

Projeto e fabricação de célula de carga com sistema embarcado sem fio para monitoramento do sinal aplicado ao processo de soldagem especial “*Friction Stir Welding*”

Lucas Alves do Nascimento¹, eng.lucasalves@gmail.com
Louriel O. Vilarinho¹, vilarinho@mecanica.com.br
Thiago R. Larquer², thiagolarquer@gmail.com

Resumo

O presente trabalho propõe desenvolver o projeto e a fabricação de baixo custo de uma célula de carga para envio de sinais de força e torque por meio de um sistema embarcado sem fio para um ambiente independente de visualização dos dados.

O processo de soldagem por fricção “Friction Stir Welding (FSW)” é uma técnica relativamente nova, inventada em 1991 pelo The Welding Institute (TWI) na Inglaterra, sendo possível unir diferentes materiais de baixa dureza (plásticos, alumínio entre outros) rotacionando uma ferramenta específica, composta de aço rápido, entre as juntas.

Devido às várias características geométricas da ferramenta, o movimento de material ao redor do pino pode ser complexo, com gradientes de pressão, temperatura, e taxa de deformação. Para controlar estes parâmetros é necessário mensurar as forças e torques atuantes nas juntas das peças.

A opção tecnologicamente mais interessante para se medir estes parâmetros é através de uma célula de carga rotativa, solidário ao eixo de uma fresadora, que transmite os sinais de força e torque (baseados no uso de extensometria), através de um sistema embarcado sem fio para monitoramento do sinal, ou seja, a célula de carga e a transmissão sem fio de sinais elétricos dos extensômetros, acoplados em locais estratégicos deste equipamento, são peças chaves do projeto proposto.

Palavras chave: Célula de Carga, Embarcado, Sem fio, Soldagem

1. INTRODUÇÃO

O processo de soldagem por fricção “*Friction Stir Welding (FSW)*” é uma técnica relativamente nova, inventada em 1991 pelo *The Welding Institute (TWI)* na Inglaterra, sendo possível unir diferentes materiais de baixa dureza (plásticos, alumínio entre outros) rotacionando uma ferramenta específica, composta de aço rápido, entre as juntas da futura união (RAJIV, MURRAY, 2007). A Figura 1 ilustra o processo.

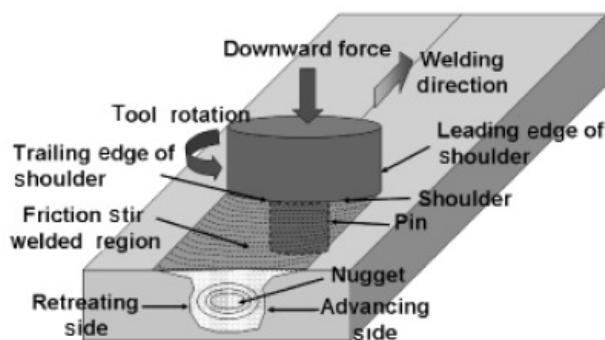


Figura 1 – Desenho esquemático do processo de soldagem “*Friction Stir Welding*”.

Esta ferramenta em movimento girante é pressionada com certa força entre as juntas das peças a serem unidas até atingir a profundidade desejada. Depois de atingir a profundidade desejada a ferramenta gira e pressiona a peça durante um determinado tempo para amolecer o material, e logo após, translada sobre a peça para a formação do cordão.

A ferramenta possui três funções principais: o aquecimento da peça de trabalho, o movimento de material para produzir o conjunto, e de contenção do metal quente abaixo do ombro ferramenta.

O aquecimento é criado dentro da peça de trabalho, tanto por fricção entre o eixo da ferramenta rotativa e o ombro e por deformação plástica severa da peça de trabalho. O aquecimento localizado amolece o material em torno do pino da ferramenta e, combinado com a rotação da ferramenta e translação, conduz o movimento do material localizado

na frente para a parte de trás do pino, enchendo assim o orifício, e na sequência a ferramenta se desloca para frente repetindo o processo.

