

TTEM 016/16

INTRODUÇÃO AO PROCESSO DE SOLDAGEM POR FRICÇÃO

INTRODUCTION OF FRICTION WELDING PROCESS

Signatários:

- Eng. Eduard Alcalde¹
- Stephany de Barros Camargo²
- Prof. Dr. José Rubens de Camargo – Universidade de Taubaté
- Prof. Dr. Wendell de Queiroz Lamas – Universidade de São Paulo/USP
- Prof. Dr. Francisco José Grandinetti – Universidade de Taubaté/FEG-UNESP

Finalidade: Apresentar a teoria do processo de soldagem por fricção demonstrando suas vantagens e desvantagens.

Duração: 3 meses.

1 – Aluno do curso do Mestrado Profissionalizante em Engenharia Mecânica da Universidade de Taubaté (UNITAU/SP).

2 - Aluna do curso de Engenharia Mecânica da Universidade de Taubaté – (UNITAU/SP) – stephanycamargo@live.com

Palavras chave: Solda, Fricção, Friction, Atrito, Soldagem,

Resumo. O presente trabalho técnico pretende apresentar uma introdução à técnica de soldagem por fricção, demonstrando algumas de suas vantagens e desvantagens, e algumas de suas aplicações. A solda por fricção ou por atrito como também é conhecida é uma soldagem muito segura e aplicável para diversos materiais, principalmente hoje sendo utilizada para a junção de polímeros, que são materiais que vem substituindo os metais devido a sua evolução. Atualmente existem diversos tipos de soldagem, estimasse que existam mais de 70 tipos, porém nesse trabalho será abordado somente a soldagem por fricção (FRW). A soldagem por fricção apresenta uma boa eficácia, e com o avanço da tecnologia temos hoje máquinas que conseguem garantir uma soldagem limpa e segura, e também aumentando a produtividade. Uma de suas principais vantagens desse processo de solda é que não há necessidade de metal de adição e é possível dizer que é um processo auto-limpante, é um processo no qual não emite faíscas nem radiação, diferente de outros processos de soldagem. Em relação as suas desvantagens ou restrições esse processo requer um eixo de simetria entre as peças e não é compatível com todos os tipos de materiais. Em uma breve análise é possível verificar que esse processo é um processo muito útil e vem evoluindo, tendo diversas aplicações em ramos automotivos e aeroespaciais, porém, ainda existem restrições, mas o que principalmente atrai esse é seu processo seguro comparado a outros processos de soldagem.

1. INTRODUÇÃO

O presente trabalho técnico demonstra o tipo de soldagem por fricção que tem sido utilizada em vários ramos da indústria e que vem crescendo principalmente devido a utilização em polímeros. A soldagem por fricção era um processo não muito conhecido, apesar de existir a muito tempo esse processo vem crescendo hoje em dia. Esse tipo de soldagem é também conhecido como soldagem por atrito e vem tendo algumas variações conforme aplicação, em relação à solda por fricção (FRW) basicamente existem dois processos, o convencional e o inercial, sendo ambos processos eficientes porém com algumas variações no processo. Esse tipo de solda é requerido por vários Países, mas atualmente segundo Brandi, S. é possível dividir os dois processos entre os Países da Rússia e EUA, sendo o convencional um processo russo e o inercial um processo americano.

