

ESTUDO SOBRE O PROCESSO DE JUNÇÃO MECÂNICA PARA LIGA DE ALUMÍNIO 1050¹

Nixon Malveira ⁽²⁾Sergio Eglan ⁽³⁾Lirio Schaeffer ⁽⁴⁾

Resumo

Este trabalho tem por objetivo avaliar o processo de junção de chapas por conformação mecânica específico para a liga de alumínio 1050. Para isso submeteram-se corpos de prova unidos por “clinching” ao ensaio de tração para determinar a força máxima e o alongamento máximo da junção. Para a junção foi utilizada uma máquina Eckold e para tração uma máquina Kratos presentes no Laboratório de Transformação Mecânica da UFRGS. Também foram feitas análises micrográficas da microestrutura das juntas e avaliação da distribuição de dureza.

Palavras-chave: junção mecânica, “clinching”, dureza

Study Upon the Process of Mechanical Joining of Aluminion 1050 Alloy

Abstract

This work aimed at evaluating the sheet joining process by mechanical forming specific for the 1050 aluminium alloy. For that purpose three samples bond by the clinching method were submitted to the standard tension test in order to determine the maximum rupture force and elongation of the joint.

To perform the joint an Eckold machine was used and for the tension test a Kratos machine was used, both of them available the Metal Forming Laboratory of the UFRGS. Also metallographic samples of the joints were prepared for the microstructures and hardness distribution evaluation.

Key-words: mechanical joining, clinching, hardness

LISTA DE SÍMBOLOS

- a_1 espessura do fundo do elemento, [mm]
 CP corpo de prova
 d_{SD} diâmetro da ponta do punção, [mm]
 D diâmetro do elemento no lado da Matriz, [mm]
 ET profundidade da penetração do punção, [mm]
 F força, [kN]
 l_0 comprimento inicial do clippage, [mm]
 R-DF elementos redondos (punção e matriz)
 t espessura, [mm]

embutimento profundo, isto é, alteram a forma geométrica da chapa sem separar ou adicionar material e para a união dos cabos (Figura 1), é necessário num primeiro passo furar a panela e posteriormente, rebitar o cabo à panela, onerando os custos na fabricação em larga escala.



Figura 1. Indicação dos pontos de junção
 Fonte: Catálogo da Tramontina ⁽¹⁾

I. INTRODUÇÃO

Na fabricação de utensílios domésticos, como panelas, frigideiras e tampas, são usados processos de estampagem que basicamente envolvem deformações de estiramento e

⁽²⁾ MC –Professor do DEMEC-UFRP. Doutorando PPGEM da UFRGS

⁽³⁾ Engenheiro - Doutorando do PPGEM da UFRGS.

⁽⁴⁾ Professor Dr. Ing. - Coordenador do Laboratório de Transformação Mecânica da UFRGS.

O presente trabalho teve por objetivo avaliar o processo de junção de chapas por conformação mecânica, também denominada “clinchng”, em uma liga AA1050. Foi determinada a resistência ao arrancamento da união.

Este tipo de teste se faz de grande relevância pois a resistência das junções de chapas, para a maioria das aplicações tradicionais, é o critério mais importante na escolha de um determinado processo de união. Atualmente, diversas empresas que trabalham com montagem de componentes estampados, estão adotando o sistema de união por junção mecânica, por ser relativamente mais barato quando comparado à junção por outros processos, como por exemplo solda ponto. Estudos conduzidos por Beyer,⁽²⁾ Kohstall e Budde,⁽³⁾ Hanicke e Petterson,⁽⁴⁾ e Larson, Petterson, Standdberg e Nilson⁽⁵⁾ comprovam a vantagem e os benefícios desse tipo de união.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Junção Mecânica por “Clinching”

Para o processo de união de chapas por junção mecânica usa-se um jogo de ferramentas que consiste de um punção plano e redondo e uma matriz que tem a forma de uma bigorna com superfície abaulada e duas lamelas que servem para entalhar a parte da qual o elemento de junção será formado.⁽⁶⁾

A seqüência de fabricação de uma junção por “clinchng” é mostrada a seguir:

- o punção faz o movimento que causa a conformação da união, a matriz é fixada de forma que ele permanece fixo durante o processo;
- as duas chapas que serão colocadas em cima das lamelas da matriz são inicialmente entalhadas pela força entre o punção e a matriz;
- a parte entalhada é afundada até chegar na superfície da bigorna onde ela é conformada pela força de pressão de modo que o material das chapas escoe em direção ortogonal ao sentido de movimento do punção; e
- no fim do processo a separação das chapas é impedida por união positiva.

