

CONEM 2016
CONGRESSO NACIONAL DE
ENGENHARIA MECÂNICA

21 - 25
AGOSTO DE 2016
FORTALEZA - CEARÁ

PROJETO E DESENVOLVIMENTO DE UMA MÁQUINA DE SOLDAGEM A PONTO POR RESISTÊNCIA

Luciano B. Freitas, luciano_freitas_123@hotmail.com¹

Anderson B. da Silva, andersonbarker20@gmail.com²

Fernando Leira, nando.leiran@gmail.com²

Cleuceliton S. de Queiroz, cleuceliton@gmail.com²

Jorge Artur, tonyartur@gmail.com²

Moyse C. da Silva, moysecsilva@hotmail.com²

Patrícia de Nazaré A. Valente, valente_mecanica07@hotmail.com²

Valdir Cardoso, kim_mat06@hotmail.com²

Raimundo Nonato Alves da Silva, raimundo.nonato.silva@gmail.com²

^{1, 2}Escola Superior de Tecnologia da Universidade do Estado do Amazonas (EST/UEA).

Avenida Darcy Vargas, 1200 – Parque Dez - CEP 69050-020 Manaus, Amazonas - Brasil.

Resumo: O processo de soldagem por resistência a ponto vem aumentando significativamente no cenário industrial, devido a sua grande versatilidade de união de peças que podem ser soldadas, como variedades de espessuras, formas, materiais e etc. Os principais pontos positivos são, ótima qualidade da solda, aplicação em diversos setores da indústria, bons parâmetros de soldagem, fácil alteração para soldagem de outros tipos de materiais e de fácil manuseio já que a máquina é ajustada ao trabalho que será executado naquele momento. O presente artigo tem como objetivo possibilitar aos alunos projetar e desenvolver uma máquina de solda a ponto por resistência para uso didático no laboratório de soldas, para enriquecimento e aperfeiçoamento do laboratório de soldagem da Escola Superior de Tecnologia. Foram aplicadas metodologias de trabalho por projetos, ou seja metodologias ativas, o que que motivem ao acadêmico as novas experiências e agregando mais conhecimentos. No termino do projeto deu-se apresentação de um produto que pudesse ser usado nas aulas praticas. Os resultados obtidos no desenvolvimento da máquina de soldagem didática foram satisfatórios, pois atingiram os objetivos de realizar uma boa soldagem, com custos minimizados na aquisição dos materiais, além de fácil montagem e operação. Conclui-se uma boa utilização para soldagem para soldagem de chapas de aço SAE 1020 com espessura de 0,2mm, 0,3mm, 0,75mm e 1mm testados neste trabalho.

Palavras-chave: Processo de soldagem, Qualidade da Soldagem, Soldagem por resistência, Solda

1. INTRODUÇÃO

A soldagem por resistência compreende um grupo de processos nos quais a união de peças metálicas é produzida em superfícies sobrepostas ou contatos topo a topo, pelo calor gerado na junta por resistência a passagem de uma corrente elétrica (efeito Joule) e pela aplicação de pressão, podendo ocorrer uma certa quantidade de fusão na interface. (MARQUES *et al.*, 2009).

A energia térmica total gerada durante o processo de soldagem pode ser calculada pela lei de Joule:

Neste processo de soldagem, as resistências elétricas de todo o circuito secundário são muito importantes, sendo a resistência total dada pela soma das resistências parciais conforme fórmula abaixo e esquematizado na figura 4.2 (BRANDI, 1992). Na figura 1 é descrito o esquema das resistências elétricas da soldagem por resistência de R_1 até R_5 entre o eletrodo e a peça.

