

SOLDAGEM POR PONTOS: INFLUÊNCIA DAS VARIÁVEIS DO PROCESSO E SUA CORRELAÇÃO COM AS PROPRIEDADES MECÂNICAS E METALÚRGICAS DA JUNTA SOLDADA

**Guilherme Mendes Christofoletti, gui182666@gmail.com¹,
Maria Mariana Simoes Ferreira, mmarianasimoesf@gmail.com²;
Matheus Soares Siman, matheusj10@hotmail.com³,
Ivan José de Santana, ivansan@deii.cefetmg.br⁴,**

⁴ Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET MG). Departamento de Engenharia de Materiais (DEMAT). Av. Amazonas, 5253, Nova Suiça, Belo Horizonte, MG, Brasil, CEP: 30.421-169

Resumo: Dentre os diversos processos de soldagem, os classificados como soldagem por resistência constituem um grupo de importância fundamental para a indústria, não só devido às características inerentes aos processos, como também ao fato de, mediante introdução de sistemas mecanizados e ou robotizados, proporcionarem produtividade, repetitividade e reprodutibilidade, assim como baixo custo relativo. No entanto, estes processos de soldagem, ainda, geram uma série de desafios, principalmente em relação à influência de algumas variáveis, na adequada validação das soldas executadas e na avaliação da resistência das juntas soldadas. A soldagem por pontos é o processo de soldagem por resistência utilizado na união de chapas de aço na indústria automotiva para a produção de carrocerias e componentes. Neste trabalho, investigou-se a influência de diferentes variáveis desse processo quando aplicado a aços baixo carbono, assim como as diferentes microestruturas geradas, as propriedades mecânicas obtidas e a soldabilidade. Nesse contexto, após a realização de testes de soldagem, utilizando diferentes valores de corrente, tempo de soldagem e força aplicada na junta soldada, avaliou-se a resistência mecânica da junta, microestrutura, aspectos relacionados à fratura após ensaio de tração e soldabilidade. Foi possível avaliar a influência de diferentes parâmetros de soldagem nas propriedades mecânicas e na microestrutura das zonas fundidas e ZTA das juntas soldadas.

Palavras-chave: Soldagem por resistência, Soldagem por pontos, soldagem por deformação.

1. INTRODUÇÃO

Dentre os processos de soldagem, a soldagem por resistência é um dos processos de fabricação mais utilizados na indústria automobilística, principalmente na soldagem de componentes de carroceria e chassi. Neste processo o calor é gerado pela resistência à passagem de corrente elétrica, efeito Joule, e a união dos componentes se dá pela aproximação, deformação e expulsão dos óxidos existentes na interface destes sob o efeito da aplicação de esforço mecânico (Marques et al, 2009; Cary, 1998; Wainer, 1992).

Estes processos de soldagem são largamente utilizados na indústria, principalmente por possibilitar alta produtividade, custo operacional relativamente baixo e pouca necessidade de experiência do operador. Em compensação o processo requer amplo entendimento, especificação e controle das variáveis do processo (Marques et al, 2009; Nascimento, 2008; Vargas, 2006; Branco, 2004; Wainer, 1992).

Especificamente a soldagem por pontos é um processo quase que exclusivamente utilizado para soldar chapas metálicas, normalmente aço, que utiliza a passagem de corrente entre duas ou mais chapas sobrepostas através de eletrodos de pequeno diâmetro de face de contato (normalmente de 3 a 8 mm) e a aplicação de uma força axial para formar uma solda pontual. As chapas soldadas por estes processos normalmente não ultrapassam três milímetros de espessura (Marques et al, 2009; Vargas, 2006; Branco, 2004; Fonseca, 1999).

Normalmente têm-se como principais variáveis do processo os valores e tipo de corrente elétrica, tensão de soldagem, resistência de contato, características químicas e de forma dos eletrodos, carga aplicada e tempo de soldagem (Fonseca, 1999; RWMA, 1989).

Pode-se expressar o calor gerado no processo como a integral da potência elétrica durante o tempo de soldagem conforme a equação a seguir (Fonseca, 1999):

$$Q = \int I^2 t_0 R dt$$

Em que: Q - Calor gerado [J], I - corrente elétrica [A], R - resistência elétrica [Ω] e t - tempo [s].

