



VISUALIZAÇÃO DA FORMAÇÃO DA LENTILHA EM SOLDAS A PONTO POR RESISTÊNCIA

José Enrique Vargas

Mestrando no Convênio UFU-UnB (Laprosolda- Graco) em Pós-graduação em Engenharia Mecânica
jevargas@hotmail.com

Sadek C. Absi Alfaro

Prof. Dr., Universidade de Brasília, Graco, Campus Darcy Ribeiro, 70910-900
sadek@unb.br

Louriel O. Vilarinho

Prof. Dr., Universidade Federal de Uberlândia, Campus Santa Mônica, Bloco 1M, 38400-032
vilarinho@mecanica.ufu.br

Resumo: O processo de Soldagem a Ponto por Resistência (RSW) é largamente empregado na indústria automobilística, pois possui uma alta produtividade (mais de 20 pontos/minuto) e boa qualidade. Entretanto, a introdução de aços galvanizados nas linhas de produção trouxe dificuldades para o correto ajuste dos parâmetros de soldagem. Desta forma, este trabalho apresenta um estudo detalhado da formação da lentilha de solda utilizando-se uma câmera de filmagem em alta velocidade sincronizada com os sinais elétricos de tensão e corrente. A fusão do material, a formação da poça e queima do revestimento são observados e correlacionados com os sinais elétricos.

Palavras-chave: Soldagem a Ponto por Resistência, Lentilha, Filmagem em Alta Velocidade.

1. INTRODUÇÃO

A Soldagem a Ponto por Resistência (RSW) é um dos processos de fabricação mais utilizados na indústria automobilística. Neste processo, chapas metálicas são unidas pelo coalescimento de pontos de solda a partir da fusão localizada devido ao calor gerado pela resistência do material à passagem de corrente elétrica (Efeito Joule, dado pelo produto da corrente pela resistência elétrica I^2R). O material da chapa normalmente empregado na indústria automobilística é o aço comum ao carbono. Entretanto, nos últimos anos o aço galvanizado tem sido utilizado devido a sua característica de resistência à corrosão. Esta inovação da indústria trouxe novas complicações para a qualidade do processo, como o correto ajuste dos parâmetros de soldagem, o que demanda novas linhas de pesquisa.

A literatura científica tem-se focado na análise, monitoramento e melhoria dos mecanismos de formação da lentilha de solda sob diferentes condições, parâmetros e materiais com o objetivo de otimizar o processo de soldagem (Dickinson et al., 1980; Kaiser, et al., 1982 e mais recentemente Cho & Rhee, 2003). De acordo com esta tendência na literatura, é proposto estudar o mecanismo de formação da lentilha utilizando-se filmagem em alta velocidade sincronizada com sinais de corrente e tensão.

2. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

A fonte de soldagem utilizada é composta por um transformador (Soltronic HT75 2 MF, 440 V, 75 kVA) e um controlador (Fase Saldatura, com potência 54 kVA). O sistema é refrigerado à água e conta com sistema pneumático de força (87 to 261 kgf).

A visualização da lentilha foi feita com auxílio de uma câmera de alta velocidade (Nac, modelo Memrecam CI V-145-J) e iluminação externa (Arrilite 1000, com 1000 w, 60 Hz, 45°-250°C), como mostrado na Figura 1. Foi utilizado uma taxa de 1000 quadros por segundo e um tempo de exposição (shutter) de 1/6000 s. A sincronização entre filmagem e sinais elétricos foi feita como descrito em Bálamo et al. (2000).

Os eletrodos (capinhas) possuem 16 mm de diâmetro externo, são do tipo esférico, classe A, grupo 2, dureza 75 HRb e 75% IACS, sendo truncados a 3 mm como mostrado na Figura 2. Tal truncamento é realizado para facilitar a visualização.

Para a visualização cinco condições de soldagem foram selecionadas, como mostrado na Tabela 1.

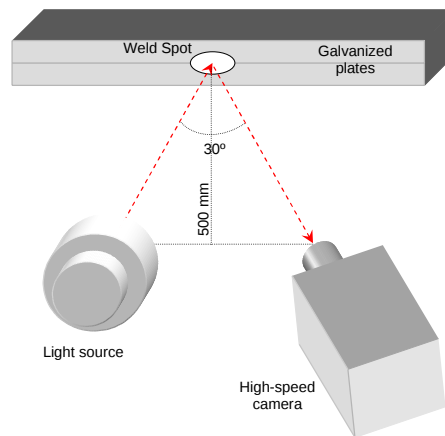


Figura 1: Procedimento experimental para filmagem.