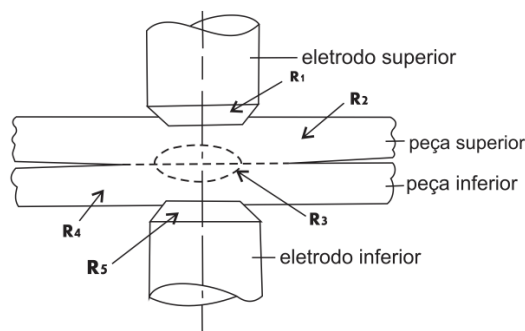


Figura 1: Esquema das resistências elétricas da soldagem por resistência.

Fonte: Processo e Metalurgia, Brandi, 2004.

No processo de Soldagem a ponto por resistência, as peças sobrepostas a serem soldadas são pressionadas uma contra a outra por meio de eletrodos movimentados por forças: mecânica, pneumática, hidráulica ou uma mistura delas. A resistência deste material baseasse na passagem da corrente elétrica ocasionando uma quantidade de calor nas superfícies de contato das peças proporcional ao tempo, resistência elétrica e intensidade de corrente a qual deverá ser suficiente para permitir que a região atinja o ponto de fusão do material formando-se uma região fundida que recebe o nome de lente de solda ou ponto de solda. Conforme mostrado na Fig. 2.

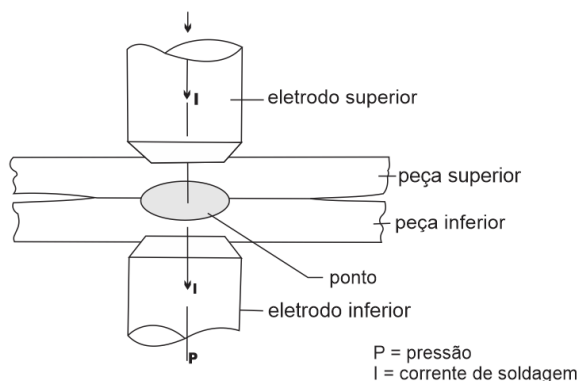


Figura 2: Princípio de funcionamento da máquina de solda a ponto

Fonte: Processo e Metalurgia, Brandi, 2004.

Os eletrodos têm como finalidade a condução de corrente de soldagem e exercer a força mecânica necessária, são produzidos de ligas metálicas com alta condutividade térmica e elétrica, normalmente a base de cobre, além de serem resistente a deformação e desgaste, mesmo em temperaturas relativamente altas. O formato das pontas dos eletrodos também são parte importante para se obter a soldagem desejada sendo sua geometria de acordo com o produto desejado, os eletrodos são construídos na sua maior parte das seguintes ligas metálicas Cu-Cr, Cu-Cr-Zr, Cu-Cd e Cu-Be, tratadas termicamente para atingirem as seguintes características:

- Condutividade elétrica e térmica;
- Resistência mecânica elevada;
- Resfriamento absolutamente seguro das pontas dos eletrodos;
- Elevado ponto de amolecimento, no qual os metais perdem parte de sua dureza/resistência.

As geometrias mais utilizadas nas pontas dos eletrodos são demonstradas na Fig. 3:

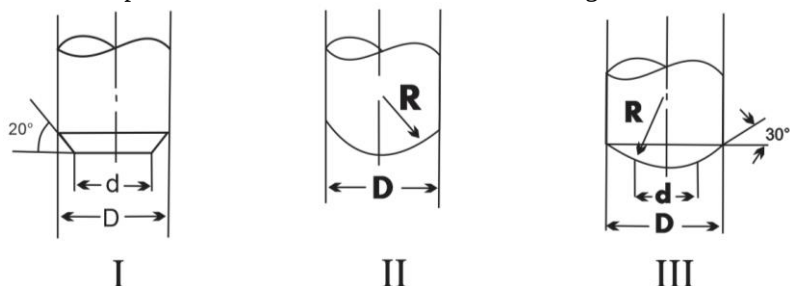


Figura 3: Geometria dos eletrodos, Plana I, Excêntrica II, Arredondada III

Fonte: Processo e Metalurgia, Wainer Brandi, 2004.