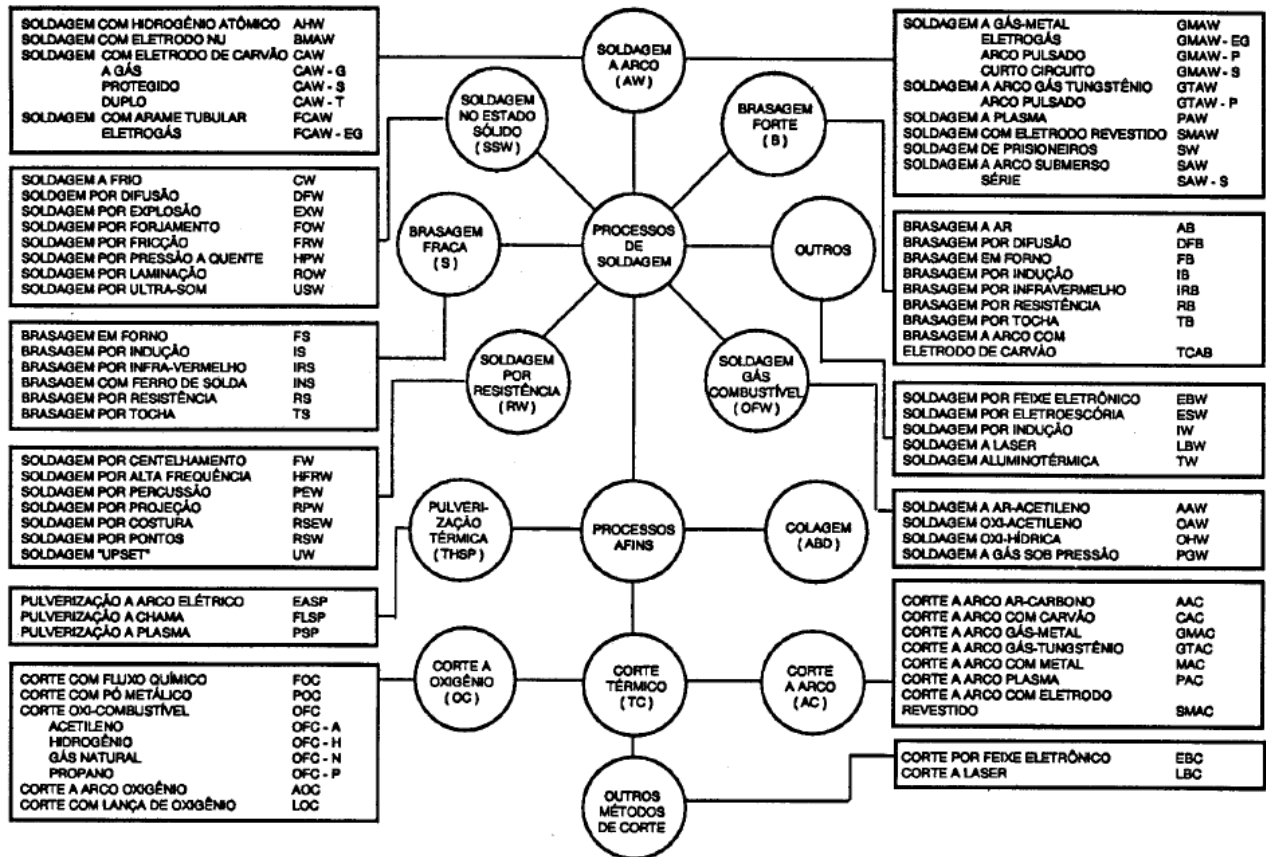
2. SOLDAGEM

Segundo Brandi S. (2004) denomina-se soldagem ao processo de união entre duas partes metálicas, usando uma fonte de calor, com ou sem aplicação de pressão. A solda é o resultado desse processo. Porém atualmente existem processos que permitem também a soldagem entre polímeros assim como a solda por fricção, ou seja, é possível definir hoje soldagem como o processo de união entre duas superfícies.

2.1 CLASSIFICAÇÕES DOS PROCESSOS DE SOLDAGEM

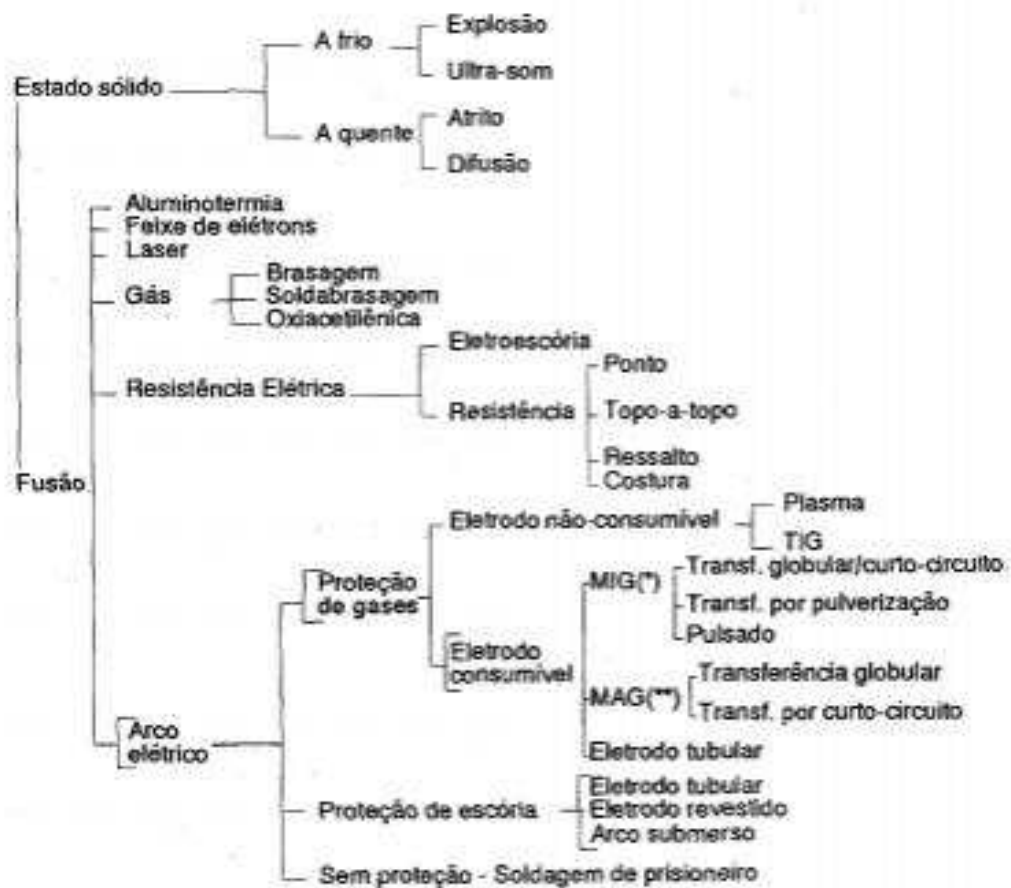
Segundo a AWS os processos de soldagem são definidos pela Tabela 1 no qual é possível observar que soldagem por fricção (FRW) e por ultrassom (USW) que são os objetos desse estudo são processos de soldagem no estado sólido, ou seja, o processo de soldagem é feito pela deformação plástica fazendo uma união entre as peças.

