

CARACTERIZAÇÃO DO PROCESSO DE MANUFATURA APLICADO AO PROJETO BAJA SAE BRASIL

RAIMUNDO ANDERSON CARVALHO MEIRELES^{1*}, ARIELLY ASSUNÇÃO PEREIRA²
LUCAS LOBATO STEFFEN³; RAMON SILVA DA COSTA⁴; SERGIO LUIZ MATOS DACRUZ⁵

¹ Aluno de graduação em Engenharia Mecânica - Faculdade Estácio de Belém, Belém-PA,
anderson3224@hotmail.com;

² Msc. Professora em Engenharia Mecânica, Faculdade Estácio de Belém, Belém-PA,
arielly.pereira@live.estacio.br;

³ Aluno de graduação em Engenharia Mecânica - Faculdade Estácio de Belém, Belém-PA,
lucas.l.steffen@gmail.com;

⁴ Aluno de graduação em Engenharia Mecânica - Faculdade Estácio de Belém, Belém-PA,
ramon_silvasilva@hotmail.com;

⁵ Msc. Professor em Engenharia Mecânica - Faculdade Estácio de Belém, Belém-PA, sergio.cruz@live.estacio.br

Apresentado no
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC'2017
8 a 11 de agosto de 2017 – Belém-PA, Brasil

RESUMO: O desafio aceito pela equipe Jambu Racing de construir um veículo off road para participar da 23ª Competição Baja SAE Brasil alcançou o sucesso esperado, as técnicas de fabricação, as metodologias de projeto empregado e a interação com outras equipes participantes puderam motivar alunos da própria Faculdade Estácio de Belém e também alunos de outras faculdades do Pará, de que é possível desenvolver o potencial do aluno através de projetos de extensão como este. O projeto exige uma estrutura tubular de material resistente que possa proteger o piloto e demais competidores, seguindo as regras do regulamento da competição o material selecionado foi o Aço SAE 1020 por ser de baixo custo e fácil disponibilidade no mercado e também boa usinabilidade. O processo de fabricação do chassi consistiu em várias etapas, as principais foram usinagem e Soldagem dos tubos. Na usinagem realizou os cortes dos tubos na fresadora para obter o encaixe perfeito dos tubos com isso o tempo é reduzido. Já na soldagem optou-se pelo processo de eletrodos revestidos, por ser de baixo custo, disponibilidade do equipamento e atender os procedimentos de soldagem. Alguns problemas surgiram na manufatura, como distorções e tensões residuais, mas para diminuir a incidência dessas descontinuidades a equipe fez uso de gabaritos no posicionamento dos tubos da estrutura ao executar os cordões de solda.

PALAVRAS-CHAVE: Projeto e Fabricação do chassi, Soldagem, Eletrodo Revestido.

CHARACTERIZATION OF THE MANUFACTURING PROCESS APPLIED TO THE BAJA SAE BRAZIL PROJECT

ABSTRACT: The challenge accepted by the Jambu Racing team to build an off road vehicle to participate in the 23rd Baja SAE Brazil Competition achieved the expected success, manufacturing techniques, employee design methodologies and interaction with other participating teams were able to motivate students from Estácio College itself of Belém and also students from other colleges in Pará, that it is possible to develop the potential of the student through extension projects like this one. The design requires a tubular structure of resistant material that can protect the pilot and other competitors, following the rules of the competition regulations, the selected material was SAE 1020 Steel because it is low cost and easy to market and also good machinability. The manufacturing process of the chassis consisted of several stages, the main ones were machining and welding of the tubes. In the machining the cuts of the tubes in the milling machine were realized to obtain the perfect fit of the tubes with that the time is reduced. Already in the welding the process of coated electrodes was chosen, being of low cost, availability of the equipment and to attend the welding procedures. Some problems have arisen in manufacturing, such as distortions and residual stresses, but to reduce

the incidence of these discontinuities the team made use of jigs in positioning the structure tubes while executing the weld bead.

KEYWORDS: Chassis Design and Fabrication, Welding, Coated Electrode.

