



REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL
MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, INDÚSTRIA, COMÉRCIO E SERVIÇOS
INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL

CARTA PATENTE Nº BR 102019014400-9

O INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL concede a presente PATENTE DE INVENÇÃO, que outorga ao seu titular a propriedade da invenção caracterizada neste título, em todo o território nacional, garantindo os direitos dela decorrentes, previstos na legislação em vigor.

(21) Número do Depósito: BR 102019014400-9

(22) Data do Depósito: 11/07/2019

(43) Data da Publicação Nacional: 02/08/2022

(51) Classificação Internacional: B23K 35/30; B23K 35/22.

(52) Classificação CPC: B23K 35/306; B23K 35/3053; B23K 35/30; B23K 35/22.

(54) Título: TÉCNICA DE SOLDAGEM DE FERRO FUNDIDO BRANCO

(73) Titular: UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ, Instituição de Ensino e Pesquisa. CGC/CPF: 34621748000123. Endereço: AV. AUGUSTO CORREA N. 1 CIDADE UNIVERSITARIA JOSÉ DA SILVEIRA NETTO, GUAMÁ, Belém, PA, BRASIL(BR), 66075-110, Brasileira

(72) Inventor: RAPHAEL GUIMARÃES FAVACHO; MARCUS VINICIUS SIQUEIRA CAMPUS JUNIOR; PAULO D'ANGELO COSTA ASSUNÇÃO; CRISTHIAN RICARDO LOAYZA LOAYZA; EDUARDO DE MAGALHÃES BRAGA.

Prazo de Validade: 20 (vinte) anos contados a partir de 11/07/2019, observadas as condições legais

Expedida em: 21/11/2023

Assinado digitalmente por:

Alexandre Dantas Rodrigues

Diretor de Patentes, Programas de Computador e Topografias de Circuitos Integrados

TÉCNICA DE SOLDAGEM DE FERRO FUNDIDO BRANCO

[001] A presente invenção trata da técnica de soldagem de Ligas de Ferro Fundido Branco, que é utilizado para fabricar componentes e acessórios que necessitam de alta resistência à abrasão e corrosão, sendo considerada não soldável.

[002] Essa técnica pode ser aplicada por “*Gas Metal Arc Welding*” (GMAW) ou por qualquer outro processo de soldagem a arco elétrico, podendo também ser aplicada a outros tipos de materiais de elevada dureza.

[003] Os ferros fundidos brancos (FFB) são ligas de Fe-C com composição química similar a descrita a seguir, segundo a norma A532/A532M-10 (2014), porcentagem de carbono entre 2% e 3,6%, manganês com máximo de 2%, silício com máximo de 2,2%, níquel com níveis máximos de 7%, cromo entre 1,4% e 30%, molibdênio máximo de 3%, cobre máximo de 1.2% e por fim fosforo máximo de 0.30% e 0.15% máximo de enxofre, estes valores variam significativamente por existir três classes de FFB (I, II e III) com até quatro tipos cada (A, B, C e D). Os FFB com elevado cromo de elevada resistência a abrasão se diferenciam pela composição química e suas propriedades físicas, método de resfriamento e propriedades mecânicas como resistências a abrasão e alta dureza do material, podendo existir ou não tratamento térmico; Tabrett, Sare, Ghomashchi, *International Materials Reviews* (1996), 41(2), 59-82. A utilização do FoFo branco se limita a situações específicas, devido sua matriz ser formada por cementita, tornando-a extremamente frágil favorecendo a formação e propagação de trincas.