Tabela 1 – Tabela Mestre Processos de Soldagem (AWS)



Partindo da classificação do tipo de soldagem é possível separar ainda o processo de soldagem em estado sólido pelo seu tipo de união, como é possível visualizar na Tabela 2, os processos de solda por ultrassom e por fricção (atrito) são separadas por tipo de soldagem a frio e a quente, sendo a ultrassom uma solda “a frio” e a por fricção (atrito) uma solda “a quente”.

Tabela 2 – Classificação dos processos de soldagem a partir da natureza de união (BRANDI, 2004).



Uma das características para o processo de soldagem segundo Houldcroft, é gerar uma quantidade de energia capaz de unir materiais similares ou não, partindo dessa premissa, na Tabela 3 está a classificação dos procesos de soldagem de acordo com a fonte de energia e o tipo de proteção segundo Brandi (2004).

Como é possível observar ambos os tipos de soldagem (Ultrassom e Fricção), são processos que tem sua fonte de calor mecânica, a fonte mecânica significa que o calor gerado é feito por atrito, por ondas de choque ou por deformação plástica.

Tabela 3 – Tabela De Fonte de Energia para Soldagem (BRANDI, 2004).

Fonte de Energia		Tipo de proteção					
		Vácuo	Gás inerte	Gás	Fluxo (escória)	Sem proteção	
Mecânica					N	Explosão Atrito Ultra-som	
Química	Chama	N		Oxiacetilênica			
	Reação exotérmica	N			Aluminotermia		
Elétrica	Resistência elétrica	N	N	N	Eletroescória	Topo-a-topo Ponto Ressalto Costura	
	Arco elétrico	Eletrodo consumível	N	MIG	Eletrodo tubular MAG		Soldagem de prisioneiros
		Eletrodo não consumível	N	TIG		Eletrodo revestido Arco submerso	
Energia radiante	Eletromagnética		Laser		N	N	
	Partículas	Feixe de elétrons		N	N	N	

3. SOLDAGEM POR FRICÇÃO (ATRITO) - FRW

A soldagem por fricção ou soldagem por atrito como também é conhecido, é um processo de soldagem em estado sólido a quente que utiliza a mecânica como fonte de calor. Esse processo segundo Brandi, S. é reclamado por vários países, sendo seu processo patenteado com inovações pelo Estados Unidos em 1966.

Atualmente esse processo vem sendo muito utilizado para a soldagem de termoplásticos, que são materiais cada vez mais utilizados no ramo automobilístico e aeronáutico principalmente na substituição de materiais metálicos. Devido a algumas características dos termoplásticos poucos processos podem ser utilizados na soldagem.

Segundo Geary (2013) o processo de soldagem por fricção é feito através de duas peças onde uma permanece fixa enquanto a outra rotaciona. Sendo dois procedimentos utilizados, no primeiro conforme Figura 1, a parte que se move é colocada em um motor com pinça, enquanto a parte estacionária é pressionada contra a outra de forma que o atrito gere o calor suficiente para aquecer as superfícies de união até a temperatura de soldagem. Assim que a temperatura de soldagem é atingida a rotação cessa, mas a pressão é mantida ou aumentada até que a união fique completamente soldada e resfrie um pouco.

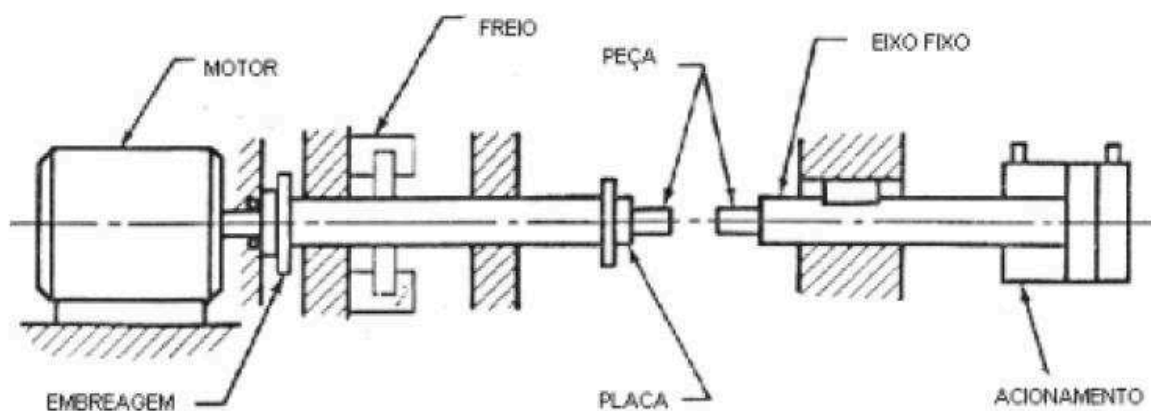


Figura 1 – Equipamento de soldagem por fricção – SILVA (2011)

Nesse processo convencional, define-se as etapas conforme Figura 2 abaixo onde segundo BRANDI, 2004 as etapas são:

- (a) – O mandril é girado até obter a rotação desejada.
- (b) – O cabeçote é aproximado até obter a rotação desejada.
- (c) - Fase de aquecimento – A rotação e a pressão são mantidas por um determinado tempo.
- (d) - Fase de forjamento – Terminada a rotação, mantém-se ou aumenta-se a pressão por um determinado tempo.

