

AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA MECÂNICA EM UNIÕES DE CHAPAS DE AÇO DC-04 POR SOLDAGEM E POR CLINCHING

Felipe Pinheiro Machado Wailler

Ricardo Diego Torres

Sergio Luiz Manenti

Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Rua Imaculada Conceição, Prado Velho, Curitiba, Paraná, 80215-901.
felipe.wailler@pucpr.edu.br; ricardo.torres@pucpr.br; sergio.manenti@pucpr.br

Marcio Brandani Tenório

Paulo Victor Prestes Marcondes

Universidade Federal do Paraná, Rua XV de Novembro, 1299 - Centro, Curitiba - PR, 80060-000
marciobt@ufpr.br; marcondes@ufpr.br

Resumo: Visando a aplicação de processos de união permanente em chapas de aço DC04, utilizada para confecção de partes móveis da carroceria automotiva, esse trabalho tem como objetivo analisar a resistência mecânica do ponto de soldagem por resistência e do ponto conformado por Clinching, avaliando o arrancamento por meio do ensaio de tração. Dessa maneira, foi feita uma análise da viabilidade para aplicação do Clinching e da soldagem por resistência. Os resultados obtidos demonstram que a solda ponto apresenta maior resistência ao arrancamento, mas o Clinching, por ser um processo de baixo custo e de maior eficiência energética podem ser aplicados para uniões de baixa resistência.

Palavras-chave: Clinching; UCCF; Soldagem por resistência; DC04; união permanente.

1. INTRODUÇÃO

Com a evolução do setor automotivo, a necessidade de realizar a união de chapas metálicas se tornou mais presente nos processos de fabricação dos automóveis, principalmente no chassi e nas partes móveis do carro, dessa maneira, diversos processos de união são estudados com o intuito de encontrar um processo que apresente mais vantagens em relação aos outros. Os processos de união podem ser divididos em processos de união permanente (soldagem, rebiteagem, união através da deformação plástica, entre outros) ou processos de união desmontável (parafusos, porca, prisioneiro e assim por diante).

Para a união de chapas para a confecção de parte móveis do automóvel (portas, capô e porta-malas) são utilizados métodos de união permanente, pois apresentam menor peso na junta e uma facilidade maior na serialização do processo.

A soldagem por resistência, mais especificamente, a soldagem por ponto representado na fig. 1, é um dos processos de união de chapas metálicas mais utilizados nessa aplicação, pois apresenta alta produtividade e proporciona uma boa resistência mecânica a junta.

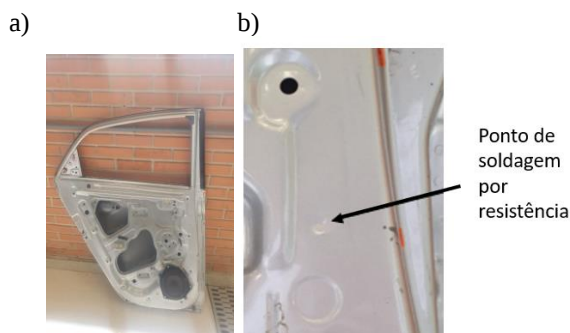


Figura 1. Utilização da soldagem por resistência na união de partes móveis de aço DC04 no setor automotivo, (a) porta traseira do automóvel; (b) ampliação do ponto de soldagem por resistência na porta do automóvel.

De acordo com Wainer *et al.* (2004) O processo de soldagem por resistência consiste em gerar calor através da passagem de corrente elétrica pelo eletrodo (Efeito Joule) e com a aplicação de uma determinada pressão dos eletrodos nas chapas, o calor gerado é suficiente para fundir o material e gerar a solda, não sendo necessário a adição de nenhum outro metal para a constituição da mesma.

A figura 2 (a) demonstra um esquema de funcionamento da solda ponto individual e a fig. 2 (b) demonstra um esquema de funcionamento da solda ponto múltipla, na qual cada processo de soldagem completo possui a capacidade de realizar dois ou mais pontos de solda.