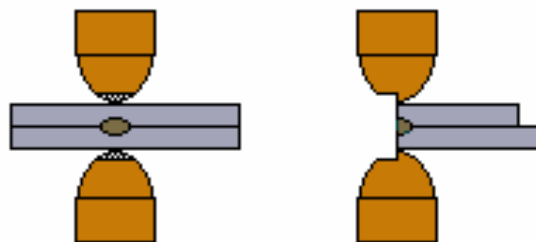


Figura 2: Chapas e eletrodos truncados.

Tabela 1: Condições selecionadas (todos os ensaios utilizam 30 ciclos e 87 kgf).

Run	I_{rms} [A]	V_{rms} [V]	Plates thicknesses
4735	3504	1,06	2mm-2mm
4736	3534	0,90	2mm-1.2mm
4737	3561	0,81	1.2mm-1.2mm
4739	2060	0,73	2mm-2mm
4740	3027	1,01	2mm-2mm

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As imagens em alta velocidade sincronizadas com os sinais elétricos são mostradas nas Figuras 3 a 5. Para o Teste 4735 (Figura 3) é mostrado que a partir do décimo ciclo há uma considerável queima do revestimento de zinco e a partir do décimo segundo inicia-se a formação da lentilha que dura até o trigésimo. Após 134 ms que o ciclo termina a lente ainda está aquecida e se a força entre os eletrodos fosse cessada, ocasionar-se-ia um defeito.

Já para o Teste 4736 (Figura 3), a partir do décimo ciclo a lentilha começa a se formar na chapa mais espessa, haja visto que esta possui uma maior resistência elétrica. Neste ponto, o revestimento já está praticamente queimado. Ao final da soldagem, a lentilha atinge seu tamanho máximo e após 123 ms do fim do ciclo, a lentilha está solidificada.

No Teste 4737 (Figura 4) observa-se a explosão e expulsão de material do revestimento no sexto ciclo. A partir do décimo ciclo até o décimo sexto, a lentilha é formada, enquanto que o seu tamanho máximo é atingido após o trigésimo ciclo e a solidificação é obtida após 93 ms.

O Teste 4739 (Figura 4) emprega uma corrente menor que o 4735 (Tabela 1). Nas imagens observa-se uma similaridade entre a queima do revestimento. Entretanto, o ciclo de soldagem cessa sem que o material tenha se fundido.

No Teste 4740 (Figura 5), um valor intermediário de corrente foi utilizado se comparado aos Testes 4735 e 4739. Os mesmos eventos que ocorreram no Teste 4735 também estão presentes neste teste, contudo numa escala menor. Uma importante observação refere-se ao tempo de solidificação. No caso do Teste 4735, a lentilha está completamente solidificada após 207 ms do final do ciclo, enquanto que no Teste 4740 isto acontece após 134 ms, uma vez que um menor nível de corrente foi utilizado. Como trabalho futuro, sugere-se modelar (analiticamente, numericamente ou mesmo empiricamente com uso de técnicas estatísticas) este tempo de solidificação e validar os resultados com os dados experimentais do presente trabalho.

4. CONCLUSÕES

Com base nas filmagens em alta velocidade sincronizadas com os sinais elétricos, permite-se concluir:

- O tamanho da lentilha oscila de acordo com a oscilação da corrente (neste caso 60 Hz);
- Quanto maior o valor rms da corrente, mais tempo leva para a lentilha se solidificar;
- O revestimento de zinco inicia sua queima já no primeiro ciclo para correntes acima de 3 kA;
- O revestimento de zinco está completamente queimado até o décimo sexto ciclo para correntes acima de 3 kA;
- A lentilha começa se forma (chapa tornar-se vermelha) a partir do décimo ciclo para correntes acima de 3 kA;
- Para correntes abaixo de 2 kA, não foi verificado a formação de lentilha.

3. AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer ao CNPq, ao Laprosolda e aos Programas de Pós-graduação em Engenharia Mecânica da UnB e da UFU.