Quanto a qualidade da solda, existem fatores que influencia diretamente em sua estrutura, é possível citar como sendo os principais fatores:

- **Espaçamento entre os eletrodos:** que deverá ser o mínimo possível entre as peças a serem soldadas;
- **Condições dos materiais:** as peças a serem soldadas devem ser limpas e isentas de impurezas como óleo, sujeira, tintas, gorduras e etc. Estes elementos agem como isolante elétrico, assim contribuindo para uma solda de má qualidade;
- **Uniformidade dos pontos de solda:** para que a solda apresente boa resistência mecânica e qualidade é necessário que os pontos sejam uniformes, geralmente pontos de maior tamanho apresentam baixa resistência a mecânica;
- **Presença de rebarbas e ondulações:** esses elementos impediram que os eletrodos toquem a peça em toda sua área de contato, assim diminuindo a resistência mecânica do ponto de solda;
- **Tempo:** este fator garante que a solda seja completa, geralmente controlado por um temporizador o centelhamento;
- **Pressão:** é determinada pela espessura do material a ser solda e ajustada por reguladores.

Uma solda por resistência pode ser examinada usando procedimentos de ensaios destrutivos e não destrutivos. As dificuldades inerentes a este último ensaio são amplamente conhecidas. Além disso, um procedimento de amostragem segundo o qual um número de componentes é testado para destruição não providencia segurança que todas as soldas sejam de qualidade requerida, toda vez que condições de soldagem podem variar desde uma solda a outra por muitas razões (ANDREWS, 1975), (ISO 14554-2:2000).

Para verificar a qualidade do ponto de solda, se faz necessário a realização de um ensaio mecânico e um teste destrutivo. Em uma análise simples utiliza-se a inspeção visual, no qual é possível visualizar a superfície de um ponto de solda que deve ser uniforme na forma, relativamente plana e deveria ser livre de fusão superficial. Entretanto, a aparência superficial não é sempre um indicador confiável da qualidade da solda já que o desvio de corrente e outras causas de aquecimento insuficiente ou penetração inadequada, usualmente, não deixam efeitos visíveis nas chapas. Na figura 4 visualiza-se um ponto de solda e suas condições.

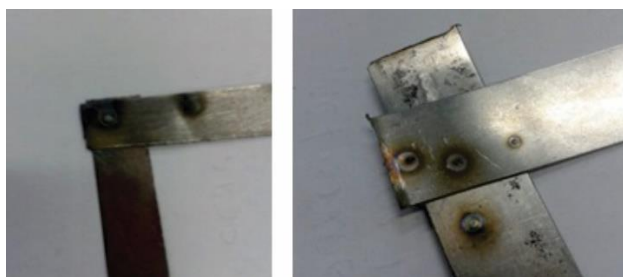


Figura 4: Visualização do ponto de solda.

Fonte: Autor, 2016

O teste destrutivo mais utilizado é o de torção, que consiste em aplicar uma força de separação nas duas peças unidas até a ruptura.



Figura 5: lente de solda após teste de ruptura.

Fonte: Autor, 2016

Após a ruptura, a lente de solda fica aderida a uma das chapas e recebe o nome de botão de solda, cujo diâmetro é medido por um paquímetro. Na figura 5 apresenta-se a lente de solda.

2. PROJETO DE DESENVOLVIMENTO DE UMA MÁQUINA DE SOLDAGEM A PONTO POR RESISTÊNCIA

O projeto de montagem da máquina de soldagem a ponto por resistência ocorreram nas seguintes etapas:

2.1. Etapa do projeto, seleção de material

2.1.1 Material utilizado na montagem

As quantidades e preços dos materiais utilizados para construção da máquina didática de soldagem a ponto esta descrito na Tabela 1. Os valores são do comércio de Manaus/Am.

