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

(21) **PI0806611-6 A2**

*BRPI0806611A2*

(22) Data de Depósito: 08/01/2008
**(43) Data da Publicação:** 20/09/2011
**(RPI 2124)**

***(51) Int.Cl.:***
**B23K 20/12**
**B23K 20/227**
**B23K 35/30**
**B23K 103/04**
**B23K 103/06**

**(54) Título:** MÉTODO DE SOLDAGEM POR FRICÇÃO E PEÇA DE SOLDA POR FRICÇÃO

**(30) Prioridade Unionista:** 17/01/2007 EP 07 100637.3

**(73) Titular(es):** Georg Fischer Engineering AG

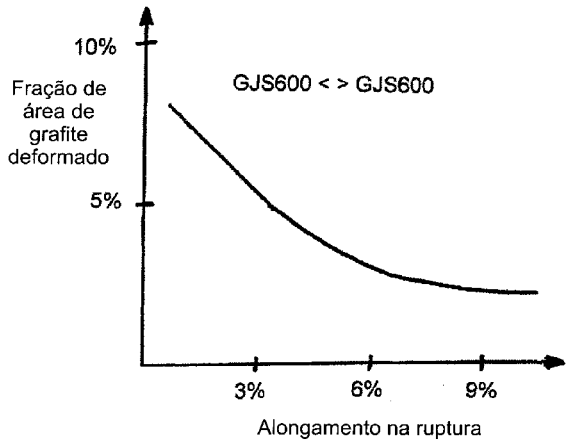
**(72) Inventor(es):** Karl Seidinger

**(74) Procurador(es):** Dannemann ,Siemsen, Bigler & Ipanema Moreira

**(86) Pedido Internacional:** PCT EP2008050137 de 08/01/2008

**(87) Publicação Internacional:** WO 2008/087070de 24/07/2008

**(57) Resumo:** MÉTODO DE SOLDAGEM POR FRICÇÃO E PEÇA DE SOLDA POR FRICÇÃO. A presente invenção refere-se a um método de soldagem por fricção para a produção de uma liga de metal, no qual duas peças de ligação tendo superfícies de contato são colocadas em contato com pressão por fricção. Uma das peças de ligação se movimenta com relação à outra peça de ligação e, após um período de tempo de fricção, o movimento para. Durante um período de fricção, o movimento é interrompido. Durante um período de tempo de compressão, as peças de ligação são pressionadas uma contra a outra com uma pressão de compressão que é maior que a pressão por fricção. Pelo menos uma das peças de ligação é feita de ferro fundido com um grafite nodular (GJS).



PI0806611-6

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para "**METODO DE SOLDAGEM POR FRICÇÃO E PEÇA DE SOLDA POR FRICÇÃO**".

A presente invenção refere-se a um método de soldagem por fricção para a produção de uma peça de solda por fricção, na qual duas peças de ligação com superfícies de contato são colocadas em contato por meio de uma pressão por fricção, em que uma das peças de ligação se movimenta com relação à outra peça de ligação, em que um movimento relativo é desacelerado após um tempo de fricção, sendo que as peças de ligação são pressionadas uma contra a outra por meio de uma pressão de forja maior que a pressão por fricção, e em que pelo menos uma das peças de ligação é feita de ferro fundido com grafite esferóide (GJS).

Na construção de um veículo motorizado, as peças rotativas simétricas, ou seja, as peças tubulares ou cilíndricas, por exemplo, os eixos, as mangas de eixo ou outras peças de acionamento, são ligadas entre si por meio de soldagem por fricção. Neste processo, as peças a serem ligadas entre si são pressionadas umas às outras e colocadas em movimento relativo uma com relação à outra. O material se torna plástico em fusão devido ao calor da fricção em função do processo realizado. Durante a soldagem por fricção do ferro fundido com grafite esferóide, a estrutura de metal pode ser trocada na região de ligação. Primeiramente, os corpos de grafite atuam como um lubrificante e, portanto, produzem um calor de fricção insuficiente; em segundo lugar, a estrutura é trocada na região de ligação de tal modo que as propriedades mecânicas das peças que foram ligadas entre si sejam trocadas.

A Patente EP 273204 B1 apresenta um método de soldagem por fricção do tipo em questão. Neste método, a soldagem por fricção é utilizada para ligar um componente de aço a um outro componente de ferro fundido com grafite esferóide. O ferro fundido usado tem uma estrutura ferrítica constituída de 280 a 300 grãos de ferrita por $mm^2$. O objetivo deste método de ligação é impedir que o carbono em excesso do ferro fundido se difunda para o aço na região de ligação e, em primeiro lugar, impedir que a fusão seja pressionada para fora da região de forja com um teor de carbono au-

mentado mas, em segundo lugar, impedir que os corpos de grafite esferóide no ferro fundido sejam estirados em escamas. Isto é obtido ao se definir um tempo de fricção em aproximadamente 40 segundos, ao definir a pressão de forja em aproximadamente 87,72 kgf/cm$^2$ (86 bars) ou ao pré-tratar o ferro fundido em um conversor de magnésio.