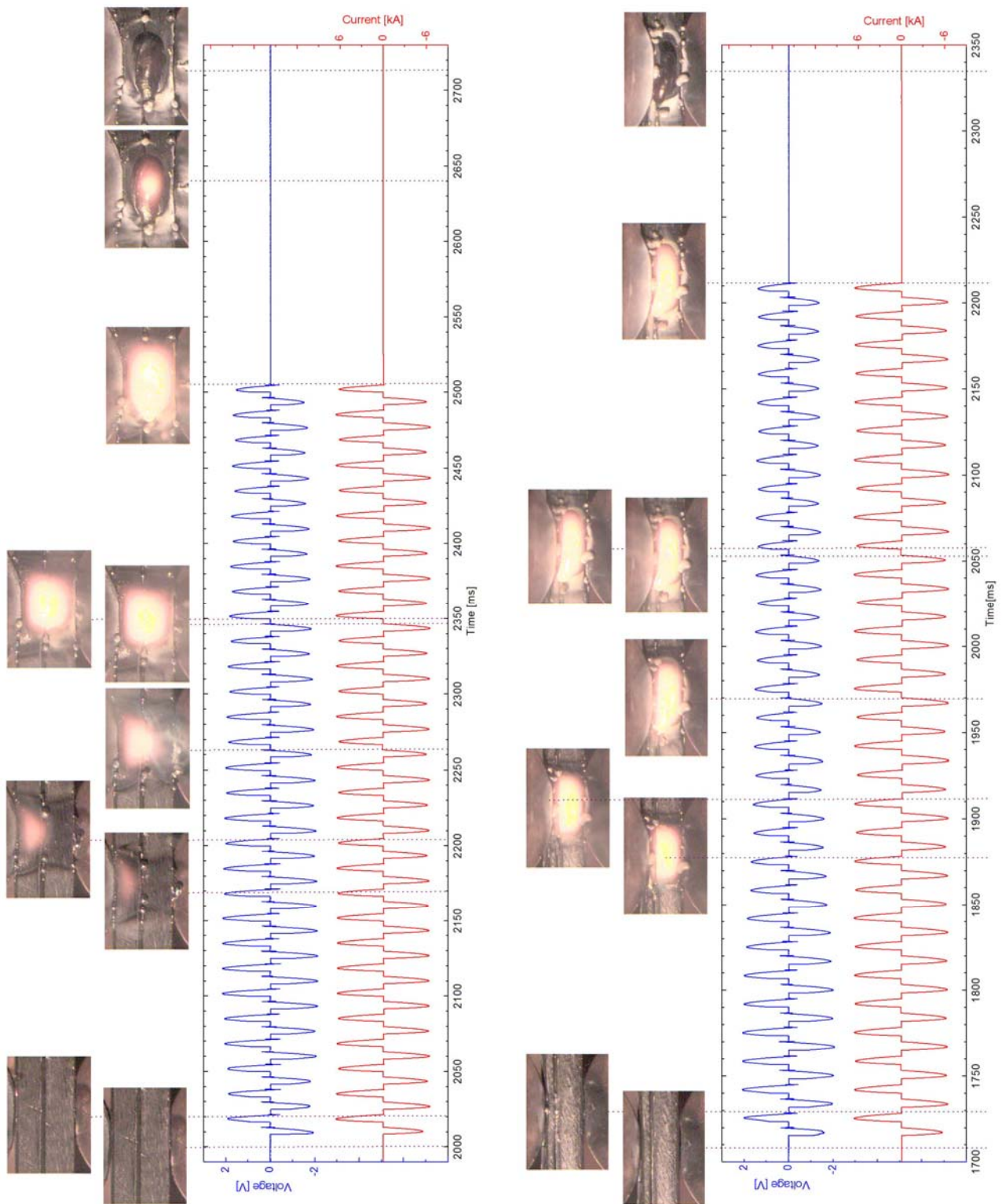


Figura 3: Imagens sincronizadas para os ensaios 4735 (esquerda) e 4736 (direita).