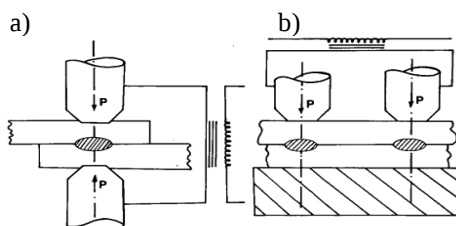


Figura 2. Esquema de soldagem por resistência, (a) solda ponto; (b) solda ponto múltipla.
(Wainer, 2004)

Algumas desvantagens desse processo são: alto custo dos equipamentos, dificuldade na otimização dos parâmetros de soldagem, alto custo dos eletrodos, produção de fumos, grande consumo de energia e a alta temperatura de operação. Dessa maneira, uma alternativa que vem sendo cada vez mais estudada e aplicada em situações em que a solda ponto poderia ser utilizada, é o processo de União de Chapas por Conformação a frio (UCCF) ou *Clinching*.

Conforme Varis (2006), o *Clinching* é um processo de união permanente que consiste em unir as chapas por meio da deformação plástica dos materiais. O processo de *Clinching* consiste em utilizar uma matriz e um punção para deformar as chapas plasticamente e consequentemente gerar uma zona de aderência entre as chapas (*Interlocking*).

A figura 3 demonstra o funcionamento do processo de UCCF. As chapas são colocadas sobrepostas sobre uma matriz e um punção se desloca no sentido do fundo da matriz e consequentemente, com a força exercida sobre as chapas, elas se deformam plasticamente e preenchem os canais da matriz, gerando a zona de *Interlocking*.

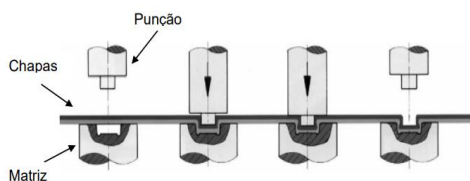


Figura 3. Representação do processo de “Clinching”.
(Varis, 2006)

Trabalhos recentes de Armento e Pereira (2012) demonstram que, para a realização de um ponto do *Clinching* é necessário aproximadamente 0,5 kW de energia, enquanto que para um ponto de soldagem por resistência, é necessário aproximadamente 100 kW de energia, dessa maneira, o processo de UCCF apresenta uma eficiência energética aproximadamente 200x melhor do que a soldagem por resistência, aumentando ainda mais o interesse pelo desenvolvimento e otimização desse processo. O custo para realizar um ponto de *Clinching* é 40% mais barato do que o custo para realizar um ponto de soldagem por resistência, sendo que o motivo principal dessa diferença é o fato do processo de *Clinching* não precisar de calor e consequentemente, não há a necessidade de passagem da corrente elétrica igual a soldagem por resistência, como demonstrado pela empresa TOX (2003).

O trabalho de Mori *et al* constatam que a deformação plástica causada pelo processo de UCCF gera uma zona de encruamento nas extremidades do ponto *Clinching*, aumentando assim, a resistência do material nesse local. Uma desvantagem desse processo é que essa zona de encruamento, consequente da deformação plástica, limita a distância mínima entre os pontos de UCCF, por causa que o aumento da resistência causado pelo encruamento impede que ocorra a deformação plástica de maneira ideal nas redondezas do ponto de *Clinching*.

Esse trabalho tem como objetivo analisar o comportamento e a viabilidade da aplicação do *Clinching* (UCCF) e da soldagem por ponto para chapas de aço DC04, levantando as vantagens e desvantagens inerentes a cada processo.

2. METODOLOGIA

2.1. Materiais

O material escolhido para a realização desse trabalho foi o aço DC04, um aço baixo carbono, totalmente ferrítico e com grau de embutimento 4, muito utilizado na confecção de partes móveis no setor automotivo pela sua alta capacidade de deformar plasticamente.

O sentido de laminação (0°, 45° ou 90°) afeta diretamente no alongamento dos grãos durante o encruamento. Para processos de estampagem por embutimento, o sentido de laminação tem uma grande influência no resultado final, mas

para processos de rebiteagem, o sentido de laminação apresenta pouca influência. Isso ocorre, pois, a área afetada pelo processo de *Clinching* é muito pequena e como a força aplicada para a execução do ponto é muito grande, as divergências nas propriedades mecânicas geradas pelo sentido de laminação afetam muito pouco no produto final do processo de *Clinching*.

Para o levantamento dos dados do aço DC04 nesse trabalho, foram utilizadas chapas com sentido de laminação de 0°, 45° e 90°.