INTRODUÇÃO

A competição Baja SAE é uma competição internacional promovida pela SAE –que possui etapas nacionais, no Brasil já se encontra em sua 24ª edição realizada entre os dias 8 a 12 de março de 2017 é um desafio lançado à apenas alunos de graduação sob a supervisão de professores orientadores, é projetado e construído um veículo tipo off road, onde várias universidades e faculdades do Brasil competem com intuito de obter, aprimorar ou aperfeiçoar conhecimento na área automobilista. O desafio vem ganhando cada vez mais adeptos e a equipe Jambu Racing da Faculdade Estácio de Belém é uma das estreadas, o regulamento estabelece um motor padrão a todas as equipes e limites nas dimensões da estrutura bem como deve possuir resistência mecânica que garanta a segurança do piloto e demais membros do evento, com isso o projeto é pensado em construir o melhor sistema de transmissão, freio, suspensão, direção e estrutura. Visando segurança, desempenho e custo, a estrutura tubular deve possuir o menor peso possível e um dos métodos pra alcançar esses objetivos deve-se selecionar um procedimento de soldagem que atenda esse requisito. Conforme Machado (1996), a escolha do processo e procedimento de soldagem requer a análise de vários parâmetros a fim de obter as propriedades mecânicas e metalúrgicas do cordão de solda igual ou superior ao metal de base, como produtividade, tipo e espessura do material a ser soldado, necessidade de confeccionar chanfro, tipo de consumível, energia de soldagem e disponibilidade de equipamentos. Esse trabalho visa expor as dificuldades e desafios encontrados na manufatura de um protótipo mini baja e as soluções encontradas para concluir o projeto com sucesso.

MATERIAIS E MÉTODOS

O desafio proposto com o projeto baja SAE Brasil vai além de o aluno adquirir habilidades em gerenciamento de projetos, é preciso integração das várias áreas de conhecimento adquirida ao longo da vida acadêmica e aplicar esses conhecimentos em uma das áreas da engenharia automobilística. Após a concepção do projeto estrutural do chassi do mini baja ser finalizado o próximo passo foi a construção do chassi, nessa etapa de fabricação surgiu mais um desafio à equipe Jambu Racing, sem experiências em processos e métodos de fabricação, para obter os resultados proposto no projeto elaborou-se procedimentos de soldagem, este foi o principal método de fabricação empregado no chassi, obedecendo as normas American Welding Society (AWS) e NBR 10516 - define as terminologia dos consumíveis empregado na soldagem.

O chassi do mini baja deve ser robusto, eficiente, atrativo do ponto de vista comercial e oferecer segurança ao piloto e aos demais competidores, para isso ele segue um rígido regulamento com diversas características que deve ser incorporado no projeto. Projetado em estrutura tubular em aço AISI 1020 com limite de escoamento de 210 Mpa, atende-se os principais requisitos do projeto como: resistência mecânica, boa soldabilidade, preço acessível e disponibilidade no mercado. Conseguir a união dos tubos da gaiola e garantir as propriedades mecânicas e metalúrgicas do projeto para resistir aos esforços das provas estáticas e dinâmicas, bem como garantir a segurança do piloto e membros do evento é uma tarefa árdua e necessária.

A definição do processo de soldagem por eletrodo revestido deveu-se pela disponibilidade deste equipamento no laboratório da Faculdade Estácio de Belém e também o formato e material da estrutura. Após estabelecer o processo na fabricação a etapa seguinte selecionou-se o tipo de eletrodo. O chassi possui pontos de união de tubos de difícil acesso e por isso o processo necessita de atendimento a várias posições de soldagem, principalmente a horizontal (2G) e circunferencial (5G). A tubulação por possuir diâmetro externo de 1 ¼” e espessura de parede de 2 mm optou-se por não chanfrar os tubos e aproximá-los ao máximo, pois esperava obter uma penetração parcial da solda para evitar furos na região de aplicação do cordão de solda. Também houve a necessidade de aplicar o mínimo possível de energia de soldagem para evitar distorções (deformação plástica sofrido pela estrutura na aplicação de calor localizado durante a soldagem) nos tubos, esse problema certamente prejudicaria posteriormente a instalação dos principais sistemas de transmissão, suspensão e direção, no entanto, a diminuição dessa energia estimula a eclosão de descontinuidades no cordão de solda, como exemplo a falta de fusão do metal de base, por isso a equipe realizou vários testes práticos

utilizando eletrodo E6013 de 2,5 mm de diâmetro e aplicando a equação 1 descrita por Machado (1996) chega-se a uma energia de $E=42625 \text{ J/mm}$.

$$E = \frac{U \cdot I}{V} \cdot \eta \quad (\text{Equação 1})$$

Onde U é a tensão elétrica de soldagem (V), I é a corrente de soldagem (A), V é a velocidade de soldagem (mm/s) e η é o rendimento do eletrodo de 93%.

