

15º Congresso de Inovação, Ciência e Tecnologia do IFSP - 2024

PROJETO E FABRICAÇÃO DE UMA BASE PARA REALIZAÇÃO DE ENSAIOS DE SOLDAGEM POR FRICÇÃO E ATRITO.

MAIKE R. TOLEDO¹, FRANCISCO M. F. A. VARASQUIM², ALEXANDRE C. FAUSTINO³, ELI J. CRUZ JUNIOR⁴

¹ Graduando em Engenharia Mecânica, Bolsista FAPESP, IFSP, Campus Itapetininga, maike.rochel@aluno.ifsp.edu.br.

² Professor EBTT, IFSP, Campus Itapetininga, franciscomateus@ifsp.edu.br

³ Mestrando em Engenharia Mecânica, IFSP, Campus São Paulo, alexandre.faustino@ifsp.edu.br

⁴ Professor EBTT, IFSP, Campus Itapetininga, dacruz.elif@ifsp.edu.br

Área de conhecimento (Tabela CNPq): 3.05.05.05-4 - Processos de fabricação e seleção econômica

RESUMO: Este trabalho descreve o processo de fabricação de uma base de solda e seus acessórios que serão utilizados no método de soldagem por fricção e atrito (*Friction Stir Welding – FSW*) em chapas sobrepostas. Para se realizar o processo FSW é necessária uma boa fixação das chapas que são soldadas, o método de fixação é imprescindível para um bom controle das variáveis do processo, como o monitoramento da temperatura. A base foi projetada visando a possibilidade de execução de ensaios com diversas espessuras e largura de chapas, com como o controle da temperatura da base das chapas. A fabricação dos elementos envolveu processos de torneamento, fresamento, eletroerosão a fio, perfuração e rosqueamento, visando precisão dimensional. A base apresentou eficácia no travamento e permite monitorar a temperatura da face inferior das chapas, contribuindo para a otimização do processo. Além disso através dos rasgos dimensionados nos mordentes, a base de ensaio permite a variação dimensional dos corpos de prova, possibilitando uma melhor flexibilidade nos corpos que serão ensaiados.

PALAVRAS-CHAVE: Soldagem por fricção e atrito; fixação; monitoramento de temperatura; chapas metálicas.

DESIGN AND MANUFACTURING OF A BASE FOR FRICTION STIR WELDING TESTS.

ABSTRACT: This work describes a welding test fixture's manufacturing process and the accessories used friction stir welding (FSW) process. For the FSW process to be carried out, a good fixation of the specimen to be welded is necessary, and the fixation method is essential for reasonable control of the process variables, such as temperature monitoring. The fixture was designed with the possibility of carrying out tests with different thicknesses and widths of sheets, as well as the control of the base temperature of the sheets. The manufacturing of the elements involved turning, milling, wire electrical discharge machining, drilling, and threading processes, aiming at dimensional accuracy. The fixture proved effective in clamping and allowed monitoring of the temperature of the lower face of the sheets, contributing to the optimization of the process. In addition, through the dimensioned slots in the clamps, the test fixture allows the variation of the dimensions of the test specimens, enabling better flexibility in the samples that will be tested.

KEYWORDS: Friction stir Welding; fixation; temperature monitoring; sheet metal.

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos tem se intensificado os estudos acerca dos processos de soldagem, a busca por métodos capazes de unir materiais sem adição de peso a estrutura e que minimizam defeitos é de grande importância. Com isso o processo FSW surge como uma boa alternativa para união de chapas. Estudos como Rosa *et al.* (2023) abordam alguns parâmetros e varáveis do processo FSW para compreender como eles influenciam na geração de calor e nas características mecânicas e microestruturais dos materiais.

Mesmo sendo considerado um dos mais importantes desenvolvimentos de junção de metais nos últimos anos, poucos estudos nas universidades brasileiras têm se proposto a estudá-lo. Um dos motivos de tal se dá pela necessidade de um alto investimento para obtenção dos equipamentos específicos para soldagem FSW (Almeida, 2015).