Como pode ser observado a corrente de soldagem é o parâmetro que mais tem efeito na geração de calor, as variações em sua magnitude alteram significativamente as propriedades da solda. (VARGAS, 2006). A corrente utilizada no processo pode ser de dois tipos (Fonseca, 1999):

- Alternada: com transformadores monofásicos ou trifásicos, operando em frequência igual ou diferente da rede de distribuição.
- Continua: direta, pulsada ou com picos de corrente.

A força aplicada para aproximar, assegurar a posição e unir as chapas que serão soldadas está presente antes, durante e depois da aplicação da corrente de soldagem. É um parâmetro muito importante na qualidade dos pontos soldados (Vargas, 2006; Branco, 2004; Fonseca, 1999). O aumento da força afeta indiretamente na geração de calor, pois reduz as resistências de contato. A força é também responsável pela retenção do metal fundido garantindo à consolidação do ponto (Fonseca, 1999).

A unidade de tempo geralmente usada no processo é denominada ciclo. Cada ciclo é igual a $1/f$, em que f (Hz) é a frequência da rede, no Brasil a frequência pode ser de 50 Hz ou 60 Hz, dependendo da região. Portanto, cada ciclo equivale a $1/50$ ou $1/60$ segundos (Vargas, 2006; Branco, 2004; Fonseca, 1999; Wainer, 1992).

A qualidade na soldagem por pontos depende principalmente da sua aplicação. Para algumas indústrias em específico existem normas próprias para análise da qualidade dos pontos de solda (Ruiz, 2005; Fonseca, 1999).

De forma geral uma solda por pontos de qualidade deve apresentar as seguintes características (Vargas, 2006; Ruiz 2005; Branco, 2004; Fonseca, 1999):

- boa aparência superficial, sem trincas, crateras, endentação excessiva, inclusões ou rebarbas;
- dimensão do ponto de solda dentro do especificado;
- resistência, apresentar resistência dentro do especificado;
- ausência de descontinuidades internas, sem trincas, porosidade, inclusões ou vazios,
- ausência de expulsão ou separação das chapas.

Alguns autores veem estudando o processo de soldagem por resistência, dentre eles Zhang et al (2003) que investigaram a respeito do módulo de falha da junta soldada, concluindo que esse depende primordialmente do tamanho da zona fundida e que a falha tende a ocorrer abaixo do módulo de arrancamento a medida que a zona fundida aumenta.

Ramazani et al (2015) avaliaram a microestrutura e as propriedades mecânicas da junta obtida na soldagem por resistência de um aço dual fase 600. As microestruturas em diferentes regiões foram analisadas de acordo com o histórico térmico ao qual foram submetidas durante o processo. As propriedades mecânicas dos pontos de solda foram também avaliadas por meio de ensaios de tração, cisalhamento e dureza.

Shome and Chatterjee (2009) investigaram a influência da rugosidade e da topografia superficial nas condições de contato dos eletrodos na soldagem por pontos de aços de baixa e média dureza. Avaliaram também o efeito dessas variáveis no tamanho dos pontos formados em aços com revestimento e sem revestimento.

Tang et al (2002) avaliaram o efeito da força aplicada no processo de soldagem por pontos, procurando entender a influência dessa variável. Correlacionaram a força com a resistência elétrica do circuito e o seu impacto na qualidade da solda.

Kaiser et al (1982) avaliaram o efeito da resistência elétrica na formação do ponto na soldagem por resistência. O estudo foi realizado em chapas de aços de alta resistência e baixa liga e em aços de baixo carbono. Avaliou-se a influência das condições de superficiais dos corpos de prova no resultado final, assim como a influência da força aplicada, dos valores de corrente elétrica e da resistência de contato.

Este trabalho propôs uma avaliação dos parâmetros operacionais da soldagem por pontos, tais como corrente elétrica, força aplicada entre os eletrodos e tempo de soldagem e a influência destes nas propriedades mecânicas de juntas soldadas de aço baixo carbono. Dentro deste contexto, verificou-se também a influência do centelhamento (expulsão de material) na resistência mecânica das juntas e a dispersão nos resultados obtidos.

Foram realizados vários testes de soldagem em corpos de prova com dimensões pré-estabelecidas divididos em três procedimentos de soldagem diferente. Nos dois primeiros procedimentos variou-se a corrente de soldagem, mantendo os outros parâmetros constantes. No terceiro procedimento, que foi dividido em duas etapas, foram realizados experimentos com variação da força aplicada e do tempo de soldagem, respectivamente.