Com base nesta técnica anterior, o objetivo da presente invenção é especificar um método de soldagem por fricção que possa ser utilizado de maneira tão reproduzível e econômica quanto possível em uma produção em série. O objetivo da presente invenção vem a ser, ainda, especificar uma peça de solda de fricção em cujo caso os valores de resistência à ruptura na região de ligação sejam maiores. Mudanças na estrutura resultantes de uma qualidade inferior devem ser evitadas. Deve ser possível dispensar o demorado tratamento a quente no estabelecimento de uma estrutura melhor no caso das ligações de ferro fundido com ferro fundido.

Este objetivo é obtido por meio de um método de soldagem por fricção para a produção de uma peça de metal ligada, no qual duas peças de ligação com superfícies de contato são colocadas em contato por meio de uma pressão por fricção, em uma das peças de ligação se movimenta com relação à outra peça de ligação, no qual o movimento relativo é desacelerado após um tempo de fricção e, no qual, durante um tempo de forja, as peças de ligação são pressionadas uma contra a outra por meio de uma pressão de forja maior que a pressão por fricção, em que pelo menos uma das peças de ligação é feita de ferro fundido com grafite esferóide (GJS), em que no máximo 20 % das esferulitas do ferro fundido com grafite esferóide são deformadas na região de ligação, e em que uma faixa de 30 a 90 % da estrutura do ferro fundido com grafite esferóide é perlítica.

Os desenvolvimentos preferidos da presente invenção se apresentam a partir das reivindicações dependentes.

É vantajoso que seja também possível fazer ligas de ferro fundido entre si com uma composição quase eutética. Isto é obtido quando pelo menos uma das peças de ligação feitas de ferro fundido com grafite esferóide é formada com uma composição que compreende 3,0 a 3,9 % em peso

de C e 2,0 a 3,2 % em peso de Si, com a estrutura sendo perlítica em uma faixa de 30 a 90 %. Isto é também obtido quando ambas as peças de ligação são feitas de ferro fundido com grafite esferóide (GJS).

Exemplos

Duas peças de teste tubulares com um diâmetro externo de 70 a 71 mm e uma espessura de parede de 10 a 11 mm são ligadas uma à outra utilizando um sistema de soldagem por fricção conhecido e sua resistência é testada em seguida. O tempo de fricção é de 10 a 20 segundos, a pressão por fricção é de 254,92 a 458,87 kgf/cm$^2$ (25 a 45 MPa), e a pressão de forja é de 1019,71 a 2243,37 kgf/cm$^2$ (100 a 220 MPa), dependendo do material emparelhado utilizado. Após a operação de soldagem por fricção, a ligação é encurtada em 3 a 6 mm. O encurtamento aumenta de acordo com o tempo de fricção. A resistência à ruptura na região de ligação é igual a ou maior que a resistência à ruptura das peças de teste utilizadas. Se duas peças de teste com diferentes composições e diferentes tensões são soldadas juntas, a resistência à ruptura na região de ligação após a soldagem se torna igual ou maior que a resistência à ruptura da peça de teste mais fraca. No caso de todas as ligações, o ponto de quebra não está na ligação soldada em si, mas sim no material de base. Foram usados os seguintes materiais como material de base: o S355 (St52), o S420, o GJS500, o GJS600, o SiboDur 450 e/ou o SiboDur 700. Aqui, os números dados representam a resistência à ruptura do material base em MPa. Neste caso, o SiboDur representa uma liga de ferro fundido com grafite esferóide com uma composição que compreende de 3,0 a 3,6 % em peso de C e 2,6 a 3,2 % em peso de Si, e com uma estrutura perlítica de 30 a 90 %. A ligação é considerada boa em termos de sua tecnologia de soldagem.

É aparente, a partir da figura 1, que podem ser obtidos valores ótimos para o alongamento na ruptura dependendo do grau de deformação das esferulitas. Durante a soldagem por fricção, as partículas de grafite esferóides no ferro fundido (as esferulitas) são deformadas para produzir elipsóides ou são achatadas pelo menos em determinadas regiões. O grau de deformação é medido como um percentual de partículas de grafite deformadas

na superfície de corte investigada. As peças de soldagem por fricção produzidas pelo presente método são observadas para a obtenção de valores de resistência ótimos quando no máximo 20 % das esferulitas são deformados.