O controle de diversos parâmetros no processo FSW é de grande importância, para isso se faz necessário a utilização de um equipamento capaz de prender as chapas durante toda soldagem. A etapa de fixação é de extrema importância, uma vez que a tendência é de que as chapas sejam afastadas entre si, principalmente na fase de penetração da ferramenta nas chapas (Kozminski, 2015).

Segundo Ferlin (2013), durante o processo FSW os corpos que serão unidos devem estar bem fixos, a fim de evitar problemas como empenamento e/ou escorregamentos ocasionados pelas forças envolvidas no processo.

Ao observar os fatos discorridos acima este trabalho tem como objetivo apresentar as etapas do processo de produção de uma base de solda para o processo FSW que será utilizada de maneira a suprir as necessidades citadas e viabilizar o controle de alguns parâmetros como angulação da ferramenta.

MATERIAL E MÉTODOS



Figura 1. Base de solda utilizada em pesquisas anteriores.

Em algumas pesquisas desenvolvidas anteriormente era utilizando a base apresentada na figura 1, essa base permite que a temperatura na parte de baixo das chapas seja monitorada em quatro pontos. Ela foi desenvolvida com uma angulação de 3º no local onde as chapas são posicionadas, assim quando a solda é feita em um CNC de três eixos o ângulo em que a ferramenta atua na chapa no eixo Z é o mesmo da base. Além das questões citadas, essa base limita os estudos em corpos de prova com uma largura máxima de 20 mm. Assim buscando melhorar essas limitações uma nova base foi produzida para aumentar as opções para soldagem FSW.

Para confeccionar a base de solda foi utilizado um cilindro maciço de metal com aproximadamente 195 mm de diâmetro e 39 mm de altura (Figura 2a). A partir do material base foi feito um projeto tridimensional no software Fusion 360, o projeto apresenta a estrutura da base de solda, seguindo uma construção capaz de abordar as necessidades da soldagem FSW (Figura 2b). Conforme a fabricação da base avançava pequenas adaptações eram feitas.

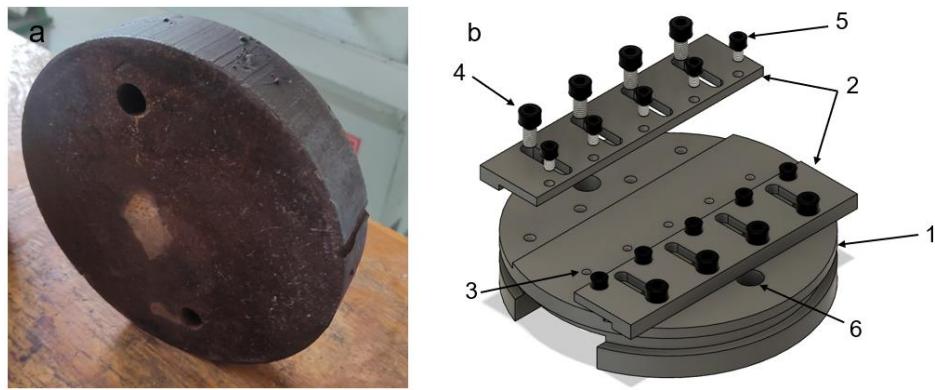


Figura 2. a) Material bruto. b) Projeto tridimensional da base de solda produzida.

Conforme apresentado na Figura 2b as partes principais que compõe a base são:

1) Base: Peça cilíndrica com 190 mm de diâmetro e 38 mm de altura, na região central e superior é onde ocorre o posicionamento e travamento das chapas que serão soldadas.

2) Mordentes: Peças responsáveis pelo travamento das chapas, deve evitar o deslocamento das chapas durante o processo de soldagem, possuem rasgos para serem fixadas na base por parafusos, o grande tamanho dos rasgos possibilita variação de posicionamento dos mordentes, com isso é possível soldar chapas com diferentes dimensões.