2.2. Preparação das amostras

As dimensões utilizadas para a preparação dos corpos de provas, com o objetivo de obter as propriedades mecânicas para chapas com sentidos de laminação (0°, 45° e 90°) do DC04, foram baseadas na norma para ensaios de tração ASTM E646 [6], as dimensões do modelo gravata estão conforme figura 4 e a chapa utilizada para a confecção do corpo de prova tem 1 mm de espessura.

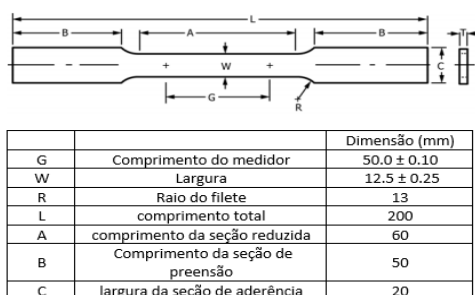


Figura 4. Dimensões da gravata para o ensaio de tração. (ASTM E646)



Figura 5. Corpo de prova para o aço DC04.

Para a realização do processo de soldagem por resistência e do *Clinching* foram preparadas 11 amostras (5 de soldagem por resistência e 6 de *Clinching*) com duas chapas de DC04 (apenas com o sentido de laminação 0°) com 1 mm de espessura, 40 mm de largura e 140 mm de comprimento. Dessa forma, o ponto de solda ou o UCCF ficarão centralizados em uma região sobreposta das chapas com 40 mm de largura e 40 mm de comprimento, sendo assim, as amostras terão um comprimento total de 240 mm.

2.3. Soldagem por Resistência

Os parâmetros necessários para projetar o processo de soldagem por ponto são: espessura das chapas; a geometria do eletrodo e suas dimensões, o tempo e a corrente de soldagem e a força do eletrodo. Cada material necessita parâmetros diferentes para a execução da solda ponto. Esses valores são especificados pela ASTM e ASME e no caso do material utilizado nesse trabalho, aço DC04, esses parâmetros foram retirados de uma tabela do livro do Wainer *et al.* (2004), adaptados para aços de baixo carbono e reproduzidos na tab. 1.

Tabela 1. Parâmetros de soldagem para aços baixa liga (Wainer, 2004)

Material			Eletrodo tipo III			Força do eletrodo (N)	Tempo (ciclos)			Corrente de soldagem (A)	Contato mínimo para superposição (mm)	Corrente de revenido (% da corrente de soldagem)	Espaço mínimo entre soldas (mm)	Diâmetro da zona fundida (mm)
Tipo ABNT	Condição (*)	Espessura (mm)	D min (mm)	d (mm)	R (mm)		Soldagem	Têmpera	Revenimento					
1020	LQ	1,02	15,9	6,4	150	6600	6	17	6	16000	13	90	25	5,8
1035	LQ	1,02		6,4	150	6600	6	20	6	14200	13	91	25	5,6
1045	LQ	1,02		6,4	150	6600	6	24	6	13800	13	88	25	5,3
4130	LQ	1,02		6,4	150	6600	6	18	6	13000	13	90	25	5,6
4340	N&E	0,79		4,8	150	4000	4	12	4	8250	11	84	19	4,1

Os eletrodos foram usinados com a geometria do eletrodo (III) da fig. 6 e acoplados na máquina de soldagem por ponto. Os parâmetros foram ajustados na máquina e o processo de soldagem por resistência foi realizado.

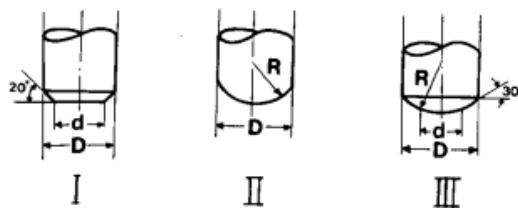


Figura 6. Geometrias dos eletrodos da soldagem por ponto.
(Wainer, 2004)

2.4. Clinching

Os parâmetros que influenciam nas propriedades mecânicas do *Clinching* foram abordados em estudos anteriores de Mucha (2011), demonstrando a importância da geometria da matriz na formação do pescoço (t_n), da zona de *interlocking* (t_s) e da espessura de fundo (r_b), demonstrados na fig. 7 e a relação desses parâmetros com as propriedades mecânicas da junta. Quanto maior o pescoço (t_n) e o *interlocking* (t_s) e menor a espessura de fundo (r_b), a junta tende a ter maior resistência mecânica. Esses parâmetros dependem majoritariamente da geometria do conjunto matriz/punção e da força aplicada para a execução do ponto de *Clinching*.

