterizado por compreender (valores expressos em % em peso de fluxo):

25 a 35% de óxido de magnésio (MgO) ;

22 a 35% de fluoreto de cálcio (CaF₂) ;

15 a 22% de óxido de alumínio (Al₂O₃) ;

11 a 17% de dióxido de silício (SiO₂) ;

pelo menos um composto metálico contendo carbono; e 0,2 a 0,4% de carbono, o carbono sendo introduzido usando pelo menos um composto metálico.

2. FLUXO, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo composto metálico compreender 2 a 12% de carbono.

3. FLUXO, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por compreender 1,6 a 10% do composto metálico.

4. FLUXO, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo composto metálico compreender uma liga de ferro.

5. FLUXO, de acordo com a reivindicação 4, caracterizado pela liga de ferro compreender de 4 a 12% de carbono em peso da liga de ferro.

6. FLUXO, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por pelo menos um composto metálico escolhido entre o grupo consistir em: ferro cromo, ferro manganês, ferro fundido, pó de carbeto de silício.

7. FLUXO, de acordo com a reivindicação 7, caracterizado pelo ferro fundido compreender um pó de ferro fundido que compreende de 2 a 4% de carbono em peso do pó.

8. FLUXO, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por compreender grãos de fluxo que têm formato

substancialmente redondo e dimensão de grão compreendida substancialmente de 0,2 a 2,0 mm.

9. PROCESSO PARA A SOLDAGEM POR ARCO SUBMERSO, de pelo menos uma peça de trabalho feita em aço inoxidável austenítico, na qual um eletrodo de consumo e um fluxo são fundidos por um arco elétrico para a obtenção de uma junta soldada em pelo menos uma peça de trabalho, caracterizado pelo fluxo ser um fluxo aglomerado de soldagem compreendendo, expresso em % em peso de fluxo:

25 a 35% de óxido de magnésio (MgO) ;
 22 a 35% de fluoreto de cálcio (CaF₂) ;
 15 a 22% de óxido de alumínio (Al₂O₃) ;
 11 a 17% de dióxido de silício (SiO₂) ;
 pelo menos um composto metálico contendo carbono; e
 0,2 a 0,4% de carbono, o carbono sendo introduzido usando pelo menos um composto metálico.

10. PROCESSO, de acordo com a reivindicação 9, caracterizado pelo eletrodo de consumo compreender (valores expressos em % do peso total do eletrodo) :

0,01 a 0,05% de carbono (C) ;
 0,1 a 1% de silício (Si) ;
 5 a 9% de manganês (Mn) ;
 19 a 22% de cromo (Cr) ;
 15 a 18% de níquel (Ni) ;
 2,5 a 4,5% de molibdênio (Mo) ;
 0,1 a 0,2% de nitrogênio (N) ; e
 ferro (Fe) para a parte remanescente.

11. PROCESSO, de acordo com a reivindicação 9, caracterizado pelo eletrodo de consumo compreender (valores expressos em % do peso total do eletrodo) :

0,01 a 0,03% de carbono (C);
0,1 a 1% de silício (Si);
5 a 9% de manganês (Mn);
19 a 22% de cromo (Cr);
15 a 18% de níquel (Ni);
2,5 a 4,5% de molibdênio (Mo);
0,1 a 0,2% de nitrogênio (N);
0,03 a 0,5% de cobre (Cu);
0,005 a 0,03% de fósforo (P);
5 partes por milhão (PPM) a 0,02% de enxofre (S); e
ferro (Fe) para a parte remanescente.

12. PROCESSO, de acordo com a reivindicação 9, caracterizado pela peça de trabalho compreender (valores expressos em % em peso da peça de trabalho):

16 a 18% de Cr;
6,4 a 7,5% de Mn; e
4,0 a 5,0% de Ni.

13. PROCESSO, de acordo com a reivindicação 12, caracterizado pela peça de trabalho ainda compreender (valores expressos em % em peso da peça de trabalho):

0,01 a 0,03% de C;
0,1 a 0,75% de Si;
0,01 a 0,025% de N; e
ferro (Fe) para a parte remanescente.

14. PROCESSO, de acordo com a reivindicação 9, caracterizado pelo eletrodo de consumo compreender um diâmetro de 3,2 mm.

15. JUNTA SOLDADA RESULTANTE DE UM PROCESSO DE SOLDAGEM, em que é feita a soldagem por arco submerso de pelo menos uma peça de trabalho feita em aço inoxidável

austenítico, na qual um eletrodo de consumo e um fluxo são fundidos por um arco elétrico para a obtenção de uma junta soldada na pelo menos uma peça de trabalho, onde o fluxo compreende 25 a 35% de óxido de magnésio (mgo), 22 a 35% de fluoreto de cálcio (caf₂), 15 a 22% de óxido de alumínio (al₂o₃), 11 a 17% de dióxido de silício (sio₂), pelo menos um composto metálico contendo carbono, e 0,2 a 0,4% de carbono, o carbono sendo introduzido usando pelo menos um composto metálico, caracterizado pela junta compreender (valores expressos em peso da junta) :

17 a 20% de Cr;
5 a 8,5% de Mn; e
14 a 18% de Ni.

16. JUNTA SOLDADA, de acordo com a reivindicação 15, caracterizada por ainda compreender (valores expressos em % em peso da junta) :

0,09 a 0,13% de C,
0,3 a 0,7% de Si,
2 a 4% de Mo,
0,1 a 0,25% de N, e
ferro (Fe) para a parte remanescente.

17. JUNTA SOLDADA, de acordo com a reivindicação 15, caracterizada por compreender uma resistência à tração entre 650 e 700 MPa a 20 °C.

18. JUNTA SOLDADA, de acordo com a reivindicação 15, caracterizada por compreender um menor nível de resistência de 27 J em negativos 196 °C.

19. JUNTA SOLDADA, de acordo com a reivindicação 15, em que a peça de trabalho é feita em aço inoxidável

austenítico caracterizado por compreender de 16 a 18% de Cr, 4,0 a 5,0% de Ni, 6,4 a 7,5% de Mn e ferro.

20. PROCESSO, conforme definido na reivindicação 19, sendo a peça de trabalho caracterizada por ainda compreender (valores expressos em % em peso da peça de trabalho) :

0,01 a 0,03% de C;

0,1 a 0,75% de Si; e

0,01 a 0,025% de N.

RESUMO

FLUXO AGLOMERADO DE SOLDAGEM, PROCESSO PARA A SOLDAGEM POR ARCO SUBMERSO, E JUNTA SOLDADA RESULTANTE DE UM PROCESSO DE SOLDAGEM

São reveladas uma ou mais técnicas e/ou sistemas para um fluxo aglomerado de soldagem que pode compreender (valores expressos em % em peso de fluxo) :

25 a 35% de MgO,

20 a 28% de CaF₂,

15 a 22% de Al₂O₃,

12 a 17% de SiO₂, e

0,2 a 0,4% de carbono (% em peso) .

O carbono pode ser introduzido usando pelo menos um composto metálico contido no fluxo. Ainda é revelado um processo para a soldagem por arco submerso de pelo menos uma peça de trabalho feita em aço inoxidável austenítico, usando o fluxo descrito. Também é revelado uma junta soldada que pode compreender 17 a 20% de Cr, 5 a 8,5% de Mn, e 14 a 18% de Ni, que pode ser obtida usando o processo descrito.