3) Furo de sensor: Cinco furos M6 x 1,00 mm, posicionados no eixo central da base, nele serão fixados termopares do tipo K para monitoramento da temperatura na face inferior das chapas durante o processo de soldagem.

4) Parafusos M8: Linha de parafusos M8 x 1,25 mm, são quatro presentes em ambos os lados, são responsáveis pelo aperto nos mordentes fazendo com que eles apliquem compressão nas chapas.

5) Parafusos M6: Linha de 5 parafusos M6 x 1,00 mm, posicionados na ponta dos mordentes, servem para aperto extra nas chapas para não permitir deslocamento.

6) Furo de travamento: Furo passante utilizado para travar a base de solda em uma máquina CNC onde será realizada a soldagem.

PROCESSO DE FABRICAÇÃO:

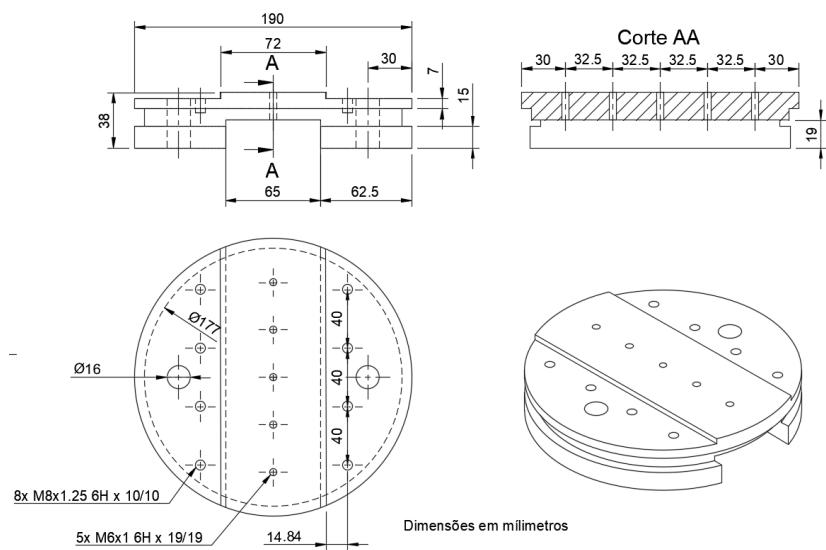


Figura 3. Dimensões da base de solda.

A fabricação iniciou com a remoção da oxidação superficial que havia em todo material, esse processo foi feito em um torno MAGNUT-CUT, foi necessário apenas um pequeno desbaste para que toda oxidação fosse removida.

Em seguida a peça foi fixada em uma fressadora vertical da VEKER, para ser feito um rasgo no eixo da peça na parte inferior. O rasgo possui 65 mm de largura e 19 mm de profundidade, foi feito para que os fios dos termopares fossem arranjados de maneira a não serem esmagados pela base. A espessura da região superior ao rasgo ficou com 19 mm, suficiente para que os sensores de temperatura apenas se aproximem da face inferior das chapas. (Figura 3)

No eixo do rasgo (32,5 mm), com uma broca de centro foi traçada uma linha para demarcar o local onde deveriam ser feitos os furos de fixação dos termopares. Outras cinco linhas perpendiculares à central foram feitas com um espaçamento de 32,5 mm (Figura 3 – Corte AA) para marcar o centro dos furos onde são posicionados os sensores. Com a posição dos furos devidamente marcados as cinco perfurações foram realizadas com uma broca com 5,5 mm de diâmetro.

Os termopares a serem utilizados são fixados através de rosca M6 x 1,00 mm, com isso, utilizando um macho manual para fazer rosca e seguindo as especificações necessárias do termopar foram feitas cinco roscas passantes nos furos. Todas as roscas apresentaram aperto adequado do termopar (Figura 4).