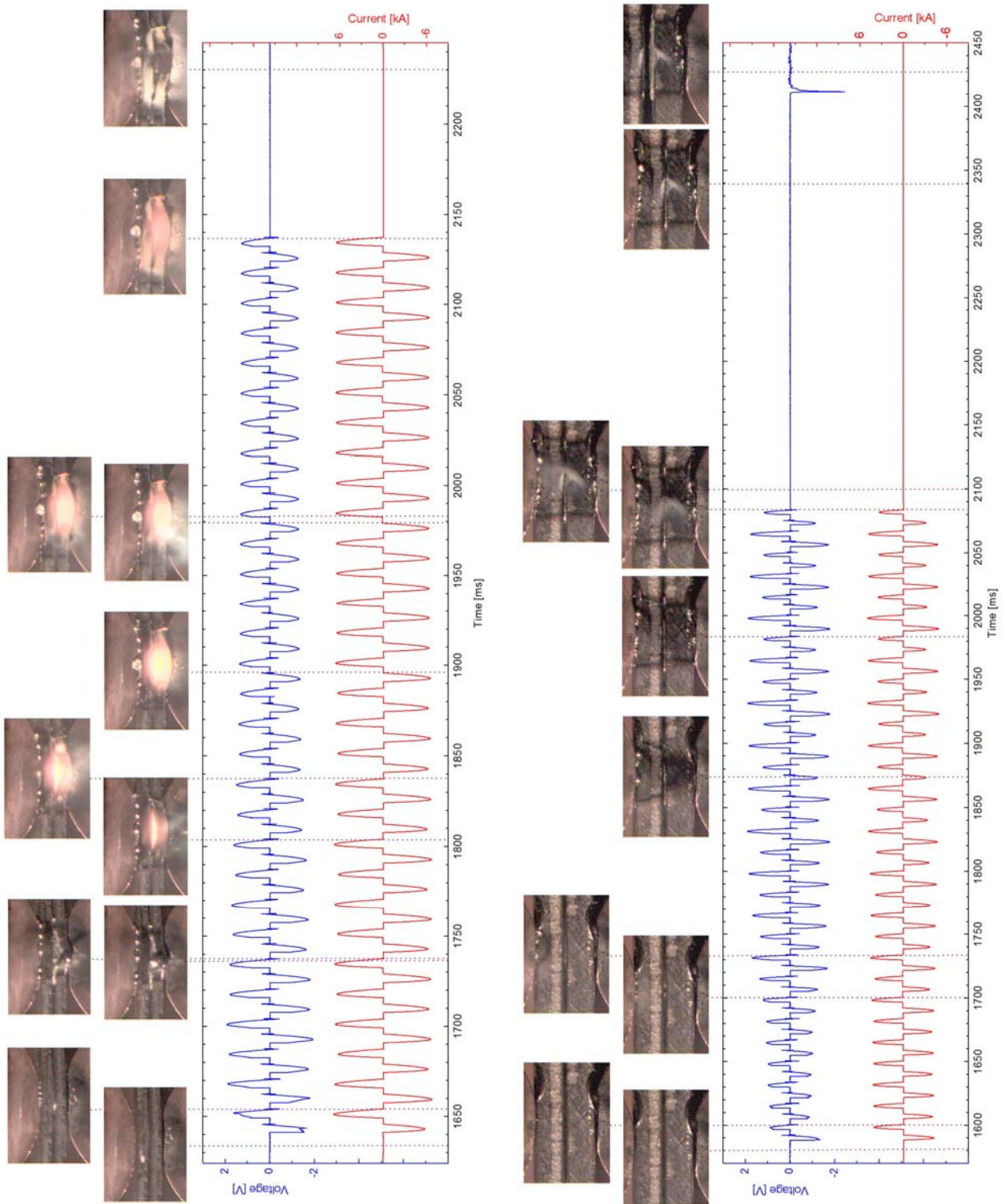


Figura 4: Imagens sincronizadas para os ensaios 4737 (esquerda) e 4739 (direita).