Esse processo de união por conformação permite a fixação de chapas com até uma espessura máxima de 3mm, sendo que a espessura total de todas as peças no ponto de união não pode exceder a 5mm. Pode ser aplicado para todos os materiais que normalmente são trabalhados pelos processos de estampagem, como os aços de baixo teor de carbono, latão, bronzes, cobre e suas ligas e alumínio. Também é possível unir chapas com superfícies acabadas, como chapas galvanizadas ou chapas que são revestidas com camadas orgânicas ou plásticas sem destruir o acabamento.

Ensaio para determinação da resistência mecânica das uniões, utilizando corpos de prova padronizados, são descritos por Lieblig e Bober,⁽⁷⁾ como dependentes da direção e do tipo de junção a ser empregada e seguem as normas alemãs DIN 50124⁽⁸⁾ para determinar a resistência ao cisalhamento e a DIN 50164,⁽⁹⁾ para determinar a resistência contra tração vertical ou “arrancamento”. Testes de resistência ao cisalhamento e ao arrancamento servem para obter a força de ruptura, o valor da carga estática, que é necessária para destruir o elemento de junção e são efetuados usando-se uma máquina de tração.

Os diferentes tipos de elementos de união possuem, além da forma geométrica diferente, circular ou retangular, também propriedades mecânicas diferentes. Lieblig, Bober e Richter,⁽¹⁰⁾ comparando uniões de chapas de materiais e espessuras iguais com diferentes geometrias de junções mecânicas, concluíram que a resistência mecânica dos elementos redondos (R-DF) é maior do que dos elementos retangulares e a resistência dos elementos maiores é maior do que a dos elementos menores.

Os processos de união por junção mecânica possuem um alto grau de reprodutibilidade, segundo ensaios conduzidos por Lieblig e Bober⁽¹¹⁾ e Richter,⁽¹²⁾ empregando sistema de supervisão e controle de processo.

2.2 Corpos de Prova

As dimensões dos corpos de prova e sua geometria são apresentadas na Figura 2.

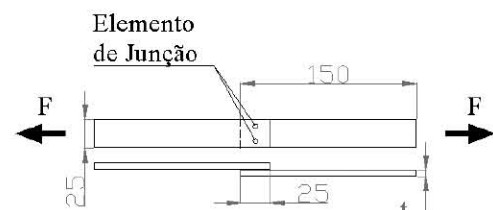


Figura 2. Dimensões do CP e direção do esforço. Unidades em mm. Fonte: Richter ⁽¹²⁾

Os corpos de prova consistem de duas chapas que se sobrepõem e se unem através do elemento de junção. Foi empregado o alumínio 1050-O (DIN Al99.5; AA1050-O, ASTM B491) com espessura de 1,0 mm.

3. METODOLOGIA DE ENSAIO

Para produzir os corpos de prova deste tipo de união de chapas, utilizou-se o equipamento do fabricante Eckold, localizado no Centro de Tecnologia da UFGRS.

O conjunto punção/matriz R-DF/8mm foi selecionado conforme norma do fabricante levando em conta a espessura da chapa ($t = 1,03\text{mm}$) e o material. Foram utilizados a matriz 951.09 e o punção 900.507927 (códigos de matriz e punção utilizados pelo fabricante). Este último não é o especificado no manual do fabricante mas foi o que se mostrou disponível para execução das junções.

A pressão do óleo no sistema da prensa hidráulica de efeito simples foi de 30MPa.