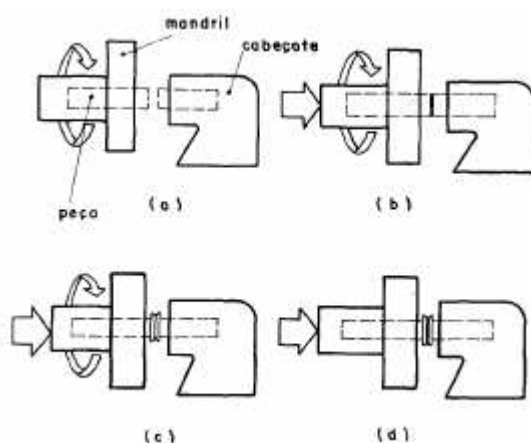


Figura 2 – Etapas de Soldagem – BRANDI (2004)

Na Figura 3 é possível verificar o que acontece na peça

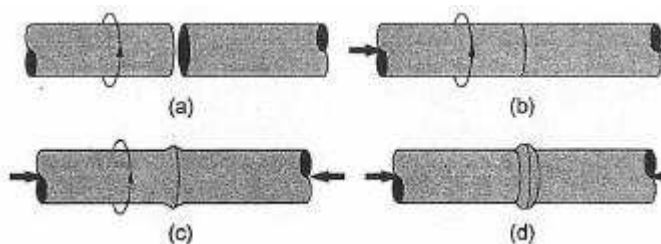


Figura 3 – Etapas de soldagem na visão da peça – MARQUES (2011)

Na Figura 3 verifica-se segundo MARQUES (2011), os processos (a) onde tem a rápida rotação de uma das peças, (b) onde à aplicação de pressão, (c) onde acontece a deformação plástica e (d) onde tem a finalização do processo.

Ainda segundo Geary (2013), o segundo procedimento, uma peça é presa em um volante rotativo como é possível verificar na Figura 4. Nesse procedimento, a energia cinética é transformada em calor pressionando-se as duas peças a serem unidas assim que o volante atinge a velocidade necessária.

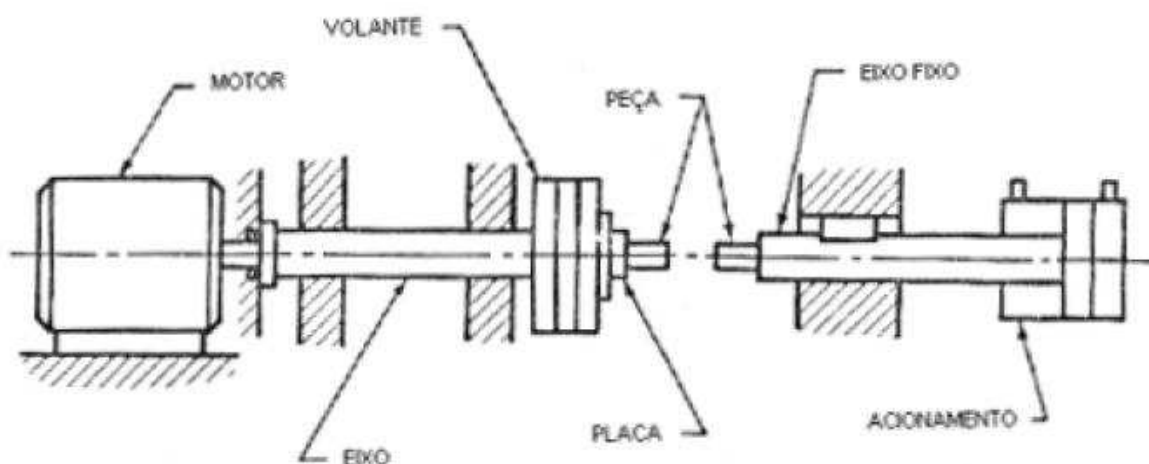


Figura 4 – Equipamento de soldagem por fricção inercial– SILVA (2011)

Tendo essa premissa, pode-se dizer que o primeiro procedimento é o convencional e o segundo o procedimento é chamado de inercial. Segundo Brandi (2004), S. a figura 5 demonstra algumas de suas particularidades.

Soldagem por atrito convencional (processo russo)	Soldagem por atrito inercial (processo americano)
1. Fixação das partes a serem soldadas no mandril e no cabeçote.	
2. Colocação do mandril na rotação adequada	2. Colocação do mandril, geralmente acoplado a um volante, na rotação adequada.
3. Manutenção da rotação do mandril enquanto o cabeçote avança aplicando a pressão entre as superfícies.	3. O sistema em rotação é liberado por um sistema de embreagem. O sistema em rotação é abandonado à sua própria inércia.
4. Manutenção da rotação e da pressão para que as superfícies atinjam a temperatura adequada de soldagem.	4. O cabeçote avança criando a pressão entre as superfícies, a qual é mantida constante até o término da soldagem.
5. A rotação é interrompida drasticamente por meio de um freio. A pressão pode ser aumentada para completar a soldagem.	

Figura 5 – Particularidades do processo convencional e processo inercial. (BRANDI, 2004).

Em ambos os processos, o tempo total para a soldagem é normalmente inferior a 2,5 segundos, enquanto o verdadeiro tempo para aquecimento e soldagem é cerca de 2 segundos. O material não é derretido, uma vez que o período de tempo para o aquecimento é pequeno e, por conseguinte, uma rápida dispersão de calor pela junta de soldagem e a zona afetada termicamente são muito estreitas. As impurezas superficiais são deslocadas radialmente em forma de uma pequena escória, a qual que pode ser removida após a soldagem. Como praticamente toda a energia cinética é convertida em calor, o processo é muito eficiente. O uso da solda por atrito (fricção) é limitado a barras e tubos de mesmo diâmetro ou na junção destes as superfícies planas. As extremidades das peças a serem unidas devem ser lisas.