Para se obter as propriedades mecânicas da junta soldada os corpos de prova foram submetidos a ensaio de tração e microdureza. Foram realizados, também, ensaios metalográficos na região da zona fundida e zona termicamente afetada.

Como resultado obteve-se dados que possibilitaram verificar quais parâmetros são mais relevantes no processo de soldagem por pontos, quais foram os parâmetros que realizaram soldas eficientes, a influência do centelhamento durante o processo na resistência mecânica das juntas soldadas, quais as microestruturas formadas e a dispersão dos valores obtidos.

2. MATERIAIS, EQUIPAMENTOS E MÉTODOS

Os corpos de prova foram confeccionados a partir de chapas de aço carbono SAE 1010 com dimensões de 1,4x25,4x100mm. Foram confeccionados cento e oitenta corpos de prova. Estes corpos de prova foram cortados em guilhotina, desempenados, rebarbados e limpos. Após esta preparação foram traçadas marcações de referência onde foram realizados os pontos de solda, como pode ser observado na Fig. (1).

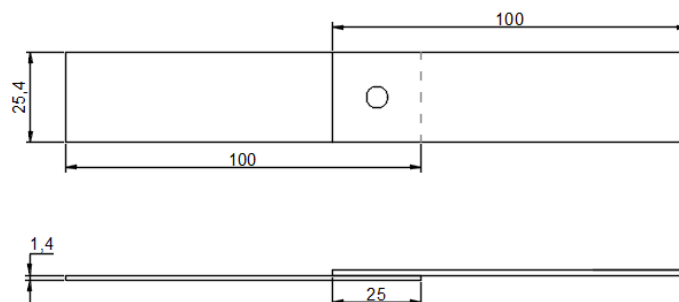


Figura 1. Desenho da montagem dos corpos de prova para a realização do ponto de solda com a sua respectiva localização.

Foi verificada a composição química do aço por meio do equipamento Rayny EDX-720 da marca Shimadzu. Esse equipamento não é capaz de detectar o elemento químico carbono em função do seu baixo peso atômico.

Para realização das soldas foi utilizado uma bancada composta por uma pinça de solda suspensa com cilindro pneumático, fabricante FASE - modelo X/4 - 200; um transformador de média frequência de 440V e potência de nominal de 54 kVA, modelo Cabine Compacta PTI, com controlador Weld334MHC e uma unidade de programação móvel HCM 4300 HHT, fabricante FASE e uma bomba hidráulica bivolt. O equipamento possui um fresador pneumático para confecção do raio de ponta dos eletrodos integrado.

Os eletrodos utilizados nos experimentos são da classe 20 de materiais segundo a classificação da RWMA (1989), liga de cobre e Al_2O_3 .

A Figura 02 “a” possibilita a visualização de uma imagem do equipamento de soldagem e a Fig. (2) “b” exhibe as dimensões dos eletrodos.

Para a avaliação da resistência mecânica optou-se pelo teste de tensão cisalhante que consiste na aplicação de forças de separação em duas peças unidas, Fig. (3). Para o ensaio de tração foi utilizado um equipamento VEB da WPM Leipzig modelo 281/13.

[illegible]

No primeiro e terceiro procedimentos foram realizados três testes para cada condição. No segundo procedimento foram realizados oito testes para cada condição. De posse dos resultados foram calculados as médias e os desvios padrões dos valores obtidos.

A sequência de soldagem geral utilizada para os três procedimentos está descrita abaixo:

- os corpos-de-prova foram limpos com estopa antes da soldagem para eliminar qualquer resquício de sujeira e óleo em sua superfície;
- os eletrodos de cobre foram fresados no início de cada procedimento de soldagem;
- o equipamento foi ligado e programado com o parâmetro definido para cada variação de corrente de soldagem, tempo de soldagem ou força entre os eletrodos;
- verificou-se o correto funcionamento do equipamento, com a soldagem de uma peça de teste;
- as chapas foram sobrepostas respeitando a marcação de referência previamente feita e mantidas unidas com o auxílio de um alicate de pressão;
- posicionou-se as chapas entre os eletrodos do equipamento na marca de centro também previamente traçada;
- acionou-se o equipamento para execução do ponto de solda.