Realizaram-se os ensaios de tração em uma máquina universal de ensaios marca Kratos, modelo PI0000 com capacidade de 100 kN, conforme norma DINEN 10002.⁽¹³⁾ O programa para aquisição de sinais e tratamento usado foi o Software Catman acoplado a um sistema de aquisição SPIDER 8, ambos da HBM. Foi empregado um ClipGage da INSTRON para medir a deformação relativa ($l_0 = 50\text{mm}$).

Esses ensaios foram feitos com seis corpos de prova em junção mecânica, conforme Richter⁽¹²⁾ (Figura 3).



Figura 3. Instalação do “clip gage” no corpo de prova.

As grandezas dimensionais referentes à junção, e a serem controladas nos corpos de prova unidos por junção mecânica são apresentadas na Figura 4. Ela representa um corte de um elemento de união por junção mecânica redonda mostrando as dimensões que são relevantes. Para o controle da dimensão “ d_{SD} ” utilizou-se um paquímetro digital Starret (incerteza de 0,01mm), para a medição do valor de a_1 emprega-se um relógio comparador montado em dispositivo especial para medição de profundidade.

($a_1 = 0,6\text{mm}$; $d_{SD} = 5,35\text{mm}$; $D = 6,20\text{ mm}$; $ET = 2,8\text{mm}$)

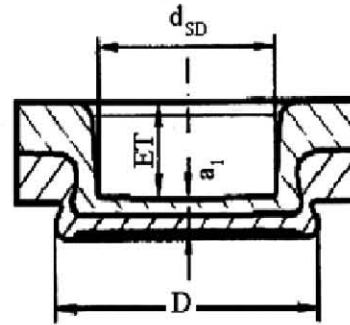


Figura 4. Seção transversal com a geometria da junção mecânica.

Para os ensaios de avaliação da distribuição da dureza utilizou-se um microdurômetro Marca Buehler, que é equipado com uma mesa de coordenadas X-Y com posicionadores micrométricos com resolução de 0,001mm. Foi utilizado um indentador Vickers, carga de 100gf e tempo de aplicação da carga ajustado para 20s.

Foram feitas medições de espaçamento de 0,1 – 0,15 mm ao longo da espessura da junção em duas regiões distintas. Na região central procurou-se rastrear a distribuição de dureza da união, onde houve diminuição de espessura devido ao movimento do material para preencher a matriz. Na região lateral procurou-se rastrear a distribuição de dureza ao longo da chapa situada ao lado da matriz, onde era esperado um recalque elevado.

4. RESULTADOS OBTIDOS

4.1 Distribuição de Dureza

Pode-se observar, comparando-se as Figuras 5a e 5b, que a média calculada a partir da distribuição de dureza na região central, ao longo de uma linha que passa entre as duas chapas, é maior que a distribuição nas paredes laterais justificando-se pelo encruamento provocado durante o recalque na região sob o punção que se deforma com o fluxo do material em direção as paredes laterais. Isto pode ser justificado pela folga existente entre o punção e a matriz que proporcionou o excessivo escoamento de material da região central da junção para a região lateral. Sendo empregado o conjunto adequado, com uma folga otimizada, levando-se em conta o tipo e a espessura dos dois materiais empregados, o mecanismo de endurecimento por encruamento conduziria a uma maior média de distribuição de dureza nas paredes laterais da junção.

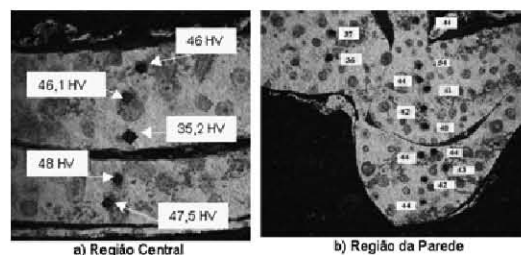


Figura 5. Distribuição de dureza Vickers na região central. Aumento 200 X.

4.2. Ensaio de Tração

Na Figura 6, são apresentados os resultados obtidos no ensaio de tração onde se pode ver a relação da força média de arrancamento e o alongamento da junção.

Ao realizar o ensaio de tração, foi observada a ruptura por rasgamento ocorrida nas chapas situadas do lado do punção em todos os corpos de prova. Não ocorreu o deslizamento entre as chapas unidas. A carga média que levou ao rasgamento foi em torno de 800N.