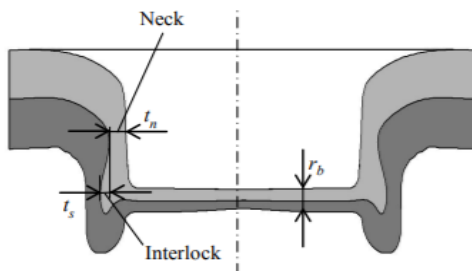


Figura 7. Parâmetros relacionados com a resistência mecânica do UCCF.
(Wang et al, 2014)

Baseado em um trabalho realizado por Tenório (2016), em que foi feito um estudo das geometrias das matrizes utilizadas em outros trabalhos e uma comparação das propriedades mecânicas obtidas na junta proveniente de matrizes com diferentes geometrias, a geometria da matriz que apresentou a maior resistência ao arrancamento foi a com canal circunferencial profundo, com paredes estreitas e inclinação de 70°, utilizada em estudos anteriores de Wang *et al.* (2014) e representada na fig. 8.

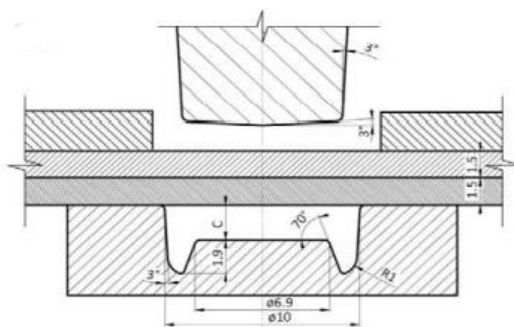


Figura 8. Matriz de UCCF.
(Wang et al, 2014)

A matriz utilizada tem a geometria da fig. 9 e foi disponibilizada de estudos anteriores. O conjunto da matriz é composto de um prensa chapas, que além de segurar as chapas para que não haja deslocamento (escorregamento) no momento do *Clinching* também serve de guia para o punção, a parte superior da matriz, a qual o punção fica acoplado, e o punção de 10 mm de diâmetro com a geometria demonstrada na fig. 9, todos os componentes do conjunto estão representados na fig. 9. Tanto a matriz quanto o punção foram feitos em aço ferramenta para trabalho a frio VC131.

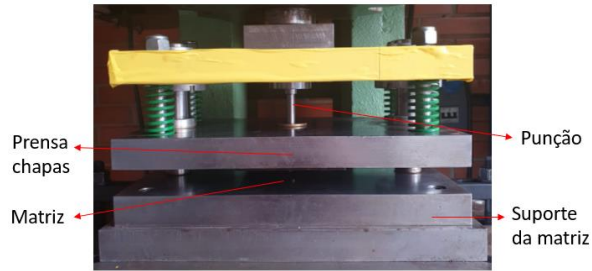


Figura 9. Conjunto da matriz para a realização do *Clinching*.

O conjunto foi montado em uma prensa excêntrica mecânica com acionamento pneumático PXF 30 de modo que o golpe da prensa foi ajustado para 14 mm de curso, garantindo que a espessura de fundo fosse mínima e consequentemente, a integridade do *Clinching*.

2.5. Ensaio de tração

Foram realizados testes de tração em cinco amostras de cada processo e a amostra restante do *Clinching* foi utilizada para realizar a análise metalográfica da junta. O ensaio de tração foi realizado na máquina MTS Model E 45 da E-CEED, com as garras próprias para a execução do ensaio em chapas. Usando o próprio software da MTS, obteve-se os dados dos ensaios de tração referentes a cada amostra. Esses dados foram transferidos para uma planilha do Excel e dessa maneira, foi possível confeccionar os gráficos de força em relação ao deslocamento para cada amostra.

2.6. Tratamento dos dados referentes aos ensaios dos corpos de prova do aço DC04

Utilizou-se os dados referentes a carga aplicada e o deslocamento do corpo de prova (deformação), provenientes do ensaio de tração, para traçar a curva de tensão de engenharia-deslocamento do DC04. A tensão de engenharia (σ) pode ser calculada através da razão da carga aplicada (F) pela área de aplicação da carga (A), Eq. 1.