Após a soldagem de cada corpo de prova, procedia-se uma análise visual para verificar o alinhamento das chapas e o posicionamento do ponto de soldado, a existência de qualquer não conformidade tinha como consequência o descarte deste.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura (4) (a) exibe as micrografias obtidas a partir do material utilizado para a confecção dos corpos de prova. A microestrutura formada é basicamente composta por uma matriz de ferrita com pontos bem dispersos de perlita (Colpaert, 2008). Na Figura (4) (b) que mostra a sessão longitudinal do material, pode-se observar um alinhamento dos grãos, por ser esse um material laminado a frio (Colpaert, 2008).



Figura 4. Micrografias da chapa de aço utilizadas no trabalho: (a) Sessão longitudinal e (b) Sessão transversal.

A Tabela (3) apresenta os elementos identificados no ensaio de EDX do aço utilizado:

Tabela 3. Resultado de ensaio EDX

Elemento químico	Quantidade (%)
Fe	99,5
Mn	0,4
Cr	0,1

Os resultados dos dados de resistência mecânica dos corpos-de-prova do primeiro procedimento estão apresentados na Fig. (5).

Pela análise do gráfico, barra de desvio padrão, pode-se verificar que o processo apresenta uma dispersão considerável nos resultados e uma tendência de aumento na resistência mecânica com o aumento da corrente de soldagem até 6,3kA. A partir de 6,3kA até 7,5 kA, os valores de resistência mecânica apresentam uma tendência a permanecerem constantes.

A partir do valor de corrente de soldagem de 6,0 kA percebeu-se, nos testes, a expulsão (centelhamento) durante o processo de soldagem. Esperava-se que a expulsão afetasse negativamente a resistência das juntas soldadas, mas esse fato não foi observado experimentalmente ou pelo menos foi minimizado por outros fatores. No entanto, o centelhamento está associado negativamente a problemas operacionais (desgaste do eletrodo), perigo de incêndio e a questões de segurança do operador (queimaduras) (Vargas, 2006; Branco, 2004).

Outro fato observado foi que o diâmetro do ponto soldado aumentou com o aumento da corrente de soldagem, o que pode estar associado com a maior resistência mecânica da junta no ensaio de tração. Com uma maior corrente de soldagem haverá uma maior porção de material fundido na formação do ponto de solda da junta (Branco, 2004; Vargas

2006). De acordo com VARGAS, 2006, exige-se, em geral, um diâmetro de lente de solda de cerca de $4\sqrt{t}$, onde t é a espessura da chapa, para que a falha por rompimento do metal base ocorra.

Os corpos-de-prova com corrente de soldagem maiores que 5,5 kA apresentaram maior tendência ao rasgamento da chapa no ensaio de tração. A Figura (6) exibe um corpo de prova que a fratura ocorreu no ponto durante o ensaio de tração (5,3kA) e um que a ruptura não ocorre no ponto e sim com o rasgamento da chapa (6,5kA).

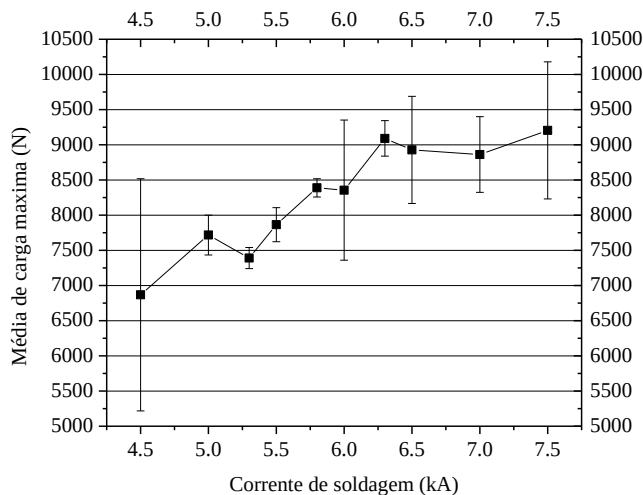


Figura 5. Resistência a tração (N) X Corrente de soldagem (kA), corpos-de-prova do primeiro procedimento.