Ainda realizando um comparativo entre os dois tipos de processos, Brandi (2004) demonstra na Tabela 4 a variação dos processos.

Tabela 4 – Comparativo variação dos processo convencional e inercial.
 (BRANDI, 2004).

Característica	Inercial	Convencional
Variáveis de processo	Velocidade relativa Pressão Inércia do volante	Velocidade relativa Pressão Duração do aquecimento
Tempo de soldagem	Menor (10% do tempo do processo convencional)	Maior
Energia de soldagem	Maior (23 - 174 W/mm ²)	Menor (12 - 47 W/mm ²)
Torque	Maior	Menor
Tamanho da zona afetada pelo calor	Menor	Maior
Resistência de solda	Maior (linhas de fluxo espiraladas)	Menor (linhas de fluxo radiais)
Fixação das peças	Garra do mandril com eficiência elevada para resistir a torques elevados e evitar a rotação da peça	Garra do mandril normais
Equipamento	Deve ser robusto para resistir às elevadas cargas axiais e de torção	Pode ser projetado para operações portáteis

As variáveis desses processos são definidas por SILVA (2011) como:

- Velocidade angular da peça com rotação
- Tempo de atrito
- Pressão de atrito
- Tempo de forjamento
- Pressão de forjamento
- Instante em que se aplica o freio
- Instante em que começa o forjamento

Normalmente os defeitos gerados nas peças são conseqüências do ajuste para essas variáveis, podemos citar entre elas a geração de trincas, a não união das peças e deformação.

Na figura 6 é demonstrado um comparativo entre os gráficos do sistema convencional e o sistema inercial

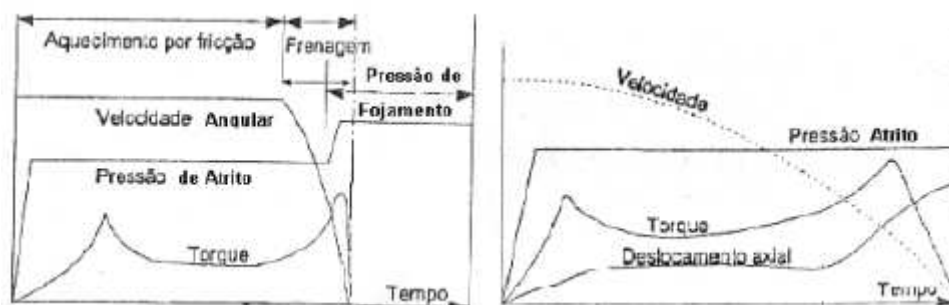


Figura 6 – Comparativo entre processo convencional e processo inercial – SILVA (2011).

Na tabela 5 demonstra valores de algumas variáveis de processo, características da soldagem por atrito convencional.

Tabela 5 – Variáveis do processo convencional (BRANDI, 2004).

Material	Diâmetro (mm)	Rotação (rpm)	Pressão (kg/mm ²)		Tempo total (s)
			Fase de aquecimento	Fase de forjamento	
Aço-carbono	12,5	3000	34,5	34,5	7
	25,0	1500	52,0	52,0	15
Aço inox (300 e 400)	25,0	3000	83,0	110,5	7
	137,5 (exter.) 112,5 (int.)	800	138,0	138,0	35
Aço inox c/ aço-carbono	18,7	3000	52,0	103,5	10
Aço ferramenta (tipo T-1)	18,7	4000	103,5	138,0	10 ⁽²⁾
Cobre ⁽¹⁾	25,0	6000	34,5	69,0	18
Alumínio com. puro ⁽¹⁾	18,7	3800	27,5	45,0	6
Aços-liga ⁽³⁾	9,4	5000	172,5 ⁽⁴⁾	276,0	10 ⁽²⁾
Aço-liga com aço-carbono ⁽⁵⁾	43,7 (exter.)	6800	17,0 ⁽⁶⁾	41,5	42 ⁽²⁾
	31,2 (int.)	3000	38,0 ⁽⁷⁾	110,5	26 ⁽²⁾
	112,5 (exter.) 81,2 (int)				

3.1. REBARBA

A soldagem por fricção em seu conceito gera uma alta quantidade de rebarba que pode ser removida quando exigida pelo cliente. Em alguns casos onde a rebarba fica em um ângulo reto, segundo BRANDI. S. essa configuração pode ser prejudicial se estiver localizada em local crítico, na Figura 7 demonstra uma peça com essa configuração.

Normalmente essa solda pode ser removida através de usinagem.

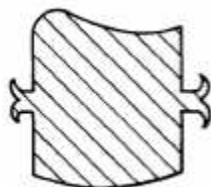


Figura 7 – Rebarba com ângulo reto (BRANDI, 2004).