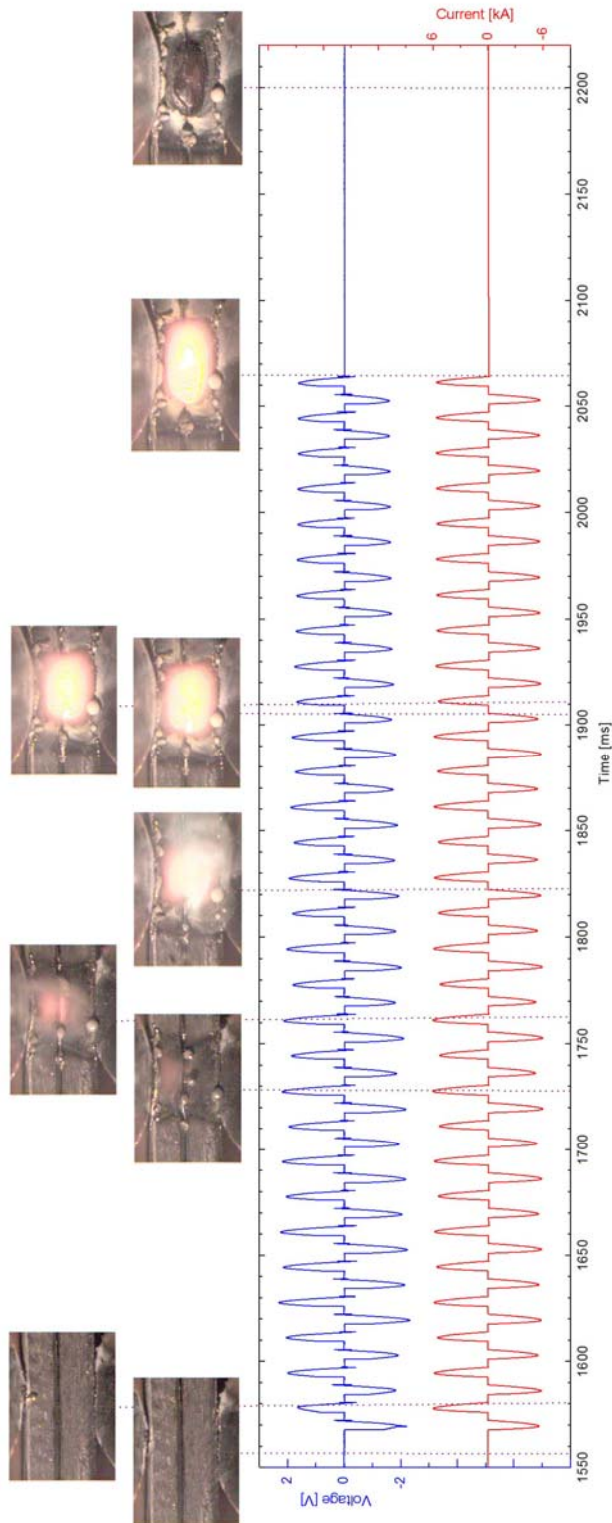


Figura 5: Imagens sincronizadas para o ensaio 4740.

4. REFERÊNCIAS

- Cho, Y., and Rhee, S. 2003, "Experimental Study of Nugget Formation in Resistance Spot Welding". *Welding Journal* (8): 195-s to 201-s.
- Cho, H. S., and Cho, Y. J. 1989. "A study of the thermal behavior in resistace spot welding. *Welding Journal* 68(6): 236-s to 244-s.

- Dickinson, D. W.; Franklin, J. E.; and Stanya, A. 1980. "Characterization of spot welding behavior by dynamic electrical resistance monitoring". Welding Journal 59(6): 170-s to 176-s.
- Kayser, J. G., Dunn, G. J., and Eager, T. W. 1982, "The effect of electrical resistance on nugget formation during spot welding. Welding Journal 61(6): 167-s to 174-s
- Lane, C. T., Sorensen, C. D., Hunter, G. B., Gedeon, S. A., and Eagar, T.W. 1987. "Cinematography of resistance spot welding of galvanized steel sheet". Welding Journal 66(9): 260-s to 265-s.
- Rice, W., and Funk, E. J. 1967. "An analytical investigation of the temperature distributions during resistance welding". Welding Journal 46(4): 175-s to 186-s.
- Savage, W. F.; Nippes, E. F.; and Wassell, F. A. 1978. "Dynamic contact resistance of series spot welds". Welding Journal 57(2): 43-s to 50-s.
- Sawhill, J. M., Jr., and Baker, J. C. 1980. "Spot weldability of high-strength sheet steels". Welding Journal 59(1): 19-s to 30-s.
- Bálsamo, P. S. S., Vilarinho, L. O., M. Vilela, Scotti, A. 2000. "Development of an experimental technique for studying metal transfer in welding: synchronized shadowgraphy". The Int. Journal for the Joining of Materials: v.12, n.2, p.48 - 59.

5. DIREITOS AUTORAIS

Os autores serão os únicos responsáveis pelo conteúdo do material impresso incluído no seu trabalho.

VISUALIZATION OF THE NUGGET FORMATION IN RESISTANCE SPOT WELDING

José Enrique Vargas

MSc candidate at University of Brasilia (Graco) and Federal University of Uberlândia (Laprosolda)
jevargas@hotmail.com

Sadek C. Absi Alfaro

Ph.D. Full Professor, University of Brasilia, Graco, Campus Darcy Ribeiro, 70910-900
sadek@unb.br

Louriel O. Vilarinho

Dr. Associate Professor, Federal University of Uberlândia, Laprosolda, Campus Santa Mônica, Bloco 1M, 38400-032
vilarinho@mecanica.ufu.br

Abstract: *Resistance Spot Welding (RSW) is largely used in the automotive industry. It has high production rates (over 30 spots/minute) and good quality. However, the introduction of galvanized plates on production lines brought difficulties on the welding parameters setup. This work presents a detailed study on the nugget formation by using a high-speed camera synchronized to the current and voltage signals. The material melting, the weld pool (nugget) and the coating burning are observed and correlated to the electrical signals*

Keywords: *Resistance Spot Welding, Nugget Formation, High-Speed Filming.*