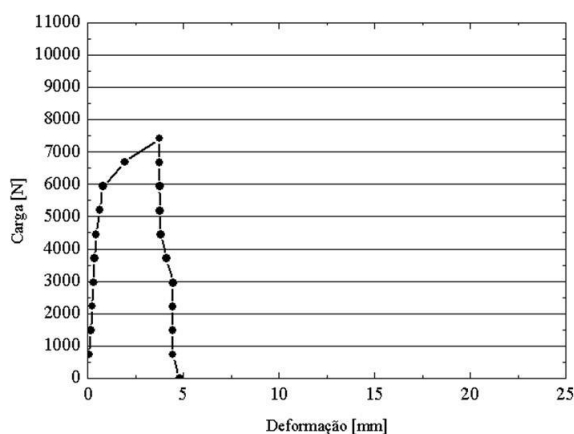
(a)



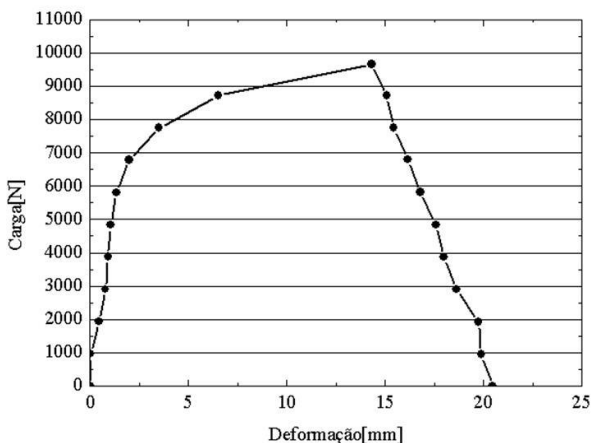
(b)

Figura 6. Fratura: (a) Corpo de prova com corrente de soldagem 5,3 kA, (b) Corpo de prova com corrente de soldagem 6,5 kA

A Figura (7) exibe os resultados de resistência mecânica e deformação de dois corpos de prova, corrente de 5,3 kA e 6,5kA, respectivamente. Além de maior resistência mecânica o corpo de prova cuja ruptura ocorre por rasgamento da chapa absorve mais energia, neste caso próximo de 400% (Souza, 1982).



(a)



(b)

Figura 7. Resistência à tração: (a) corpo de prova com corrente de soldagem 5,3 kA, (b) corpo de prova com corrente de soldagem 6,5 kA.

Na Figura (8) (a), pode-se verificar predominantemente grande quantidade de ferrita de segunda fase alinhada ou ferrita intragranular poligonal. Na Figura (8) (b), verifica-se, também ferrita primária de contorno de grão (ou alotriomorfa) e ferrita de segunda fase alinhada (Lancaster, 1993). A ferrita de segunda fase alinhada está indicada na Fig. (8) (a) e a ferrita primária de contorno de grão está indicada na Figura 8 (b). A ferrita de segunda fase possui maior resistência à fratura frágil em relação à ferrita primária de contorno de grão (Lancaster, 1993). A presença de ferrita primária de contorno indica que estes cristais se formaram em temperaturas maiores entre 800 a 850 °C (Lancaster, 1993).

Os resultados dos ensaios de cisalhamento do segundo procedimento estão apresentados na Fig. (9). A tendência de aumento da resistência mecânica com o aumento da corrente de soldagem continuou sendo observada neste segundo procedimento de ensaios.

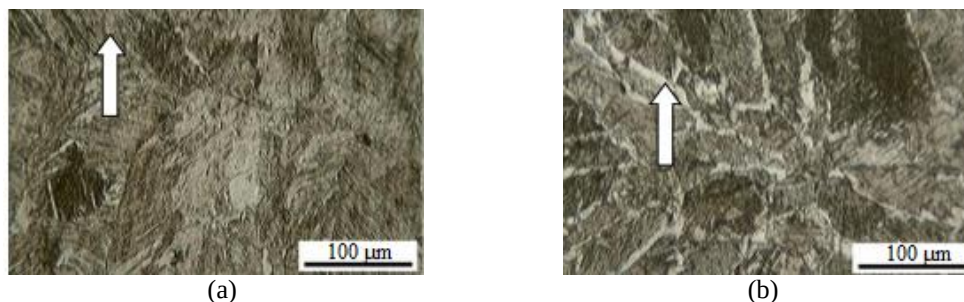


Figura 8. Micrografias dos pontos de solda: (a) corpo de prova com corrente de soldagem 5,3 kA, (b) corpo de prova com corrente de soldagem 6,5 kA.