Estas ferramentas possuem a sua vida útil reduzida devido ao alto calor produzido durante a execução do processo de soldagem, fazendo com que a ferramenta em uso perca suas propriedades mecânicas, se tornando inutilizável. A soldagem de aços se torna praticamente inviável, pois, estas ferramentas duram apenas poucos metros de soldagem. Portanto, o estudo dos materiais e geometria que compõem estas ferramentas é de extrema importância para o avanço tecnológico do processo. Desta forma, fica demonstrado o grande impacto tecnológico do presente plano de trabalho.

Devido às várias características geométricas da ferramenta, o movimento de material ao redor do pino pode ser complexo, com gradientes de pressão, temperatura, e taxa de deformação. Para controlar estes parâmetros é necessário mensurar as forças e torques atuantes nas junções das peças a serem unidas.

Assim, fica evidenciado que, dentre os parâmetros mais importantes do estudo deste processo especial de soldagem, está o monitoramento das forças e torque do sistema, pois estes são utilizados como referência para toda a simulação física.

A opção tecnologicamente mais interessante para se medir estes parâmetros é através de uma célula de carga rotativa, solidário ao eixo de uma fresadora, que transmite os sinais de força e torque (baseados no uso de extensometria), através de um sistema embarcado sem fio para monitoramento do sinal, ou seja, a célula de carga e a transmissão sem fio de sinais elétricos dos extensômetros, acoplados em locais estratégicos deste equipamento, são peças chaves do projeto proposto.

Fisicamente a célula de carga pode ser composta de duas placas redondas paralelas unidas por hastes transversais, sendo todas móveis (Figura 2).

Esse dispositivo em rotação ou estático aliado a um sistema de aquisição de sinal elétrico que envia os sinais sem fio e assistido por um software independente que converte em dados de força e torque, não possui investimento em âmbitos nacionais. As células de cargas existentes hoje no mercado internacional são de elevado custo, e não possuem as características necessárias para determinadas aplicações específicas, compondo assim a etapa crítica do projeto.

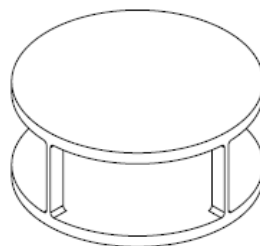


Figura 2 – Proposição de construção da célula de carga.

Com base nos requisitos apresentados para a simulação física (real), será utilizado um ambiente de simulação composto por uma fresadora (Figura 4) com função de suporte e movimentação, onde serão colocadas as juntas a serem soldadas e, no eixo árvore, será fixada a célula de carga com movimentação espacial (3 graus de liberdade) e rotativo. No lado inferior da célula de carga será acoplada a ferramenta de aço rápido, utilizada neste tipo de processo de soldagem, para unir os materiais.

A máquina aproximará a ferramenta de aço rápido até as peças a serem unidas, quando houver o contato entre a ferramenta e as juntas a serem soldadas (trigger), o equipamento deve ser capaz de controlar a força de perfuração de modo a não deslizar a ferramenta no interior do material. Após o contato entre ferramenta e as juntas o equipamento deve ser capaz de quantificar a penetração da ferramenta no interior das juntas (diretamente ou indiretamente) e manter a ferramenta girando em um mesmo ponto, por um determinado tempo, antes de iniciar a trajetória pré-programada no supervisor. O sistema deverá levantar a ponta da ferramenta ao término da solda. O sistema também deve ser capaz de controlar o aquecimento/amolecimento do material por meio do controle da rotação (em rpm) e a velocidade de avanço da ferramenta sob a peça.