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (1)$$

O coeficiente de anisotropia (r) é um indicativo da capacidade do material em se deformar plasticamente. Para processos de embutimento profundo, altos valores do índice de anisotropia são recomendados. Para a aproximação do índice de anisotropia médio (r_m) do material, calculou-se o índice de anisotropia para cada sentido de laminação através da Eq. 2 e utilizando a Eq. 3 calculou-se o coeficiente de anisotropia médio do DC04 conforme Souza (1982).

$$r = \frac{\ln \frac{w}{w_0}}{\ln \frac{l_0 w_0}{lw}} \quad (2)$$

Onde: w é a largura instantânea, w_0 é a largura inicial, l é o comprimento instantâneo e l_0 é o comprimento inicial.

$$r_m = \frac{r_{0^\circ} + 2r_{45^\circ} + r_{90^\circ}}{4} \quad (3)$$

O encruamento do material é a capacidade de ele endurecer durante a deformação plástica e o coeficiente de encruamento (n) determina a habilidade do material em distribuir a deformação uniformemente durante o processo de conformação a frio [10]. É possível calcular o coeficiente de encruamento através da equação de Hollomon, Eq. 4, onde, K é uma constante de resistência que determina a tensão real em MPa, quando a deformação verdadeira for igual a um ($\varphi = 1$) e σ_v é a tensão verdadeira.

$$\sigma_v = K \varphi^n \quad (4)$$

A deformação de engenharia (ε) representa a deformação média do material e é obtida pela razão da variação do comprimento (Δl) pelo comprimento inicial (l_0), demonstrado na Eq. 5.

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0} \quad (5)$$

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1. Resultados do ensaio de tração do aço DC04

Os resultados obtidos do ensaio de tração realizado nos corpos de provas do aço DC04 com sentido de laminação 0°, 45° e 90° são apresentados no fig. 10 e os dados conseguidos através das equações (1), (2), (3), (4) e (5) estão representados na tab. 2:

Tabela 2. Valores obtidos para o aço DC04

Sentido	Limite de resistência a tração (σ_r) [MPa]	Limite de escoamento (σ_e) [MPa]	Anisotropia (r)	Encruamento (n)
0°	219,00	121,07	2,76	0,22
45°	222,31	120,32	2,10	
90°	211,73	133,71	2,07	
Média	217,68	125,03		

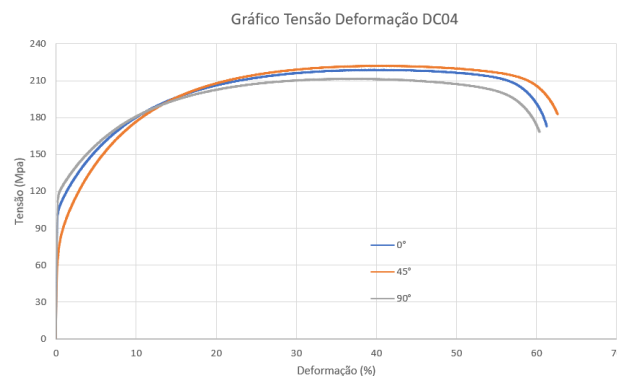


Figura 10. Curvas tensão-deformação de engenharia dos corpos de prova do DC04 para os sentidos de laminação 0°, 45 e 90°.

O limite de resistência a tração (σ_r) entre as amostras 0° ($\sigma_r = 219,00$ MPa), 45° ($\sigma_r = 222,31$ MPa) e 90° ($\sigma_r = 211,73$ MPa) e o limite de escoamento (σ_e) entre as amostras 0°, 45° e 90° ficaram muito próximos independentemente do sentido de laminação apresentando um desvio padrão de 4,419 N em relação ao limite de resistência a tração e 5,32 N em relação ao limite de escoamento.

Os coeficientes de Anisotropia para cada sentido de laminação (r) tiveram uma leve divergência em relação ao sentido de 0° ($r_{0^\circ} = 2,76$), sendo ele relativamente maior do que os outros sentidos ($r_{45^\circ} = 2,10$ e $r_{90^\circ} = 2,07$), dessa maneira, é possível afirmar que a laminação a 0° do DC04 apresenta melhor capacidade de embutimento, sendo que o coeficiente de anisotropia médio do DC04 é igual a 2,2575 ($r_m = 2,2575$).