Os testes feitos com corrente de 5,5 kA não apresentaram expulsão de material, centelhamento, já os de 6,5 kA e 7,5 kA apresentaram. Neste procedimento também foi verificada a maior tendência de rasgamento da chapa nas correntes de soldagem mais altas. Percebe-se que não há um indicativo claro que relacione a variação da dispersão dos valores de carga máxima com a variação dos valores de corrente elétrica. Dentre as correntes de soldagem utilizadas neste procedimento a de 6,5 kA foi a que apresentou a menor dispersão nos valores de carga máxima no ensaio de tração, cerca de 5% para mais e para menos. Este foi o valor de corrente de soldagem escolhido como parâmetro de corrente de soldagem para a execução do terceiro procedimento.

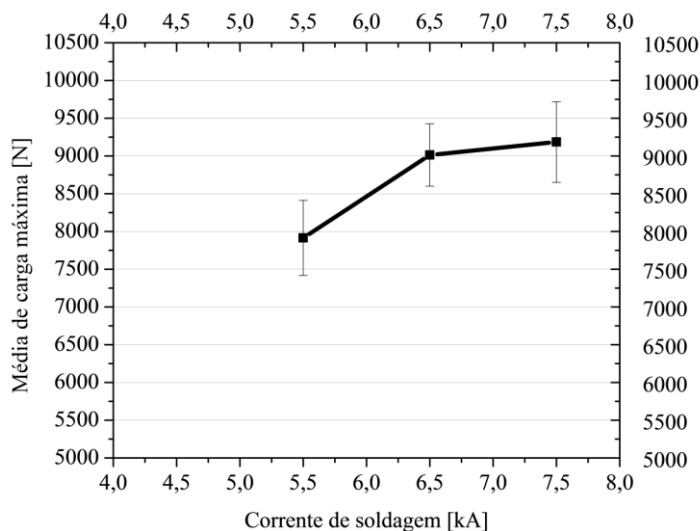


Figura 9. Resistência a tração (N) X corrente de soldagem (kA) do ensaio dos corpos de prova do segundo procedimento

Os resultados dos ensaios de cisalhamento dos corpos-de-prova do terceiro procedimento, primeira parte, estão apresentados na Fig. (10).

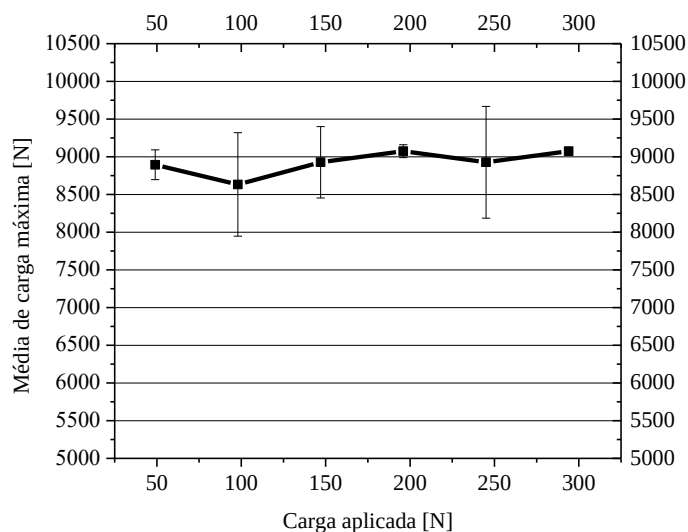


Figura 10. Resistência à tração (N) X força aplicada nos eletrodos (N) do ensaio dos corpos de-prova do terceiro procedimento

Não foi possível verificar nenhuma tendência de variação na resistência dos corpos de prova com a variação da força aplicada. Porém, é óbvio que há a exigência de uma força mínima para garantir o bom contato entre as chapas e que o excesso de força pode aumentar a endentação comprometendo a exigência de aspectos estéticos da solda e também resistência mecânica (Vargas, 2006; Branco, 2014; Fonseca, 1999).

Os resultados dos ensaios de tração dos corpos-de-prova do terceiro procedimento, segunda parte, estão apresentados na Fig. (11). Verifica-se um aumento da resistência mecânica acentuado com o aumento do tempo de aplicação da corrente. Esse fato pode ser associado, também, a quantidade de material fundido no processo de soldagem e ao tamanho do ponto de solda gerado no processo de soldagem.