Todo este processo automatizado será supervisionado por uma central (Figura 3) que recebe os parâmetros de força e torque de uma célula de carga. Não será necessário a utilização de um anel deslizante (slip ring) acoplada a célula de carga para garantir o contato elétrico entre os sinais provindos dos extensômetros e o sistema de aquisição de sinais, uma vez que, o sinal será enviado sem fio. Este recurso técnico permite economizar na fabricação da célula de carga, pois, o anel deslizante também é relativamente oneroso (aproximadamente \$4000 “dólares”). A Figura 3 mostra o fluxograma do projeto.

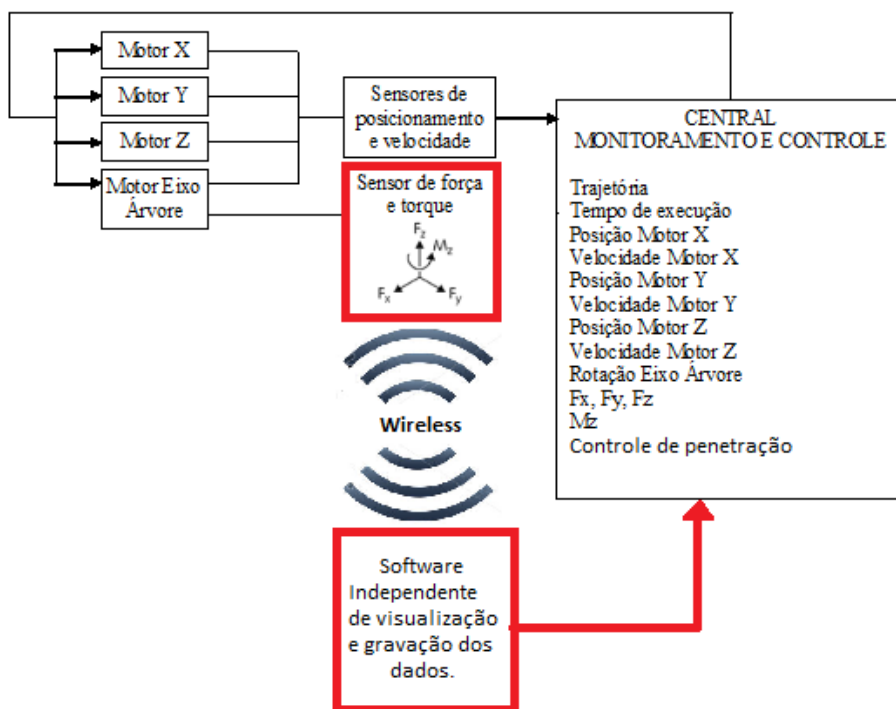


Figura 3 – Diagrama de fluxo do equipamento.



Figura 4 – Detalhe da máquina que será adaptada futuramente para a realização do processo.

2. Objetivos

O presente trabalho propõe desenvolver o projeto e a fabricação de baixo custo de uma célula de carga para envio de sinais de força e torque por meio de um sistema embarcado sem fio para um ambiente independente de visualização dos dados.

Devido a diversificação de protocolos de comunicação utilizados em plantas industriais, o sistema de envio dos sinais será desenvolvido de forma a flexibilizar futuramente a implementação de novos módulos para a conversão da topologia de comunicação (ex. módulos de conversão Wi-fi para TCP/IP, TCP/IP para profibus e etc.). Assim, será possível compilar o protocolo de comunicação utilizado pela célula de carga fabricada em protocolos exigidos em cada planta industrial. Esta flexibilização permitirá a integração do sensor com os diversos sistemas de retroalimentação e controle e sistemas de supervisão em plantas industriais, que porventura utilizam protocolos diferentes da desenvolvida nesta pesquisa.

Ao final da pesquisa espera-se tecnologicamente que a célula de carga desenvolvida para realizar mensuração e transmissão de força e torque, tenha-se aproximado dos resultados reais esperados e, desta forma, tenha contribuído para o desenvolvimento de novas tecnologias nacionais que poderão ser utilizada nos diversos setores industriais (Mineração, Óleo e gás, papel celulose entre outros).