3.3. VANTAGENS E DESVANTAGENS

As vantagens desse processo são:

Não há necessidade de metal de adição

Processo auto limpante

Não emite faíscas ou radiação

Possibilidade de união de materiais dissimilares

Baixo consumo de energia

Curto ciclo de soldagem

Não há necessidade de habilidades manuais

Alta resistência da solda

As desvantagens desse processo são:

- Há necessidade de eixo de simetria
- Alto custo de ferramental
- Não é compatível com todos os materiais

3.4. DIMENSIONAMENTO

Para o processo de soldagem por fricção um dos pontos importantes é a potência a ser utilizada, segundo Brandi, S. a equação da potência no processo convencional pode ser dada por:

$$W = 2,7\pi \times \omega \times T \quad (1)$$

Sendo:

W = Potência

ω = rotação

T = Torque

O torque pode ser calculado por:

$$T = 2\pi \times \mu \times P \times r^3 \quad (2)$$

Onde:

μ = Coeficiente de atrito

P = Pressão

r = Raio de superfície

Ainda segundo Brandi, S. para tubos utiliza-se a equação (3):

$$T = \frac{2}{3} \times \pi \times \mu \times P (Ro^3 - Ri^3) \quad (3)$$

Sendo:

Ro = Raio Externo

Ri – Raio Interno

$$E = \frac{W \times K^2 (RPM)^2}{5873} \quad (4)$$

Onde:

W = Potência

K = Constante

Para o calculo da força é demonstrada conforme a equação (5).

$$F = (k \times f \times c) \times \frac{Tf}{10^4} \quad (5)$$

Abaixo a tabela 6 demonstra alguns valores de força e velocidade critica mínima de soldagem para alguns tipos de materiais.

Tabela 7 – Possíveis combinações de materiais (BRANDI, 2004).

Material	Força (10 ⁴ N)	Velocidade critica mínima (m/s)
Chumbo	50	0,25
Aço inoxidável	250	1,00
Aluminio	380	1,25
Aço-ferramenta	430	1,40
Aço de baixo carbono	470	1,75
Níquel	650	3,25
Titânio	800	3,75
Cobre	950	9,00
Molibdênio	1250	10,00
Tungstênio	1750	12,50

3.5. MATERIAS COMPATIVESIS

Segundo uma tabela montada por Brandi (2004) é possível verificar algumas combinações de materiais no qual é possível realizar a soldagem, ainda não foi realizada uma tabela fazendo a correlação dos materiais polímeros, por isso não estão inclusos na tabela 7. Atualmente também é possível encontrar vários estudos demonstrando a junção de materiais dissimilares, como por exemplo é possível citar o estudo realizado por Alves, E. através do INPE onde foi demonstrado a junção entre a liga AA 1050 e o aço inoxidável AISI 304 utilizando a soldagem por fricção.

Tabela 7 – Possíveis combinações de materiais (BRANDI, 2004).

Materiais	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35		
1. Aço carbono	B	B	B	B	B																																
2. Aço ligado	B	B	B	B	B																																
3. Aço mangnês	B	B	B	B	B																																
4. Aço inoxidável	B	B	B	B	B	F																															
5. Alumínio	B	B	B	B	B	B																															
6. Ligas de alumínio	F	F	F	F	F	F																															
7. Cádmiu, óxido de																																					
8. Cerâmicas																																					
9. Chumbo endurecido p/ dispensado																																					
10. Cobalto																																					
11. Cobre	B	B	B	B	B	F																															
12. Bronze	N	N																																			
13. Cupro níquel																																					
14. Latão																																					
15. Ferro austenizado	B																																				
16. Invar																																					
17. Magnésio																																					
18. Ligas de magnésio																																					
19. Malgágnio																																					
20. Micael	B	B																																			
21. Níquel																																					
22. Ligas de níquel																																					
23. Níquel	B	B																																			
24. Níobio																																					
25. Ligas de níobio																																					
26. Prata																																					
27. Ligas de prata																																					
28. Tântalo																																					
29. Titânio																																					
30. Tântalo	N																																				
31. Tungstênio																																					
32. Carvão de tungstênio																																					
33. Urânio																																					
34. Vanádio																																					
35. Zircônio, ligas de																																					

Legenda: B = boa soldabilidade; F = solda frágil; N = não solda

Fazendo uma breve análise com outros processos de soldagem é possível verificar através da tabela 8 montada por CONNOR (1987) onde as condições de emprego dos processos e assim possível ver que a solda por atrito pode ser aplicada para diversos tipos de materiais com diversas espessuras.

Tabela 8 – Condições de emprego dos processos de soldagem (BRANDI, (2004) – CONNOR (1987)).

Materiais e espessuras	Processos de soldagem														
	Eletrodo revestido	Arco submerso	MIG ou MAG	Elet. tubular	TIG	Plasma	Eletroscória	Resistência	Oxigás	Felze de elétrons	Laser	Brasagem	Soldagem branca	Difusão	Atrito
Aço-carbono	F	x	x	x											
	I	x	x	x	x										
	M	x	x	x	x										
Aço de baixa liga	F	x	x	x											
	I	x	x	x	x										
	M	x	x	x	x										
Aço inoxidável	F	x	x	x											
	I	x	x	x	x										
	M	x	x	x	x										
Ferro fundido	F	x													
	I	x	x	x											
	M	x	x	x											
Níquel e suas ligas	F	x													
	I	x	x	x											
	M	x	x	x											
Alumínio e suas ligas	F														
	I														
	M														
Titânio e suas ligas	F														
	I														
	M														
Cobre e suas ligas	F														
	I														
	M														

Espeessuras: F = até 3 mm I = de 3 a 6 mm M = de 6 a 19 mm G = acima de 19 mm

3.5. APLICAÇÕES

Segundo a FWT atualmente existem uma gama enorme de aplicações da solda por fricção como os ramos tais como Nuclear, Aeroespacial, Elétrico, Automotivo, Militar, Agricultura, Refinarias, Bomba e Válvula, entre outros.