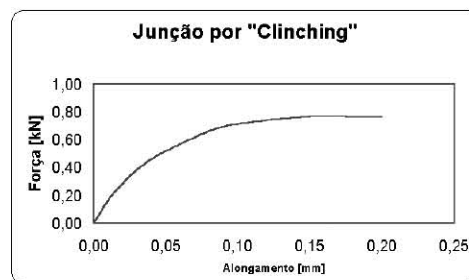


Figura 6. Relação entre força e alongamento.

5. CONCLUSÕES

A junção feita por “clinching” tem como vantagem não haver furação, o que permite uma vedação garantida com redução de risco de despressurização e/ou contaminação, quando comparada com uma junção por rebites.

Por questões de higiene é recomendado o lado da matriz situar-se no interior do recipiente, prevenindo a formação de rebaiços internos que poderiam acumular resíduos alimentares.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq e à CAPES o apoio financeiro pela concessão das bolsas de pesquisa, ao LACER, LAFUN LAMEF e LdTM laboratórios do PPGEM-UFRGS e à Tramontina S. A. Cutelaria, pelo fornecimento da matéria-prima e material de consumo neste projeto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Catálogo online da Tramontina S. A. Disponível em: <<http://www.tramontina.com.br/>>. Acesso em: 07 fev. 2003.
2. BEYER, R. Druckfügen. **Industrie Anzeiger**, v.110, n. 16, p. 26-29. 1988.KOHSTALL, T.; BUDDE,L. Prozesskostenanalyse von umformtechnischen Blechfügetechniken, **Bleche Rohre Profile**, v. 41, n. 2, p. 107-111. 1994.
3. HANICKE, L; PETTERSON, A. **Untersuchungsbericht zum R&D – Project Clinchcar VOLVO 960**. Carbody: Volvo Car Corporation. 1993.
4. LARSON, J.; PETTERSON, A.; STRANDBERG, Ö.; NILSON, H. Rationalisierung des Karosseriebauprozesses mit umweltverträglicher druckfügetechnik. **VDI –Berichte**, n. 1134, p. 111-126, 1994
5. KÜHNE, T. Druckfügetechnik: Alternative auch bei hohen Beanspruchungen, **Bleche Rohre Profile**, v. 42, n. 2, p. 94-99, 1995.
6. LIEBLIG, H.; BOBER, J. Über die Eignung höherfester Stahlbleche zum Drückfügen. **Stahl und Eisen**, v. 106, n. 8, p. 32-34, 1986.
7. LIEBLIG, H.; BOBER, J.; RICHTER, A. Qualitätssicherung mit System, **Blech Rohre Profile**, v. 42, p. 198-200. 1995
8. DEUTCHES INSTITUT FÜR NORMUNG. **DIN 50124**: Testing of mettalic materials; tensile shear test on resistance spot welded; projeciton welded and fusion spot welded joints. 1977. Berlin; Beuth Verlag, 1977.
9. DEUTCHES INSTITUT FÜR NORMUNG. **DIN 50164**: Testing of metals; tops tensile test on resistente spot wekdedjoints, resistance projection welded joints and fusion spot weldedjoints. 1982. Berlin: Beuth Verlag, 1982.
10. LIEBLIG, H.; BOBER, J. Prozessanalyse beim drückfügen. **Bander Bleche Rohre**, v. 31, n. 10, p. 143-146, 1990.
11. RICHTER, A. Manutenção de qualidade para juntas de chapas. In: SEMINÁRIO INTERNO SOBRE TECNOLOGIA DE JUNÇÃO. Porto Alegre: UFRGS, 1996.
12. RICHTER, A. **Classificação das tecnologias para junção de chapas, tubos e perfis**. In: SEMINÁRIO INTERNO SOBRE TECNOLOGIA DE JUNÇÃO, Porto Alegre: UFRGS, 1998.
13. DEUTCHES INSTITUT FÜR NORMUNG. **DIN 10002**: Prüfung Metallischer Werstoffe Zufversuch. Berlin: Beuth Verlag, 1991.