A figura 2 mostra esquematicamente uma peça de soldagem por fricção feita de duas peças de ligação compostas de GJS com partículas de grafite esferoide deformadas e não deformadas. As partículas de gráfite esferoides da região de ligação são deformadas, no máximo, em 20 %, de preferência no máximo em 10 %, isto é, o formato se desvia do formato esferóide em, no máximo, 20%. Quanto mais partículas de grafite esferoide são deformadas na região de ligação de modo a formar escamas, mais fracas em valores de resistência as partículas se tornam na região de ligação.

Os experimentos mostram que podem ser obtidas ligações soldadas por fricção de alta resistência com as peças de teste feitas de ligas de ferro fundido com grafite esferóide. Os tempos de soldagem são bem inferiores a 30 segundos. A ligação soldada em si só atinge o fluxo de metal fundido e pode ser estabelecida de uma forma virtualmente sem respingo. Na região da costura de ligação, a estrutura na seção transversal de mancal de carga não é modificada de maneira adversa.

O método de soldagem por fricção pode ser usado na construção de veículos e máquinas, em suas peças de metal ligadas, como, por exemplo, as hastes, os eixos, ou tubos ou outras peças de acionamento, por exemplo, um cubo de roda ou manga de eixo. Os elementos transversais ou outras peças na fabricação de ferramentas podem também ser produzidas por meio do método de soldagem por fricção.

## REIVINDICAÇÕES

1. Método de soldagem por fricção para a produção de uma peça de metal ligada, no qual duas peças de ligação com superfícies de contato são colocadas em contato por meio de pressão por fricção, no qual uma das peças de ligação se movimenta com relação à outra peça de ligação, no qual o movimento relativo é desacelerado após um tempo de fricção, em que, durante um tempo de forja, as peças de ligação são pressionadas uma contra a outra por meio de uma pressão de forja maior que a pressão por fricção, e no qual pelo menos uma das peças de ligação é feita de ferro fundido com grafite esferóide (GJS), o método sendo caracterizado pelo fato de que, no máximo, 20 % das esferulitas do ferro fundido com grafite esferóide são deformadas na região de ligação, e pelo fato de que 30 a 90 % da estrutura do ferro fundido com grafite esferóide é perlítica.

2. Método de soldagem por fricção, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que pelo menos uma das peças de ligação é feita de ferro fundido com grafite esferóide com uma composição quase eutética, que compreende de 3,0 a 3,6 % em peso de C e de 2,6 a 3,2 % de Si, e com 30 a 90 % de estrutura perlítica.

3. Método de soldagem por fricção, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que pelo menos uma das peças de ligação é feita de aço com uma resistência ao escoamento mínima de 3.619,99 $kgf/cm^2$ (355 MPa).

4. Método de soldagem por fricção, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que ambas as peças de ligação são feitas de ferro fundido com grafite esferóide (GJS).

5. Método de soldagem por fricção, de acordo com pelo menos uma das reivindicações 1 a 4, caracterizado pelo fato de que o aquecimento indutivo é usado para manter a temperatura da peça de método ligada acima de 750° C durante e após o tempo de forja.

6. Método de soldagem por fricção, de acordo com pelo menos uma das reivindicações 1 a 5, caracterizado pelo fato de que a temperatura da peça de metal ligada é mantida acima de 750° C para um total de apro-

ximadamente 12 a 120 segundos durante e após o tempo de forja.

7. Método de soldagem por fricção, de acordo com pelo menos uma das reivindicações 1 a 6, caracterizado pelo fato de que o movimento relativo das peças de ligação é um movimento rotativo.

8. Método de soldagem por fricção, de acordo com pelo menos uma das reivindicações 1 a 7, caracterizado pelo fato de que pelo menos as superfícies de contato das peças de ligação têm um formato rotativo simétrico.

9. Peça de soldagem por fricção, como definida em pelo menos uma das reivindicações 1 a 8, caracterizada pelo fato de que a peça de metal ligada é incorporada como um tubo, uma haste, um eixo, um cubo de roda ou uma manga de eixo.

10. Peça de soldagem por fricção, de acordo com a reivindicação 9, caracterizada pelo fato de que a peça de metal ligada é incorporada como um componente na construção de veículos, na produção de ferramentas ou na fabricação de máquinas.