Ainda em suas aplicações um estudo realizado na Turquia pela universidade Celal Bayar é possível citar algumas de suas aplicações como conectores elétricos, alavancas de engrenagens, ferramentas, componentes de airbag, brocas, válvulas do motor, eixos da bomba, vara de pistão, eixos de transmissão, tubo de perfuração, eixo banjo de caminhão, conjunto de engrenagens e cilindros hidráulicos.

4. OUTROS TIPOS DE SOLDA POR FRICÇÃO

Atualmente existem outros tipos de soldagem por fricção, é muito comum hoje encontrar pesquisas e textos demonstrando as soldas Friction Stir Welding, Friction Hydro Pillar Processing e Friction Taper Plug Welding

O processo Friction Stir Welding é um processo inventado por Wayne Thomas na TWI em 1991, segundo a própria TWI esse processo supera muitos dos problemas associados as técnicas tradicionais de junção. FSW é um processo de realizado também no estado sólido assim como o FRW que produz soldas de alta qualidade em materiais que normalmente são difíceis de soldar, como alumino, e esta se tornando rapidamente processo de escolha para fabricação de estrutura de transporte leve, como barcos, trens e aviões. Segundo a empresa KUKA, o processo de soldagem FSW é um processo de união de fase sólida, no qual o pino praticamente livre de desgaste é conduzido entre as peças a serem unidas. Através da rotação da ferramenta nas partes a serem unidas, firmemente fixadas,

é gerado um calor por fricção, que resulta numa plastificação do material. Em seguida, é adicionado um movimento de avanço que, junto com o movimento de rotação continuado da ferramenta, tem como consequência uma mistura do material plastificado na área de junção, formando uma costura de solda de alta qualidade. Na figura 7 esta uma ilustração do processo.

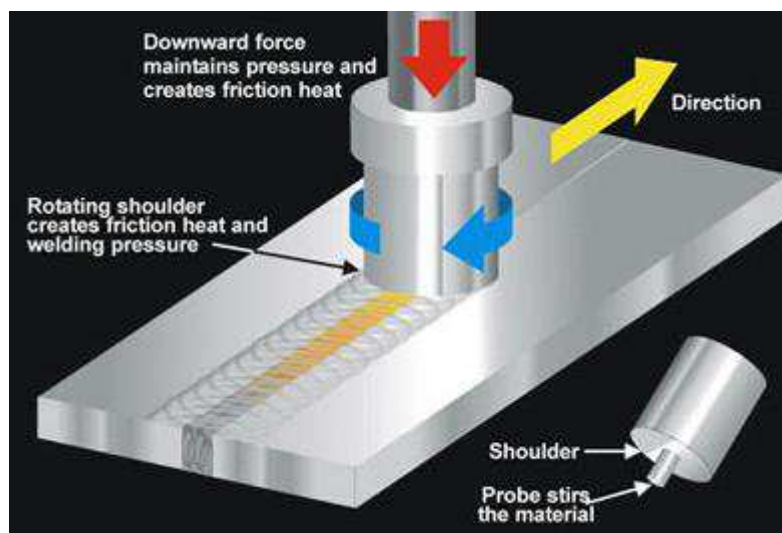


Figura 7 – Ilustração do processo de soldagem FSW (ESAB, 2016).

O processo Friction Hydro Pillar Processing (FHPP) segundo a TWI é um processo que pode ser utilizado para unir ou reparar materiais de chapa grossa, materiais ferrosos e não ferrosos. Essa técnica envolve a rotação de uma haste consumível co-axialmente em um furo perfurado enquanto uma carga é aplicada realizando a fricção e gerando calor e uma camada plástica continuamente conforme é possível verificar na figura 8. Durante o processo a haste é totalmente consumível e é solidificada ao material em sua deformação plástica através do furo e através da espessura da peça de trabalho. O material plastificado desenvolve-se mais rapidamente do que a velocidade de alimentação da haste, o que significa que a superfície de fricção sobe ao longo do consumível para formar um material de depósito recristalizado.

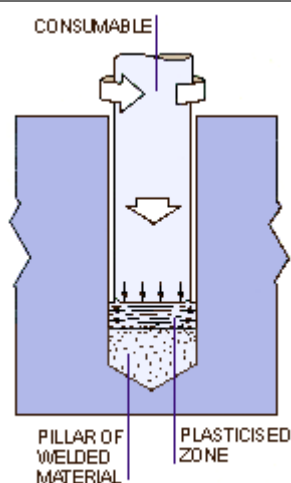


Figura 8 – Ilustração do processo de soldagem FHP (TWI, 2016).

O processo Friction Taper Plug Welding (FTPW) segundo a TWI-GLOBAL é um processo de soldagem por pontos de fricção originalmente concebidos para o enchimento de furos sem perfurações e reparação de fissuras e defeitos em chapa. Em comparação com as técnicas tradicionais de soldagem por fusão, a solda FTPW é um processo de soldagem em fase sólido. A soldagem é possível através da perfuração cônica ou através da placa no local da reparação, em seguida o conector cônico com um ângulo semelhante e é feita a fricção soldada na superfície. A superfície cônica completa é solda no correspondente furo.