3.2 Resultados obtidos dos processos de união

Após realizado os devidos processos de união, conforme ilustrado na fig. 11, foi utilizado uma amostra do ponto de *Clinching*, demonstrado na fig. 12, para a realização de uma análise metalográfica da junta.

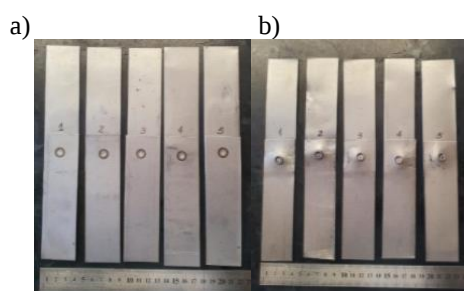


Figura 11. Amostras dos processos, (a) amostras do processo de soldagem; (b) amostras do *Clinching*.



Figura 12. Ponto de *Clinching*.

A figura 13 (a) representa o ponto *Clinching* em corte e na fig. 13 (b) ampliada é possível perceber a formação da zona de interlock (ts) no chanfro do *Clinching*, que, de acordo com Mucha (2011), garante a integridade do processo.

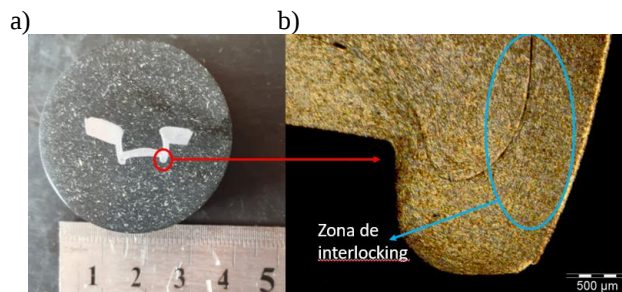


Figura 13. Metalografia do ponto de *Clinching*, (a) amostra cortada pela metade e embutida em baquelite sem ampliação; (b) metalográfica do chanfro da amostra com ampliação de 50x.

A figura 14 demonstra o sentido de encruamento dos grãos na região do chanfro do ponto de *Clinching*. Esse encruamento fornece um aumento na resistência mecânica do material, gerando assim, mais resistência para a junta, como evidenciado em trabalhos recentes de Mori *et al* (2013).

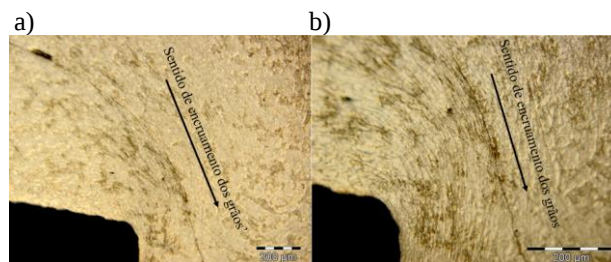


Figura 14. Metalografia do chanfro do *Clinching*, (a) ampliação de 100x; (b) ampliação de 200x.

Os resultados obtidos para a soldagem por resistência e para o *Clinching* foram, respectivamente:

De acordo com a fig. 15, todas as amostras da soldagem por resistência apresentaram valores muito próximos de carga máxima, com uma média de aproximadamente 5220 N e um desvio padrão de 44 N, sendo que todas as curvas tiveram um leve aumento no deslocamento perto da carga de 4 kN, o que pode ser explicado pelo descolamento da Zona Termicamente Afetada (ZTA) das chapas, mas sem prejudicar a Zona Fundida (ZF), mantendo assim, a resistência mecânica da solda.

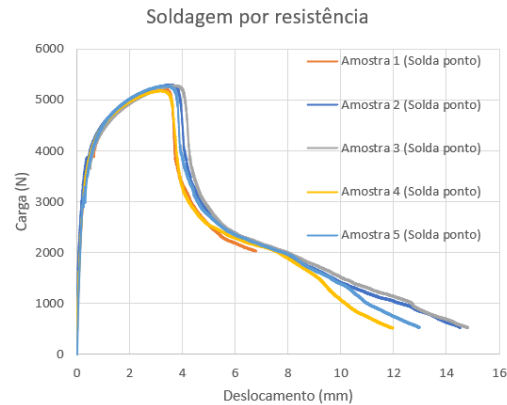


Figura 15. Resultados do ensaio de tração das amostras do processo de soldagem por resistência.