[004] No que se refere à larga utilização do ferro fundido branco, descrito em artigos como Anijdan, SH Mousavi, *Materials Science and Engineering: A* 454 (2007): 623-628, onde suas aplicações estão voltadas as áreas que necessitam de materiais extremamente duros e com excelente resistência a abrasão, tais como os sistemas de moagem, esmerilhadoras, equipamentos de esmagamento e sistemas de bombeamento. Este material com altos percentuais de cromo e níquel, como elementos de liga, são comumente denominados de *high-chromium alloy* e *Ni-hard*, respectivamente, cujas propriedades de resistência a abrasão e resistência ao impacto ocorrem devido à alta quantidade de carbonetos formados na microestrutura durante o processo de solidificação Tabrett, Sare, Ghomashchi, *International Materials Reviews* (1996), 41(2), 59-82. Contudo, alguns

inconvenientes podem ser atribuídos, como por exemplo, a não soldagem dos materiais que são constituídos por essas ligas, de acordo com a norma A532/A532M-10 (2014), ou de materiais similares com elevada dureza descrito em patentes como a US 4306139, US 533198 e US 2499827 onde são descritos diferentes métodos e técnicas para a soldagem de materiais duros, mas cujas características microestruturais e composição química são diferentes do Ferro Fundido Branco.

[005] Outras patentes como US 4054775, US 4054773, e US 4054776 tratam da soldagem de Ferro Fundido Branco; porém, tal material descrito nas patentes citadas não caracteriza o mesmo, dado que têm a seguinte composição química em peso: 2.3 a 3.0% C, 0.03% a 0.06% Cr, 0.01% a 0.04% Ni, 0.01% M, 0.082% a 0.09% Mn, 0.023% a 0.032% S, 0.103% a 0.115% P e aproximadamente 2.64% Si. Do mesmo modo, os processos apresentados nessas patentes não estão descritos como alternativa para a soldagem de ferro fundido branco no *ANSI/AWS D11.2-89 Guide for Welding iron Casting*. No que respeita à soldagem desta liga, a única referência encontrada é a PI 0419131-5, esta trata sobre a soldagem e fabricação de revestimentos de ferro fundido branco através do processo de soldagem a resistência, processo esse que difere significativamente com o método usado neste pedido.

[006] Tendo em vista essas observações, e com o propósito de superá-las, foi desenvolvida uma técnica para soldagem do ferro fundido branco, baseando-se nas técnicas de soldagem de ferro fundido e materiais de elevada dureza comumente descritas pelas indústrias metalúrgicas, adotando preaquecimento e controle do resfriamento após a soldagem até temperaturas ambientes, conforme descrito em *ANSI/AWS D11.2-89 Guide for Welding iron Casting*, e metais de adição com alto teor de cromo, manganês e níquel, além da variação da composição do gás de proteção. Tornando assim o processo para a soldagem deste material viável.

[007] Essa técnica possibilita fazer a união do ferro fundido branco por processos de soldagem a arco elétrico. O processo utilizado para união do material foi o *Gas Metal Arc Welding* (GMAW) por possuir um grande desempenho de deposição que possibilita uma soldagem rápida e em um único passe de materiais de espessura de 15 mm, além de trabalhar com uma variedade de metais de adição e gases de proteção. O arame eletrodo

utilizado foi de aço inoxidável e possui a composição química de 19% de Cr, 8.5% Ni, 0.085% C e 7% Mn, como por exemplo o AWS 307L; pois o cromo é um elemento alfa-gênico, níquel e manganês são gama-gênicos. Entretanto o cromo associado ao manganês favorece o crescimento de carbonetos na superfície do material, já o níquel é estabilizador de austenita na matriz do material. De acordo com a quantidade de carbono equivalente presente com base nos elementos presentes na liga, determina-se o valor da temperatura de preaquecimento para o material. Para ferros fundidos a faixa de preaquecimento é de 320°C a 540°C, segundo *ANSI/AWS D11.2-89 Guide for Welding iron Casting*. Para a realização da soldagem do ferro fundido branco foi utilizada a faixa de temperatura maior que 540°C. Este valor está relacionado ao alto teor de elementos de liga, como cromo e o níquel, que altera completamente o comportamento de transformação de fase do material. Foi utilizada uma mistura ternária de gases com 90% Ar, 5% O₂ e 5% CO₂, tal que a mistura foi fundamental para a soldagem do material, entretanto, também pode-se utilizar outras misturas.