Tabela 1: Quantidade e preços (R\$)

Componente	Figura	Preço	Componente	Figura	Preço
Temporizador		R\$ 25,00	tubo de 6 mm		R\$ 2,04 o metro do tubo
Transformador modificado		R\$ 50,00	Cilindro atuador de simples ação		R\$ 200,00
Micro ventilador		R\$ 20,00	válvula de controle direcional e solenoide		R\$ 170,00
Pedal acionador		R\$ 39,00	silenciador cônico de bronze 1/8"		R\$ 5,00
eletrodos de cobre com terminais		2 por R\$ 75,00	redução de 3/4" para 1/4"		R\$ 5,00
Proteção de acrílico		R\$ 30,00	Placa MDF 440 mm x 130 mm x 15 mm		R\$ 20,00
Metalon 50 x 30		R\$ 8,50 o metro da barra	Custo total aproximado: R\$: 650,00		

2.1.2 Esquema elétrico da máquina

Foi elaborado e idealizado um esquema elétrico de reversor de voltagem, onde a entrada seria 127 V e na saída do transformador (reversor) tem=3 V, construído apartir de um transformador de microondas, o esquema conta ainda com um micro ventilador para resfriamento do sistema, um transformador de menor capacidade para acionamento do ventilador. Como mostra a Fig. 6.

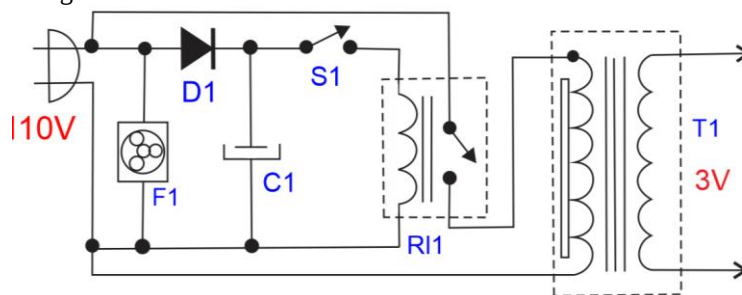


Figura 6: Sistema elétrico da máquina de Solda

Fonte: Autor, 2016

2.1.3 Demais etapas da montagem

A parte elétrica da máquina (transformadores, mini ventilador, temporizador e fonte de energia), foi montada sobre uma base de MDF de 440 mm x 130 mm x 15 mm. Foi construída uma estrutura de aço (metalon 50 mm x 30 mm), para receber o MDF com o esquema elétrico já montado, e para maior segurança dos operadores foi colocado uma proteção de acrílico (440 mm x 130 mm x 150 mm), impedindo assim que os operadores possam ter acesso as partes energizadas da máquina na operação. Na estrutura, foi acoplado uma válvula de controle direcional e solenoide com redução de $\frac{3}{4}$ " para $\frac{1}{4}$ " e um silenciador cônico para um orifício extra pertencente a válvula, para alimentação de ar comprimido através de um compressor externo e válvula de controle de fluxo, um cilindro atuador pneumático de simples ação, preso a estrutura de aço através de uma braçadeira. Os dois eletrodos são de cobre com pontas de tungstênio com diâmetro de 8 mm x 80 mm de comprimento, o superior acoplado ao atuador pneumático através de uma bucha de PVC com diâmetro de $1\frac{1}{4}$ " e 100 mm e um furo de 8 mm x 35 mm para a corrente (+), o eletrodo inferior corrente (-), foi acoplado a uma bucha de mesma medida que a superior e está apoiada sobre um furo passante de 31,75 mm de diâmetro num suporte da estrutura de aço. Para acionamento da máquina foi utilizado um pedal elétrico, quando acionado ele manda um sinal elétrico para máquina que faz todo o sistema funcionar. Máquina didática de soldagem a ponto por resistência abaixo Figura 7.



Figura 7: Máquina após a montagem das partes e peças.