2.1. Justificativa

A necessidade por parte das empresas e indústrias do setor de Mineração e de Óleo e Gás de reduzir custos e elevar a produtividade tem feito as mesmas a implantar inovações, aliadas entre outras a um controle rígido dos parâmetros que envolvem a produção. Atualmente, sistemas baseados em células de cargas como este que medem e retornam determinados dados ao usuário, possui custo relativamente alto, avaliado em mais de R\$ 130.000,00.

Devido a soldagem ser um processo especial de fabricação, ou seja, que não pode ser completamente analisado contra defeitos após a sua finalização, sendo sugerido pela ISO 3834 medidas para garantir a qualidade da mesma, se faz necessário o monitoramento de parâmetros que tecnologicamente é requerida pela norma ISSO 17662:2005. Portanto, o desenvolvimento de célula de carga embarcada e que consiga enviar os sinais sem fio a um software independente, eliminando assim cabos que por ventura podem interferir no sinal real (perdas e interferências) é um passo importante para a instrumentação em soldagem que utilizam dados provindo de células de cargas para inspeções (“*Friction Stir Welding*”) e outras diversas aplicações em soldagem (determinação de deformação e tensões e etc.).

A maioria dos softwares de aquisição de dados existentes no mercado são onerosos, além disto, a falta de precisão levam as indústrias a contratar mão de obra especializada para fazer a calibração de sistemas específicos em conjunto ao software, o que justifica o desenvolvimento desta tecnologia.

Nesta pesquisa a célula de carga desenvolvida será projetada para ser utilizada no processo de soldagem especial denominado “*Friction Stir Welding*”. Desde que as cargas máximas especificadas pelo sensor sejam respeitadas e algumas adaptações de acoplamento entre célula de carga e interfaces vizinhas ao equipamento sejam implementadas, nada impede que a tecnologia da célula de carga desenvolvida seja utilizada em outras aplicações, tais como exemplo, para solucionar problemas em células de cargas posicionadas em cilos que armazenam materiais à altas temperaturas e que estão alocadas em locais de difícil acesso. No caso dos cilos os materiais em altas temperaturas (aproximadamente 800°C ou mais) podem acidentalmente cair no cabeamento físico (que transmite o sinal da célula para o PLC mais próximo), danificando-o. Consequentemente, a célula de carga se torna inutilizada devido ao impedimento de emendar cabos nesta situação, pois, os sinais passam a ser não confiáveis (perda de sinal por uma emenda mal feita), causando assim a parada de produção e troca da célula de carga, gerando grandes prejuízos.

Desta forma, a principal justificativa para se realizar esta pesquisa é de se obter ao final dados concretos com valores muito próximos ao da realidade utilizando um sistema de baixo custo (célula de carga e transmissão sem fio de sinal) e um ambiente computacional independente e flexível para visualização dos dados (computadores, palm tops, entre outros).

2.2. Metodologia

Deve-se iniciar com uma revisão da literatura para verificar possíveis desenvolvimentos relacionados e outras normas pertinentes, passando em seguida para estudos de sensores/instrumentação, projeto, construção e avaliação da célula de carga.

Embora a metodologia proposta seja simplista, ela somente poderá ser melhorada a partir do estudo dos sistemas envolvidos no projeto, construção e avaliação da célula de carga para verificar a abordagem mais adequada para escolha dos sensores/instrumentação.

A metodologia do plano de trabalho será balizada pelas seguintes diretivas:

- Construção de uma célula de carga (projeto mecânico e eletrônico) utilizando dispositivos eletrônicos (extensometria), alojados estrategicamente neste de maneira que aumente a sensibilidade do aparelho, auxiliando na calibração do equipamento.
- Realizar o acoplamento da célula de carga e placas de circuito impresso, utilizando um artifício para amortecer/equilibrar as vibrações dos dispositivos eletrônicos em rotação.
- Construção do sistema de alimentação simétrica que atenda a demanda do sistema em desenvolvimento.
- Implementação de uma interface que faça a aquisição do sinal e o encaminhe sem fio para um programa independente e que tenha possibilidade integração com uma unidade central desenvolvida em LabView® e que utiliza hardware da National Instruments®.
- Calibração estática e dinâmica da célula de carga relacionando tensão x força, tensão x torque.
- Implementação do software ambiente para mostrar em tela os dados coletados.