A alta energia de soldagem também provoca pontos de concentração de tensões residuais na estrutura Modenesi et al. (2009). Para atender os requisitos mencionados e por possuir baixo custo e confiabilidade mecânica e metalúrgica a equipe optou pelo eletrodo E6013 da fabricante ESAB com limite de escoamento de 331 Mpa, superior ao tubo da estrutura, o que está dentro dos parâmetros requeridos, no qual as propriedades do cordão de solda devem ser iguais ou superiores ao tubo. Com isso foi necessário a aplicação de apenas um cordão de solda, pois com a penetração parcial, fusão e união das juntas e o reforço fornecido pelo metal de adição as propriedades eram satisfeitas e a gaiola ganhava menor peso.

Outro método adotado pela equipe para amenizar as distorções consiste em executar os cordões em pontos cruzados dessa forma as deformações eram distribuídas de forma iguais em toda estrutura e também utilização de gabaritos de madeira, em razão de possuir um coeficiente de dilatação térmica baixo, com isso o movimento dos tubos era restrito ao receber calor e ao resfriar, o resultado obtido desse processo é apresentado na figura 1.



Figura 1. Perfil do cordão de solda aplicado no chassi.

Fonte: Autores

A figura 2 mostra a utilização de gabaritos na fabricação do braço da suspensão dianteira.



Figura 2. Braço da suspensão dianteira e a utilização de gabarito na execução da solda.

Fonte: Autores

A figura 3 mostra um processo de fixação de tubos com pregos adotado inicialmente pela equipe, posteriormente mostrou-se ineficiente, pois apresentava excessivas deformações na estrutura devido a alta condutividade térmica e dilatação do prego.



Figura 3. Fixação dos tubos do chassi com gabaritos de pregos.

Fonte: Autores

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Sendo o primeiro protótipo da equipe obtivemos bons resultados, o projeto foi finalizado de acordo com o cronograma e orçamento, as etapas de fabricação foram bastante onerosas em razão da equipe ter pouca experiência e habilidade prática em fabricação isso gerou atrasos em algumas etapas, mas a equipe conseguiu com horas extras finalizar o projeto e participar da 23ª competição do Baja SAE Brasil.

Em um segundo protótipo pretende-se otimizar ainda mais o peso, com isso será reavaliado a possibilidade de utilizar outro material na estrutura e também a aplicação de outro processo de soldagem com objetivo de ganhar tempo e menor consumo de energia.

CONCLUSÕES

Apesar do processo de eletrodo revestido apresentar-se como um método simples, barato e versátil ele exige bastante técnica do operador o que requer onerosos processos de treinamento principalmente em aplicações de tubulações e posições variadas, mas em particular para essa aplicação da gaiola do mini baja esse processo se mostrou bem eficiente.

A proposta da competição de formar um engenheiro completo para atuar na área da mobilidade, buscar soluções que inovem na área automobilística, adquirir perfil de liderança e integração com as várias áreas do projeto, fizeram com que várias dificuldades pudessem ser superadas e com isso a conclusão.

REFERÊNCIAS

- Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 10474**: Qualificação em soldagem - Terminologia - Elaboração. Rio de Janeiro: ABNT, 1988.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 10516**: Consumíveis em Soldagem - Terminologia - Elaboração. Rio de Janeiro: ABNT, 1988.
- AWS A2.4. Brazing Manual. American Welding Society, Inc., FL, 1975.
- Chiaverini, V. Tecnologia Mecânica: Estrutura e Propriedades das Ligas Metálicas. 2ª edição São Paulo: Pearson Education do Brasil, 1986.
- ESAB. Eletrodo Revestido, 2000 (apostila).
- Idalberto, C.. Gestão de pessoas. Rio de Janeiro: Campus, 2008.
- Machado, I.G. Soldagem e Técnicas Conexas: processos. Porto Alegre, 1996.
- Modenesi, P.J.; marques, P.V.; santos, D.B. Curso de metalurgia da soldagem. Belo Horizonte: Fundação Cristiano Ottoni; Escola de Engenharia da UFMG, 1985.
- Modenesi, Paulo J.; Marques, Paulo V. ; Bracarense, A. Queiroz. Soldagem: fundamentos e tecnologia , 3ª edição atualizada-Belo Horizonte: Editora UFMG, 2009.