A figura 16 (b) evidencia o descolamento das redondezas da solda, mas sem afetar a Zona fundida.

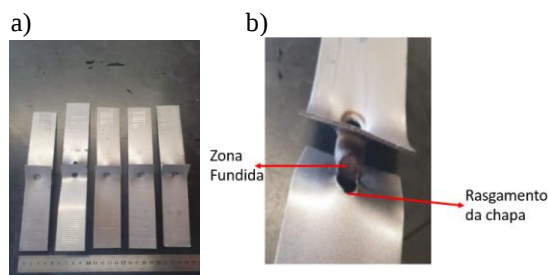


Figura 16. Amostras após o ensaio de tração, (a) amostras da soldagem por resistência; (b) amostra de soldagem por resistência ampliada.

Os valores obtidos para as amostras de *Clinching*, representados na fig. 17, apresentaram muita divergência entre si sendo que todos os pontos de *Clinching* foram realizados com os mesmos parâmetros, resultando em um desvio padrão de aproximadamente 400 N em relação a carga máxima suportada, com uma média de aproximadamente 2415 N. Essa inconsistência do processo pode ser ocasionada pela falta de controle dos parâmetros da prensa utilizada, dessa maneira, não houve como monitorar a força utilizada para a realização de cada ponto de *Clinching* das amostras.

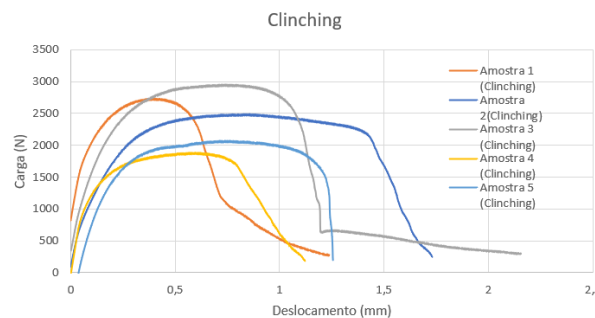


Figura 17. Resultados do ensaio de tração das amostras do processo de *Clinching*.

O processo de *Clinching* mostrou ter uma tolerância a deformação muito baixa, quando comparado com a soldagem por resistência, ocorrendo a ruptura da estrutura interna do ponto no momento em que o deslocamento se aproxima de 1 mm, evidenciado na fig. 18. Esse deslocamento suportado corresponde a uma deformação de apenas 2%, demonstrado na fig. 19, evidenciando a baixa tolerância a deformação desse processo. Esse comportamento de junta ocorre devido ao fato de que a deformação plástica realizada para a confecção dos pontos gerando o encruamento do material na região, aumentando as propriedades mecânicas, porém, acaba diminuindo a ductibilidade da junta.



Figura 18. Amostra do *Clinching* ampliada após a ruptura.



Figura 19. Comparação das médias dos diferentes processos.

Utilizando a figura 19, é possível perceber que, a resistência a tração do *Clinching* (2350 N) é inferior a resistência a tração da solda por resistência (5225 N). No caso do *Clinching*, a junta, devido à baixa resistência a tração e tolerância a deformação, será o primeiro componente a falhar, podendo ocasionar em graves acidentes quando a aplicação é a união das chapas de partes móveis, que são projetadas para serem dúcteis e tenazes, conforme demonstrado na fig. 19. A união por soldagem se mostrou completamente funcional, com uma carga máxima suportada aproximadamente duas vezes maior do que a carga suportada pelo ponto de *Clinching*, sendo que a fratura nos corpos de prova, fig. 16 (b), ocorreu devido ao rasgamento do próprio material e não pelo arrancamento do ponto de solda, o que pode ser explicado pela alteração das propriedades mecânicas na zona termicamente afetada do ponto de solda. Dessa maneira, a resistência da junta, nessa aplicação, está limitada a resistência mecânica do material na zona termicamente afetada.

4. CONCLUSÃO

Baseado nos dados do presente estudo foi possível avaliar que para aplicação na união de partes móveis da carroceria, não é viável substituir a soldagem por resistência pelo *Clinching*, pois ele não conseguiu proporcionar a resistência mecânica e a confiabilidade da solda por resistência.