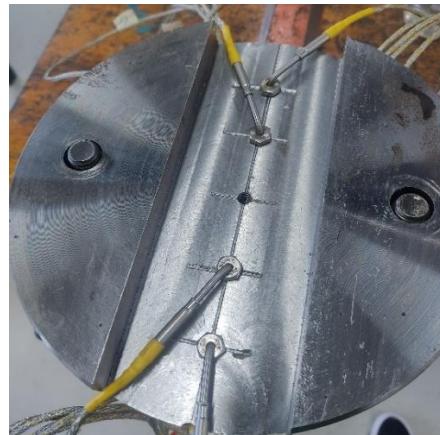


Figura 4. Fixação dos termopares na parte inferior da base.

Para reduzir o peso da base e adicionar opções para que ela possa ser presa em centros de usinagem para processos futuros, foi feito um rasgo na lateral da base, de volta ao torno esse rasgo foi feito utilizando uma ferramenta aguda de metal duro, a escolha desse material de ferramenta se deu devida elevada dureza superficial do material da base de solda não possibilitando a utilização de ferramentas de aço rápido. Como a ferramenta inicial deixou as laterais do rasgo com uma leva angulação foi utilizado um bedame de metal duro para deixá-los plano.

Uma das últimas etapas da produção da base consistiu em fazer rebaixos de 4 mm nas laterais da região superior, de maneira que na região dos furos dos sensores ficasse um ressalto com 70 mm de largura. Esse processo foi feito em um centro de usinagem CNC da VEKER para uma maior precisão dimensional, já que essa região é muito importante para o travamento dos corpos de prova.

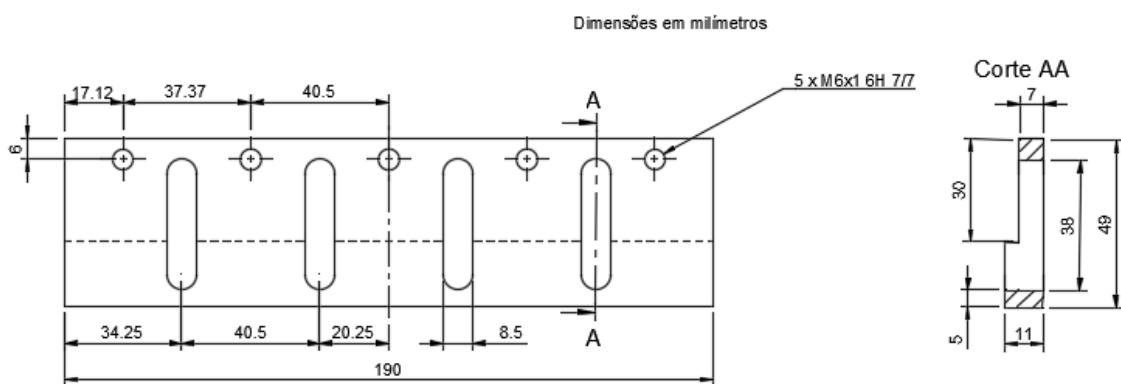


Figura 5. Dimensões do mordente.

Partindo para os mordentes uma grande barra de metal foi cortada em uma serra fita horizontal, a peça cortada ficou com 190 mm de comprimento, 49 mm de largura e 22 mm de espessura. Com essa peça foi produzido os mordentes para os dois lados da base. O material foi preso na fresadora vertical para ser faceado, de maneira a remover imperfeições e regularizar a superfície.

Em uma eletroerosão a fio a peça foi seccionada em dois em sua espessura, assim cada peça ficou dimensionada com aproximadamente 11 mm. As duas chapas foram posicionadas na fresadora vertical para se fazer um rebaixo de 30 mm de largura com 4 mm de profundidade, com isso elas poderão ser posicionadas sobre o ressalto da base (Figura 5).