[008] A figura 1 esquematiza o procedimento da técnica de soldagem a arco do ferro fundido branco, que é o objetivo deste pedido de patente.

[009] A figura 1 detalha o processo utilizado para se obter a união do ferro fundido branco. Segundo o ilustrado nesta figura, a técnica inicia-se com a execução do preaquecimento homogêneo com qualquer dispositivo para tal finalidade (1) e com auxílio de um pirômetro (2) ou qualquer tipo de sensor com mesmo propósito, controla-se o valor da temperatura da peça, atingindo a temperatura superior a 370°C, no caso foi utilizado 650°C, prossegue-se com a soldagem do ferro fundido branco (3) por *Gas Metal Arc Welding* ou qualquer processo de soldagem a arco elétrico (4), com os seguintes parâmetros: velocidade de soldagem 50 cm/min, tensão 32 V, velocidade de alimentação de arame eletrodo 16 m/min, fluxo de gás de proteção 22 l/min, distância bico de contato peça 18 mm, contudo, é possível, utilizar outros arranjos de parâmetros dependendo da finalidade; o arame eletrodo (5) é composto pelos principais elementos de liga do substrato para manter as propriedades mecânicas e a poça de fusão formada pelo arco elétrico e protegida por uma atmosfera gasosa composta, em princípio por argônio, oxigênio e dióxido de carbono (6), mas podendo variar dependendo da aplicação, obtendo-se a união (7). É necessário que a taxa de arrefecimento seja muito baixa após a soldagem, portanto,

utilizou-se o pós-aquecimento, do qual a peça foi colocada em banho de Cal (CaO) até atingir a temperatura ambiente (8). O pós-aquecimento pode ser executado por qualquer outro meio, todavia que o arrefecimento seja lento.

[010] A figura 2 mostra as imagens de microscopia eletrônica de varredura visualizando as diferentes interfases formadas entre o Material de Base (MB), ferro fundido branco, e o Material de Solda (MS), composto por elementos alfa-gêmeos e gama-gêmeos, tendo uma Zona Termicamente Afeitada (ZTA), de dimensões mínimas. Esta conta com diferentes ampliações mostrando a macroestrutura (a), a zona de ligação (b), e a zona de ligação com as ter regiões diferentes (c) e (d), para um melhor entendimento de como o processo permitiu a união deste material.

REIVINDICAÇÕES

1. **TÉCNICA DE SOLDAGEM DE FERRO FUNDIDO BRANCO**, para união de materiais considerados não soldáveis, **caracterizado por** união de ferro fundido branco (3) por processos a arco elétrico (4) por meio de preaquecimento acima da faixa de temperatura recomendada pela *ANSI/AWS D11.2-89 Guide for Welding iron Casting* (1), monitorando a temperatura (2), com material de adição composto por elementos alfa-gêneos e gama-gêneos (5), e uma proteção gasosa ternária (6) para obter o cordão de solda (7), finalizando, com um arrefecimento controlado (8).
2. **TÉCNICA DE SOLDAGEM DE FERRO FUNDIDO BRANCO**, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado por** utilizar materiais de adição com alto conteúdo de elementos alfa-gêneos e gama-gêneos como cromo, níquel, manganês, molibdênio e ferro (5), como o aço inoxidável AWS 307L.
3. **TÉCNICA DE SOLDAGEM DE FERRO FUNDIDO BRANCO**, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado por** utilizar uma temperatura de preaquecimento (2) acima do limite superior, 540°C, descrito pela *ANSI/AWS D11.2-89 Guide for Welding iron Casting*.
4. **TÉCNICA DE SOLDAGEM DE FERRO FUNDIDO BRANCO**, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado por** utilizar uma proteção gasosa ternária (6) composta por 90% Ar, 5% CO₂ e 5% O₂, sendo possível outras combinações.