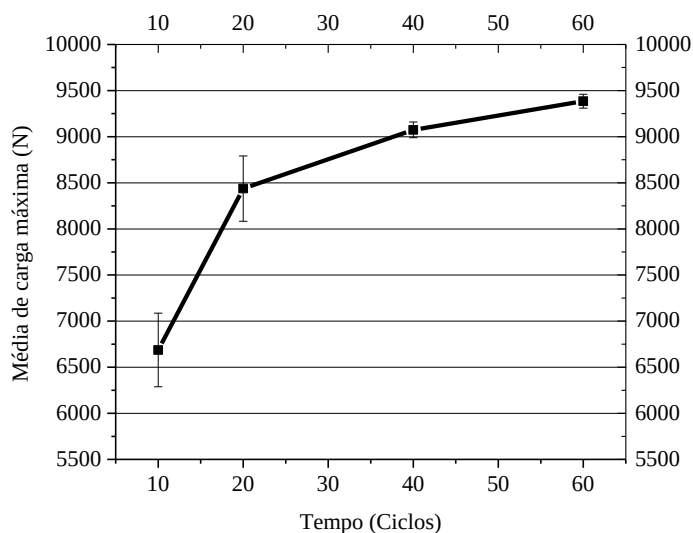


Figura 11. Resistência à tração (N) X Tempo (Ciclos) do terceiro procedimento

4. CONCLUSÕES

Diante dos resultados foi possível chegar às seguintes conclusões:

- Pode-se verificar que o processo apresenta uma dispersão considerável nos resultados correlacionados à resistência mecânica das juntas soldadas, com valores superiores a 20%.
- Pode-se verificar a influência do aumento da corrente de soldagem na resistência mecânica da junta até que se atinjam valores que apresentam uma tendência a permanecerem constantes.

- A expulsão (centelhamento) não afetou negativamente a resistência das juntas soldadas ou pelo menos foi minimizado por outros fatores. No entanto, o centelhamento está associado negativamente a problemas operacionais (desgaste do eletrodo), perigo de incêndio e a questões de segurança do operador (queimaduras).
- Corpos de prova com a aplicação de maiores valores de corrente de soldagem e de tempo de aplicação de corrente apresentaram maior tendência ao rasgamento da chapa no ensaio de tração e não ruptura no ponto. Além de maior resistência mecânica o corpo de prova cuja ruptura ocorre por rasgamento da chapa absorve mais energia, neste caso próximo de 400%.
- Mesmo tratando-se de aço baixo carbono, em função do ciclo e parâmetros de soldagem há o aparecimento de diferentes morfologias de microestruturas na região do ponto de soldagem. Fato que evidencia a influência e relevância do ciclo térmico no processo.
- Não foi possível verificar nenhuma tendência de variação na resistência dos corpos de prova com a variação da força aplica. Porém, é obvio que há a exigência de uma força mínima para garantir o bom contato entre as chapas e que o excesso de força pode aumentar a indentação comprometendo a exigência de aspectos estéticos da solda e também da resistência mecânica.

5. AGRADECIMENTOS

Agradecemos aos dirigentes do CEFET-MG que possibilitaram a utilização da infraestrutura dos laboratórios para a realização do trabalho.

Ao professor Alexandre Queiroz Bracarense por ter cedido as instalações do Laboratório de Robótica, Soldagem e Simulação (LRSS) da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) para a soldagem dos corpos-de-prova.