Para possibilitar uma certa articulação aos mordentes e viabilizar uma variação na largura dos corpos de prova que serão unidos foram fabricados quatro rasgos em ambos os mordentes. Os rasgos foram feitos no centro de usinagem CNC por necessitarem de determinada precisão. Após esse processo foi realizado no rebaixo superior da base quatro furações e rosqueamento para a inserção de parafusos M8 x 1,25 mm responsáveis pelo aperto dos mordentes, juntamente cinco furos M6 x 1,00 mm foram fabricados na ponta dos mordentes para colocar parafusos responsáveis por um aperto extra nas chapas.

Para encerrar o processo de fabricação da base e demais componentes todas as roscas de perto foram testadas e como nenhuma apresentou problemas, pôr fim a última etapa que se trata da pintura. A base e os mordentes foram pintados na cor preta afim de evitar oxidações que rapidamente estavam se formando por todo corpo da peça (Figura 6).



Figura 6. Base de solda concluída.

CONCLUSÕES

A base de ensaios apresentou um bom desempenho no travamento das chapas. Da maneira que foi construída é possível ensaiar peças com comprimento máximo de 180 mm, e larguras que variam de no mínimo 20 mm e máximo 50 mm possibilitando estudos com variação no diâmetro da ferramenta de solda. A região onde as chapas são presas não possui nenhuma angulação, então é necessário um centro de usinagem 5 eixo para poder variar o ângulo de penetração da ferramenta.

Com essa área de solda maior será possível obter corpos de prova para ensaios mecânicos. O dispositivo possibilita alternar a configuração de soldagem entre juntas sobrepostas e de topo e com o posicionamento dos termopares será possível obter um perfil de aquecimento e arrefecimento das chapas durante o processo.

CONTRIBUIÇÕES DOS AUTORES

M. R. T. trabalhou em todas as etapas do trabalho. F. M. F. A. V. orientou o bolsista em todas as etapas do trabalho. A. C. F. auxiliou nos processos de fabricação realizados para confecção da base de ensaios. E. J. C. J. auxiliou no projeto dos dispositivos de fixação da base.

Todos os autores contribuíram com a revisão do trabalho e aprovaram a versão submetida.

AGRADECIMENTOS

Os autores desse trabalho agradecem a FAPESP pelo financiamento do projeto e pela bolsa de IC. Ao IFSP campus Itapetininga pela infraestrutura cedida para realização dos ensaios.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Diego Tolloti de. **Análise microestrutural e avaliação mecânica de juntas soldadas por fricção e mistura mecânica (FSW) da liga de alumínio 5182-O.** 2015. 120 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015.

FERLIN, Amadeu Soares. **Monitoramento do processo de junção por Friction Stir Welding para detecção de falhas.** 2013. 109 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia, Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinsa, 2013.

KHAJEH, Rasoul *et al.* Microstructure, mechanical and electrical properties of dissimilar friction stir welded 2024 aluminum alloy and copper joints. **Journal Of Materials Research And Technology**, [S.L.], v. 14, p. 1945-1957, set. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jmrt.2021.07.058>.

KOZMINSKI, Emilia Lucena de Oliveira. **Análise microestrutural e avaliação mecânica de juntas soldadas por fricção e mistura mecânica (FSW) do aço inoxidável dúplex UNS S31803.** 2015. 113 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015.

ROSA, Renato F.; ALMEIDA, Italo O.; VARASQUIM, Francisco M. F. A.; C. JUNIOR, Eli J.; COUTO, Antônio A.; SANTOS, Vinicius T.; SILVA, Márcio R.; NAKAMOTO, Francisco Y.SANTOS, Givanildo A.. Analysis of the Influence Of Friction Stir Welding on the Microstructure and Mechanical Properties of Alloy UNS-C27200 (CU-ZN). **Materials Research**, [S.L.], v. 26, n. 1, p. 1-7, maio 2023. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/1980-5373-mr-2022-0581>.