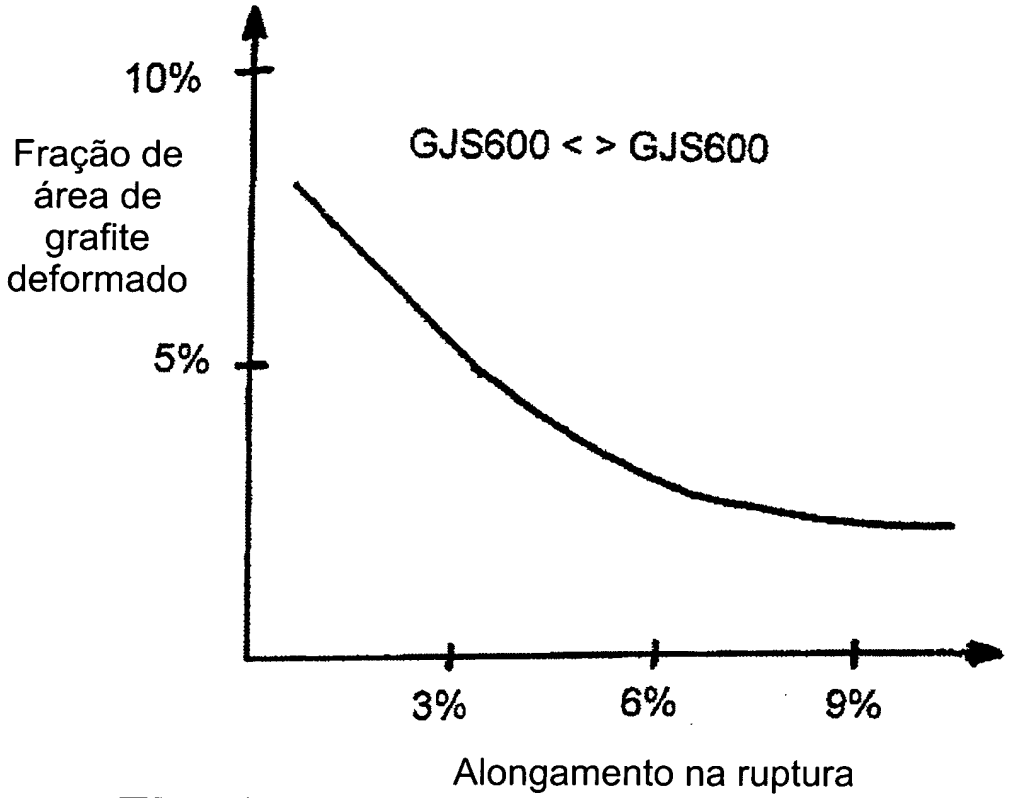

10%
Fração de área de grafite deformado
5%
GJS600 < > GJS600
3%
6%
9%
Alongamento na ruptura

Fig. 1

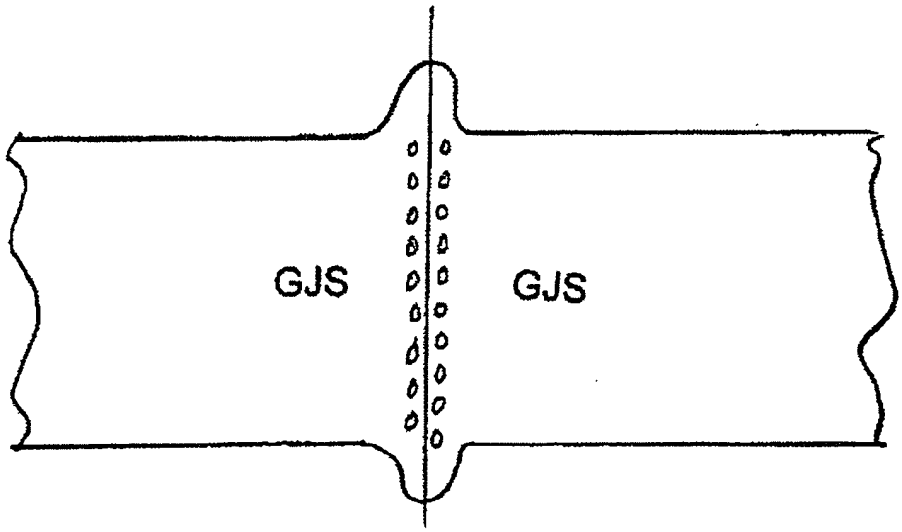

GJS
GJS

Fig. 2

PI 0806611-6

## RESUMO

Patente de Invenção: **"MÉTODO DE SOLDAGEM POR FRICÇÃO E PEÇA DE SOLDA POR FRICÇÃO".**

A presente invenção refere-se a um método de soldagem por fricção para a produção de uma liga de metal, no qual duas peças de ligação tendo superfícies de contato são colocadas em contato com pressão por fricção. Uma das peças de ligação se movimenta com relação à outra peça de ligação e, após um período de tempo de fricção, o movimento para. Durante um período de fricção, o movimento é interrompido. Durante um período de tempo de compressão, as peças de ligação são pressionadas uma contra a outra com uma pressão de compressão que é maior que a pressão por fricção. Pelo menos uma das peças de ligação é feita de ferro fundido com um grafite nodular (GJS).