Fonte: Autor, 2016

2.1.4 Cuidados na operação da máquina de solda

Ligar o equipamento na tensão de alimentação correta (127V), evitando assim o aquecimento ou o mau funcionamento dos componentes; Instalar o equipamento em bancada ou dispositivo que não ofereçam riscos ergonômicos ao operador - Sempre que possível, trabalhar em locais especialmente previstos para soldagem. Atentar para pressão pneumática adequada do equipamento; Verificar se todos os componentes do equipamento estão funcionando adequadamente; Utilizar EPI's de segurança: óculos, luva, jaqueta de manga comprida ou mangote e calça comprida; Não soldar, recipientes fechados ou que não tenham sido devidamente esvaziados e limpos internamente - Eles podem explodir se tiverem contido algum material combustível ou criar um ambiente asfíxiante ou tóxico conforme o material que foi armazenado neles. Nunca realizar, qualquer operação a quente numa peça que não tenha sido adequadamente limpa - Substâncias depositadas na superfície das peças podem decompor-se sob a ação do calor e produzir vapores inflamáveis ou tóxicos. Conhecer os procedimentos locais para casos de incêndios em soldagem; Nunca soldar próximo de produtos inflamáveis; Choques elétricos podem ser fatais e devem ser evitados - Instalações elétricas defeituosas, aterramento ineficiente assim como operação ou manutenção incorretas do equipamento elétrico são fontes comuns de choque elétricos.

2.1.5 Parâmetros obtidos na máquina

Para a determinação de parâmetros de soldagem, foram realizados vários testes com amostras de aço SAE 1020, em que o diâmetro da área do ponto de solda é apresentado em função do tempo em que a corrente permaneceu sendo aplicada sob a amostra e, a penetração da solda é apresentada em função da pressão exercida pelo atuador pneumático. Tais parâmetros podem ser encontrados na tabela 2.

Tabela 2: Parâmetros de soldagem em aço SAE 1020

ESPESSURA (mm)	TEMPO (s)	PRESSÃO (bar)	Ø DO PONTO (mm)
0,2	2	3	2-3
0,3	3	3	5-6
0,5	2	4	2-3
0,75	4	4	4-5
1	8	4	4-5

Fonte: Autor, 2016

Sendo a máquina construída para fins didáticos, a mesma foi projetada para operar sempre com a mesma tensão elétrica (V) e corrente (A) na entrada e saída do circuito elétrico, tais valores estão na tabela 3.

Tabela 3: Tensões e correntes de entrada e saída da Máquina

	TENSÃO (V)	CORRENTE (A)
ENTRADA	110-127	10-15
SAÍDA	3	430

Fonte: Autor, 2016

O limite de soldagem também se restringiu a chapas de 1 mm de espessura máxima, visando a segurança do processo, uma vez que chapas de espessura maior precisariam de uma corrente maior e, um maior tempo de aplicação da mesma para atingir o ponto de fusão garantindo assim soldagem do mesmo, fato este que provocaria o aquecimento excessivo das amostras e do circuito elétrico, podendo ocasionar queimaduras ao operador danos ao equipamentos e incêndios.

A pressão de trabalho do atuador pneumático ficou limitada a um ponto máximo de 4 bar, além disso, pressões mais elevadas provocariam perfurações nos corpos de prova a serem soldados.

Durante os testes constatou-se que a pressão mínima de trabalho para se realizar uma soldagem de qualidade deveria ser de 3 bar, uma vez que com uma pressão abaixo deste valor o atuador não completou o seu curso sendo então ineficaz no processo, também constatou-se que o tempo mínimo de aplicação da corrente para uma soldagem eficiente deveria ser de 2 segundos.

3. AGRADECIMENTOS

O desenvolvimento das práticas de projetos Escola de Superior de Tecnologia, mais precisamente no laboratório de Materiais, que contribuiu significativamente no aprendizado dos estudantes de Tecnologia Mecânica, uma vez que foi observada uma grande evolução dos acadêmicos no estudo e pratica de construções de máquinas e equipamentos.

4. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos no desenvolvimento da máquina de soldagem didática a ponto por resistência foram de âmbito satisfatório, pois atingiram os objetivos de realizar uma boa soldagem, custos foram minimizados com materiais simples e econômicos, além de fácil montagem e operação. O modelo didático e servirá para aulas futuras em laboratório, permitindo assim apresentar a importância dessa operação na indústria, nos mais diversos setores de fabricação sendo os principais, setor automobilístico, eletroeletrônico, eletrodomésticos, tubulações, ferroviários, esportivos e etc. Mostrou-se boa utilização para soldagem de chapas de aço SAE 1020 com espessura de 0,2mm, 0,3mm, 0,75mm e 1mm testados neste trabalho. Por tanto, é importante ressaltar que um dos fatores motivador deste, foi envolver os alunos em projetos de desenvolvimento de equipamentos didáticos nos laboratórios das universidades, denotando que a aplicação de novas práticas, como metodologias ativas como alternativa do ensino-aprendizagem nas grandes áreas da engenharia.

5. REFERÊNCIAS

- Alvarenga, Sólton. “Soldagem por Resistência”. São Paulo: ABS (Associação Brasileira de Soldagem), 1995.
- Andrews, D. R.; BROOMHEAD, J. “Quality Assurance for Resistance Spot Welding”. Welding Journal, 1975, June, Vol. 54, N° 6, pp. 431 – 435.
- ISO 14554-2:2000, “Quality requirements for welding – Resistance welding of metallic materials”
- Marques, Paulo Villani; Paulo Marques, Modenesi, Paulo José; Bracarense, Alexandre Queiroz – “Soldagem: fundamentos e tecnologia”. – 3º edição atualizada – Belo Horizonte: Editora UFMG, 2009.
- Wainer, Emílio; Brandi, Sérgio Duarte; Mello, Fábio Décourt Homem de – “Soldagem: Processos e Metalurgia” - 2º edição – São Paulo: Editora Edgard Blucher – 1992.

6. RESPONSABILIDADE AUTORAL

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo deste trabalho.

DESIGN AND DEVELOPMENT OF A MACHINE WELDING POINT RESISTANCE

Luciano B. Freitas, luciano_freitas_123@hotmail.com¹

Anderson B. da Silva, andersonbarker20@gmail.com²

Fernando Leira, nando.leiran@gmail.com²

Cleuceliton S. de Queiroz, cleuceliton@gmail.com²

Jorge Artur, tonyartur@gmail.com²

Moyses C. da Silva, moysescsilva@hotmail.com²

Patrícia de Nazaré A. Valente, valente_mecanica07@hotmail.com²

Valdir Cardoso, kim_mat06@hotmail.com²

Raimundo Nonato Alves da Silva, raimundo.nonato.silva@gmail.com²

Abstract. The resistance welding process are increased significantly to the point in the manufacturing setting, due to its great versatility of connection parts that can be welded, as varieties thicknesses, shapes, materials, etc. The main positives are good weld quality, application in various sectors of industry, good welding parameters, easy change for welding other materials and easy to handle since the machine and set to work to be performed at that time. This article aims to enable students to design and develop a spot welding machine resistance for educational use in the laboratory solders for enrichment and improvement of the welding laboratory of School of Technology. Work methodologies have been applied for projects, e.g. active methodologies, which to motivate the academic new experiences and adding more knowledge. At the end of the project was given the presentation of a product that could be used in practical classes. The results obtained in the development of teaching welding machine have been satisfactory, since the objectives achieved to perform a good welding costs minimized in the acquisition of the materials, as well as easy assembly and operation. The conclusion is a good use for welding to welding SAE 1020 steel plates with thickness of 0.2mm, 0.3mm, 0.75mm and 1mm tested in this work.

Keywords: Welding process, Quality Welding, Resistance welding, Welding