Fig. 1

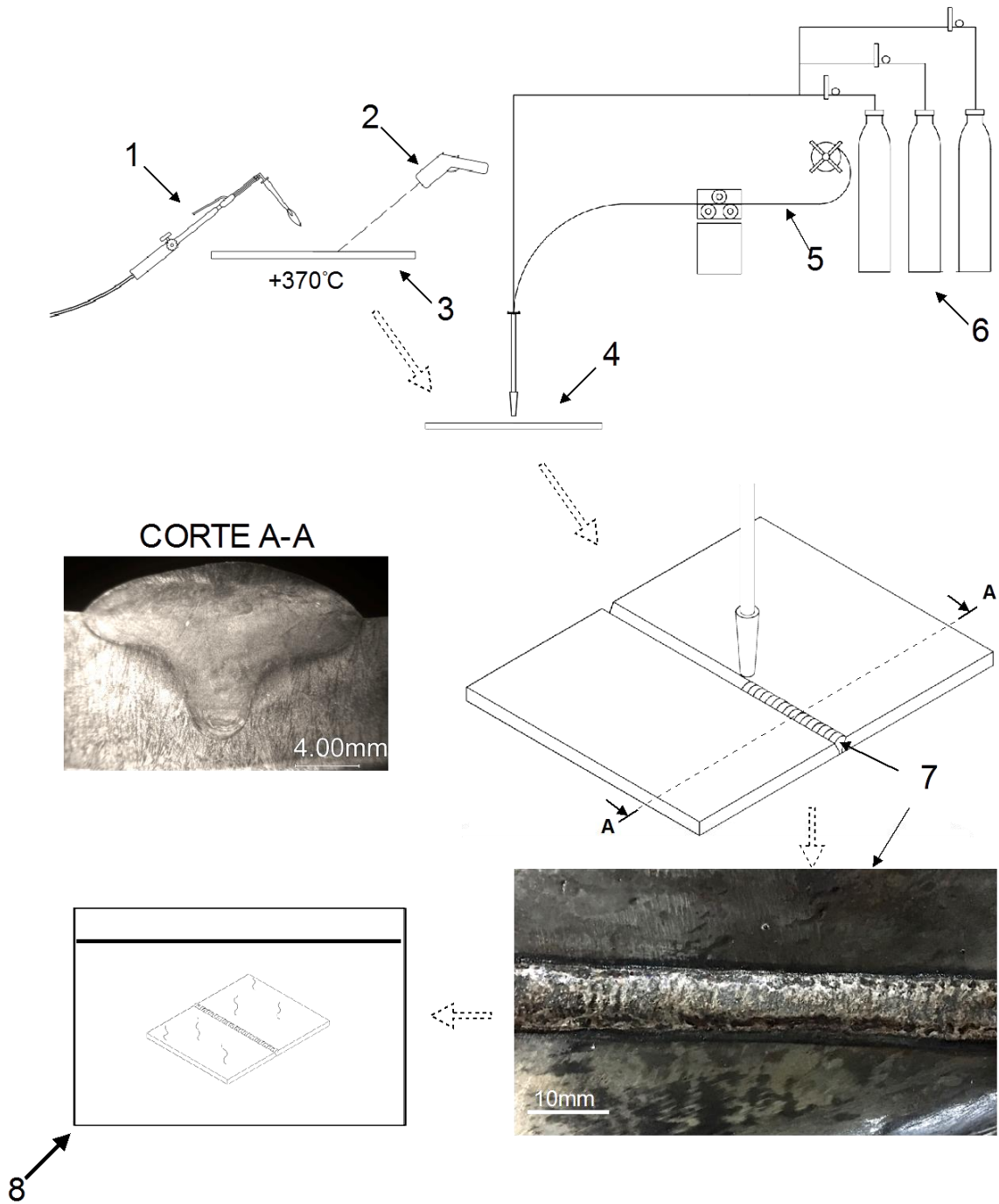


Fig. 2