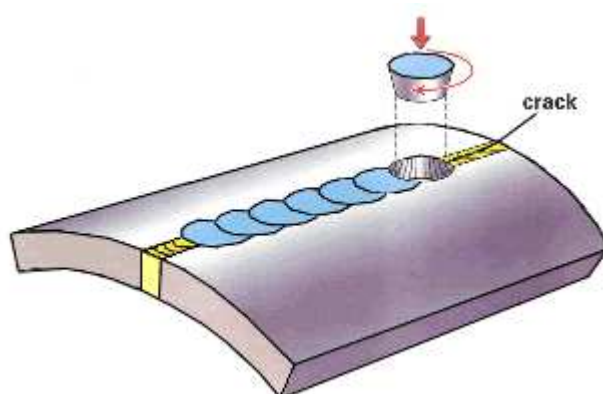


Figura 9 – Ilustração do processo de soldagem FTPW (TWI, 2016).

5. CONCLUSÃO

Foi apresentado o processo de soldagem por fricção FRW e como é possível verificar ele pode atender várias necessidades de acordo com a aplicação e material a ser utilizado, porém com a evolução de máquinas e processos há cada vez mais motivos para utilizar esse processo, sendo um dos principais motivos o seu tempo de processamento. Outro ponto importante a ser levantado é que para esse processo como se trata de um processo automatizado a solda não depende do soldador, um ponto fundamental hoje em dia, reduzindo tempo no processamento onde haverá também um padrão nas peças fabricadas, o scrap de peças será reduzido, e dependendo da empresa será possível aproveitar esse operador em outra função melhorando o aproveitamento da equipe.

Atualmente ainda existem outros tipos processos de soldagem por fricção que conseguem realizar um processo igualmente eficaz, porém antes de se definir o processo de soldagem é importante em sua fase de projeto definir quais os materiais a serem soldados, pois o material pode não ser compatível com o tipo de soldagem. Mas como é possível encontrar em pesquisas, existem vários processos de soldagem sendo pesquisados no qual haverá sempre uma evolução e os materiais principalmente os polímeros que vem evoluindo significativamente, com isso abrindo um leque de processos a serem aplicados na indústria.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, E.P – Juções de Materiais Dissimilares Utilizando o Processo de Soldagem Por Fricção Rotativa. – INPE, São José dos Campos, SP. 2010.

ANDRADE, L. – Projeto e Construção de Máquina de Solda Por Atrito e Análise de Soldas Dissimilares. Dissertação de Mestrado – Univesidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS. 2011.

ASM – American Society of Metals – ASM handbook Vol. 1 – Properties and Selection: Irons, Steels, and High Perfomance Alloys. 10 ed., 1993.

AWS – American Welding Society – Welding Handbook Vol 2 – Welding Processes. 8 ed., 1997.

ESAB - <http://www.esab.com/automation/en/index.cfm> - Acesso: 23/11/2016

FWT - <http://frictionwelding.in/> - Acesso: 01/12/2016.

GARBRECHT. A.M.; CAMARGO, E.B.; LERMEN. R.T.; MOLIN. A.D. – Effect of the Welding Parameters During Friction Sitr Welding Of Overlay Acryllic Sheets. Horizontina, RS. 2015.

GEARY, D.; MILLER, R. - Soldagem - 2ª Edição – 2013.

HOULDCROFT, P.T. - Welding Process Technology; Cambridge University Press, London. (1979).

KUKA - http://www.kuka-systems.com/br/technologies/linear_friction_welding/ - Acesso: 05/12/2016.

MARQUES. P.V.; MODENESI. P.J.; BRACARENSE. A. Q. - Soldagem - Fundamentos e Tecnologia. 3ª ed. 2011.

MESSLER, R. W – Principles of Welding, 1999

WEINER, E.; BRANDI. S. – Processos e Metalurgia, 1992

SILVA. F.L; JUNIOR. L.G. – Soldagem por Fricção – INFOSOLDA -
www.infosolda.com.br/download/61den.pdf - Acesso em 06/122016

SILVA. F.L; JUNIOR. L.G. – Soldagem por Fricção – INFOSOLDA -
www.infosolda.com.br/artigos/prosol03.pdf - Acesso em 06/122016

TWI - <https://www.twi-global.com/> - Acesso: 23/11/2016.

UKZUT. M.; ÜNLÜ. B.; YILMAZ. S.; AKDAG. M. – Friction Welding And Its Application In Today's World – http://eprints.ibu.edu.ba/621/1/issd2010_science_book_p710-p724.pdf - Acesso: 23/11/2016.

7. COMUNICADO DE RESPONSABILIDADE

O autor é o único responsável pelo material pesquisado.

Abstract. This technical study intends to present the technical of friction welding, demonstrating some of advantages and disadvantages, and some of its applications. Friction Welding (FRW) is very safe welding and applicable to various materials, especially today being used for polymers, which are materials that have been replacing metals due to their evolution. Currently there are several types of welding, estimated that there are more than 70 types of welding, but in this study will only present the friction welding. Friction welding has a good efficiency, and with the advancement of technology today we have machines that can provide a clean and safe welding, and also increase productivity. One of its main advantages of this welding process is there is no need for addition metal and it is possible to say that it is a self-cleaning process, it is a process in which it does not emit sparks or radiation, is it different from other welding processes. Regarding its disadvantages or constraints this process requires an axis of symmetry between the parts and is not compatible with all types of materials. In a brief analysis it is possible to verify that this process is a very useful process and has been evolving, having several applications in automotive and aerospace, but there are still some restrictions, but what mainly attracts this is for your safe process compared to others welding process.