6. REFERÊNCIAS

- Branco, H. L.O., 2004, “Avaliação de capas de eletrodos utilizadas na soldagem por resistência de chapas galvanizadas automotivas” Dissertação de mestrado, departamento de engenharia mecânica, setor de tecnologia da Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, 113 p.
- Cary, H. B., 1998, *Modern welding technology* (4 ed.), New Jersey: United States, 780 p.
- Colpaert, H., 2008, *Metalografia dos produtos siderurgicos* (4ª ed.), São Paulo, Brasil.
- Fiat automóveis. “Saldature a resistenza: punte di elettrodi con attacco femmina 1:10”. Turim, 2007. (62972/30).
- Fonseca, E. O., 1999, “Monitoração da resistência dinâmica na soldagem a ponto por resistência elétrica e avaliação da sua relação com a resistência mecânica do ponto de solda.” Dissertação de mestrado, departamento de engenharia mecânica, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, 137 p.
- Kaiser, J.G., Dunn, G.J. and Eagar, T.W., 1982, “The Effect of Electrical Resistance on Nugget Formation During Spot Welding”, *The welding Jorurnal*, pp. 167-174.
- Lancaster, J. F., 1993, *Metallurgy of Welding* (5ª ed), Londres, Inglaterra.
- Marques, P. V., Modenesi, P. J., & Bracarense, A. Q., 2009, *Soldagem: Fundamentos e Tecnologia* (2ª ed.), Belo Horizonte, Brasil, 363 p.
- Nascimento, V. C., 2008, “Seleção de parâmetros de soldagem a ponto por resistência, baseado na medição da resistência elétrica entre chapas” Dissertação de mestrado, programa de pós-graduação em engenharia mecânica, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG, 130 p.
- Ramazani, A., Mukherjee, K., Abdurakhmanov, A., Abbasi, M. and Prael, U., 2015, “Characterization of Microstructure and Mechanical Properties of Resistance Spot Welded DP600 Steel”, *Online Journal Metals*, pp. 1704-1716.
- Ruiz, D. C., 2005, “Contribuição ao desenvolvimento de processos de montagem e soldagem de carrocerias automotivas” Dissertação de mestrado, departamento de escola politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 107 p.
- Rwma. Resistance welding manual. 4. Ed. E.u.a., 1989. 443 p.
- Shome, M. and Chatterjee, S., 2009, “Effect of Material Properties on Contact Resistance and Nugget Size during Spot Welding of Low Carbon Coated Steels”, *ISIJ International*, Vol. 49, No. 9, pp. 1384–1391.
- Souza, S. A., *Ensaio Mecânicos de Materiais Metálicos* (5ª ed), São Paulo, Brasil.
- Tang, H., Hou, W. and Hu, S.J., 2002, “Forging force in resistance spot welding”, *Proc Instn Mech Engrs Vol 216 Part B: J Engineering Manufacture*.
- Vargas, J. E., 2006, “Estudo da formação, geometria e resistência do ponto na soldagem por resistências: uma abordagem estatística” Dissertação de mestrado, departamento de engenharia mecânica, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 143 p.
- Wainer, E., Brandi, S. D., & Mello, F., 1992, *Soldagem Processos e Metalurgia* (1ª ed.), São Paulo, Brasil, 494 p.
- Zhou, M., Zhang, H. and Hu, S.J., 2003, “Relationships between Quality and Attributes of Spot Welds”, *The Welding Journal*, pp. 72-77.

SPOT WELDING: INFLUENCE OF THE VARIABLES OF THE PROCESS AND ITS CORRELATION WITH THE MECHANICAL AND METALLURGICAL PROPERTIES OF THE WELDED JOINT

Guilherme Mendes Christofolletti, gui182666@gmail.com

Maria Mariana Simoes Ferreira, mmarianasimoesf@gmail.com²;

Matheus Soares Siman, Matheusj10@hotmail.com³,

Ivan José de Santana, ivansan@deii.cefetmg.br⁴,

⁴ Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET MG). Departamento de Engenharia de Materiais (DEMAT). Av. Amazonas, 5253, Nova Suiça, Belo Horizonte, MG, Brasil, CEP: 30.421-169

Abstract: Among the various welding processes, those classified as resistance welding constitute a group of fundamental importance for the industry, not only due to the inherent characteristics of the processes, but also due to the introduction of mechanical and/or robotic systems to provide productivity, repeatability and reproducibility, as well as low relative cost. However, these welding processes also generate a series of challenges, mainly in relation to the influence of some variables, in the proper validation of the performed welds and in the evaluation of welded joints strength. Spot welding is the process of welding by resistance used in the joining of steel sheets in the automotive industry for the production of bodies and components. This work investigated the influence of different variables of this process when applied to low carbon steels, as well as the different microstructures generated, the obtained mechanical properties and the weldability. In this context, after welding tests, using different values of current, welding time and tension applied in the welded joint, the mechanical strength of the joint, microstructure, aspects related to the fracture after the tensile test and weldability. It was possible to evaluate the influence of different welding parameters on the mechanical properties and microstructure of the cast and ZTA weld joints.

Key words: Resistance welding, Spot welding,

Palavras-chave: Soldagem por resistência, Soldagem por pontos, deformation welding.