Para aplicações em que o objetivo é realizar a união das chapas e a carga em que a junta deverá suportar for baixa, o ponto de *Clinching* é uma alternativa viável.

O alto desvio padrão dos resultados de tração das amostras de *Clinching*, de aproximadamente 400 N, demonstra que seriam necessárias mais amostras para estabelecer dados mais confiáveis ou a utilização de uma célula de carga na prensa para otimizar o controle dos parâmetros, enquanto a soldagem por resistência apresentou uma ótima consistência nos resultados e uma ótima resistência a tração.

Uma sugestão para trabalhos futuros é a realização do processo de *Clinching* em materiais com alta condutividade térmica, pelo fato de que a sua alta condutividade térmica prejudica a qualidade da soldagem.

Outra sugestão para trabalhos futuros é o estudo da otimização dos parâmetros para o processo de *Clinching*.

5. REFERÊNCIAS

- Armento, A. A.; Pereira, A. L. Body in White Sheet Metal Joining: Comparison between Weld Spot and Clinching in an Environment Perspective. São Caetano do Sul: SAE International, 2012. 1-5 p. Disponível em: <<https://www.sae.org/publications/technical-papers/content/2012-36-0433/>>. Acesso em: 20 Setembro 2021.
- ASTM E646. *Standard Test Methods for Tensile Strain-Hardening Exponents (n-Values) of Metallic Sheet*. USA: American Society for Testing and Materials, 1998.

- Mori, Ken-ichiro, Bay, Niels, Fratin, Livan, Micari, Fabrizio, Tekkaya, A. Erman. *Joining by plastic deformation*. CIRP Annals - Manufacturing Technology, v..62, p. 673–694, 2013.
- Mucha, J. *The analysis of lock forming mechanism in the clinching joint*, Rzeszów, Polônia, 2011.
- Souza, S. A. Ensaio Mecânicos de Materiais Metálicos. São Paulo: Editora Edgard Blücher LTDA, 5ª edição, 1982.
- Tenório, Marcio. A influência da geometria da ferramenta, de parâmetros de processo e do material das chapas na união por clinching. Curitiba, 2016.
- TOX, 2003. Catálogo técnico de produtos. Acessado em 23 de outubro de 2021. Disponível em: [TOX Clinching-Technology 80 br.pdf](#).
- Varis, J., 2006, “Economics of clinched joint compared to riveted joint and example of applying calculations to a volume product”, *Journal of Materials Processing Technology*, Vol. 172, pp. 130-138.
- Wainer, E., Brandi, S., Mello, F. Soldagem Processos e Metalurgia 4th ed. São Paulo: Edgard Blucher; 2004.
- Wang, Chan Chin; Kam, Heng Keong; Cheong, Wen Chiet. *Effect of tool eccentricity on the joint strength in mechanical clinching process*. 11th International Conference on Technology of Plasticity, ICTP 2014, p. 19-24, Nagoya Congress Center, Nagoya, Japan, October 2014.

6. RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES

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

ANALYSYS OF MECHANICAL STRENGTH IN UNIONS OF STEEL PLATES OF DC-04 BY WELDING AND CLINCHING

Felipe Pinheiro Machado Wailler

Ricardo Diego Torres

Sergio Luiz Manenti

Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Rua Imaculada Conceição, Prado Velho, Curitiba, Paraná, 80215-901.
felipe.wailler@pucpr.edu.br; ricardo.torres@pucpr.br; sergio.manenti@pucpr.br

Marcio Brandani Tenório

Paulo Victor Prestes Marcondes

Universidade Federal do Paraná, Rua XV de Novembro, 1299 - Centro, Curitiba - PR, 80060-000
marciobt@ufpr.br; marcondes@ufpr.br

Abstract. Aiming at the application of permanent union processes in DC04 steel plates, used to manufacture moving parts of the automotive body, this work aims to analyze the mechanical resistance of the resistance welding point and the point formed by Clinching, evaluating the pullout by means of the tensile test. In this way, a feasibility analysis was made for the application of clinching and resistance welding. The results show that spot soldering has greater resistance to pulling out, but clinching, as it is a low-cost and energy-efficient process, can be applied to low-resistance joints.

Keywords: Clinching; resistance welding; DC04; permanent union.

RESPONSIBILITY NOTICE

The authors are the only responsible for the printed material included in this paper.