De forma mais específica e de acordo com a metodologia descrita, as etapas de desenvolvimento são listadas a seguir.

- Etapa 1: Revisão Bibliográfica;
- Etapa 2: Projeto Estrutural da Célula de Carga: Estudo da geometria aplicada, viabilidade de incorporar forças de avanço e desenvolvimento do projeto mecânico, além da simulação de deformações máximas na célula de carga projetada para validação do projeto mecânico e estudo da alocação dos extensômetros;
- Etapa 3: Projeto Elétrico-Eletrônico da Célula de Carga: Estudo do funcionamento das fontes simétricas e das características das pontes de Wheatstone, em conjunto da demanda do sistema para a implementação do sistema de alimentação e proteção da bateria. Estudo/escolha da transmissão sem fio e realização de Benchmarking e projeto da interface de tratamento do sinal elétrico em conjunto com o módulo de transmissão sem fio;
- Etapa 4: Construção da Célula de Carga: Usinagem da célula de carga e Fabricação do sistema de alimentação e proteção da bateria para o sistema (extensometria). Construção e montagem da célula de carga juntamente com as resistências variáveis, ou seja, os extensômetros (strain gages). Fabricação do sistema de tratamento do sinal elétrico e módulo de transmissão sem fio, com montagem das placas eletrônicas na célula de carga;
- Etapa 5: Desenvolvimento do Software: Implementação do software que irá converter o sinal elétrico em dados concretos para o usuário;
- Etapa 6: Calibrações e Avaliação de Funcionamento: Calibrações estática e dinâmica de todo o conjunto da célula de carga e teste em campo.

3. REFERÊNCIAS

RAJIV S. M., MURRAY W. M., Friction Stir Welding and Processing editors, p 1-5, 2007

4. BIBLIOGRAFIA A SER UTILIZADA AO LONGO DO PLANO DE TRABALHO

- JOHNSON, C. D. Controle de processos: tecnologia da instrumentação. Trad. Maria Eugénia S. Fronteira e Silva. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1990. 3.ed.
- MALVINO, Albert Paul. Eletrônica. Trad. Aracy Mendes da Costa. São Paulo: McGraw-Hill, 1987. 1.ed. (Trad. de Electronic principles)
- ROBERT L. BOYLESTAD Dispositivos Eletrônicos e teoria de circuitos elétricos . Louis Nashelsky Prentice-hall do Brasil, 1994. 8.ed.
- SIGHIERI, Luciano, NISHINARI, Akiyoshi. Controle automático de processos industriais instrumentação. São Paulo: Edgard Blücher, 1990. 2.ed.
- TOCCI, Ronald J. Sistemas digitais princípios e aplicações. Trad. Nery Machado Filho, Wilson Alonso Dias Júnior, César Augusto Comerl Etapa. Rio de Janeiro: Prentice-hall do Brasil, 1994. 5.ed. (original em inglês)
- VILARINHO, L. O.; NASCIMENTO, L. A.; LARQUER, T. R., Proposição de ensaio simulativo para avaliação da qualidade final de depósito brasado. IN: VII Conferência de estudos em engenharia elétrica, 2009, Uberlândia.
- NASCIMENTO, L. A.; VILARINHO, L. O.; VILARINHO, L. O.; desenvolvimento de um dinamômetro para medição de esforços de torção e força axial em ensaio de depósito brasado. IN: 7º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE FABRICAÇÃO 2013, PENEDO, ITATIAIA RJ

4. RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES

Os autores são os únicos responsáveis pelas informações incluídas neste trabalho.