

Caracterização e Análise para Elaboração de uma Planilha de Soldagem por Fusão

Tiago Sinigaglia¹,(UFSM) ts001117@fahor.com.br
Tânia Regina Seibot²,(UFSM) taniaseiboth@yahoo.com.br
Vanessa de Conto³, (UFSM) vanedeconto@hotmail.com
Janis Ruppental⁴, (UFSM) profjanis@gmail.com
Sérgio Luiz Jahn⁵,(UFSM) sergiojahn@gmail.com

Resumo:

O presente artigo descreve as técnicas de ensaios de metalografia em processos de soldagem por fusão. A metodologia utilizada foi o estudo de caso, estruturado em uma abordagem quantitativa baseado nos testes de metalografia realizados. Dessa forma, esse estudo foi regido pela norma ASTM D 3165, leis e normalizações que abordam a temática em questão. A análise realizada nesse estudo foi em uma empresa do ramo metal mecânico, localizada na região noroeste do estado do Rio Grande do Sul. Nesse cenário, verificou-se alguns fatores de uma instrução de trabalho de solda ponto, incluindo: adequação, situação atual e valores existentes. Após a realização dos testes de metalografia, e através da análise dos resultados, observou-se que alguns valores da instrução de trabalho antiga ainda eram aplicados na produção, principalmente os casos que envolviam chapas de menor espessura. Porém, nos casos de chapas com maior espessura, foi realizada a alteração dos parâmetros, permitindo ao operador uma regulação adequada a cada tipo de situação que ele possa vir a encontrar.

Palavras chaves: Metalografia, soldagem por fusão, tabela de regulação.

Characterization and Analysis for developing a worksheet for Fusion Welding

Abstract

This article describes techniques for metallography testing processes in fusion welding. The methodology is structured based on a quantitative metallography testing approach these tests were performed based on ASTM D 3165 and the documentary governing laws and commonalities that address the topic in question sources. The analysis was made in a branch company of metal mechanic in the northwestern region of the state of Rio Grande do Sul found that the existing values are suited to the current situation, after an examination of metallography can observe that some of the old values statement current production, particularly cases involving plates thinner still apply. However, not all were correct welding parameters, such as retention, the values were below the ideal, so tests were needed to determine the new parameters. With the results obtained from the metallographic tests was elaborated new sheet that covers much more than the previous values and everyone in the thickness range of parts usually welded in place, allowing the operator an appropriate setting for each type of situation he may encounter

Key- words: Metallography, fusion welding, adjustmenttable

1. Introdução

A crescente competitividade global tem exigido cada vez mais qualidade, seriedade e comprometimento das instituições com os seus clientes. Desse modo, a administração da

manufatura sob uma perspectiva de redução de perdas na matéria prima e a busca da excelência em sua produção, são elementos que refletem em um diferencial competitivo no mercado. Perante esses fatos, a cada dia mais empresas buscam reformular suas estratégias operacionais, otimizando seus processos produtivos, reduzindo perdas, mas sem perder qualidade. Nesse contexto, a fabricação de veículos automotores tem sido um exemplo relevante de mudança e adaptação nas últimas décadas. Antes do desenvolvimento da solda por resistência, ou solda ponto, as uniões de chapas metálicas eram realizadas através do rebitemento ou parafusação. Porém, com o passar do tempo, percebeu-se que esse método se tornava ineficaz, necessitando de manutenção periódica, demandando tempo e retrabalho das indústrias (PINTOR JUNIOR, 2014).

A partir da década de 1980, com a substituição gradual do processo manual de união de chapas pelo trabalho de máquinas de solda, o quesito qualidade obteve significativas mudanças, diminuindo retrabalho, aumentando a qualidade e a resistência das peças unidas. Apesar desse avanço, diferentes elementos podem influenciar na qualidade de um processo de solda, como o tipo de material utilizado, sua espessura, pressão e retenção. Por se tratar de uma técnica utilizada em setores diversificados, como a indústria automobilística, agrícola e civil – em seus elementos estruturais, possíveis falhas em pontos de solda podem comprometer a integridade do local ou das pessoas que as usufruem naquele momento (ALFARO, 2012).

Alguns dos fatores prioritários em qualquer processo industrial são o rendimento, eficácia da linha de produção e a qualidade do produto gerado. Nesse cenário, a solda torna-se algo imprescindível em muitos casos e o monitoramento desse processo torna-se necessário. Dessa forma, a supervisão desse processo pode ser realizada por parâmetros de soldagem, calculados a partir da espessura da chapa, material utilizado e acabamento desejado. Entre os critérios avaliados, o tempo de solda, intensidade de corrente e força entre eletrodos são fatores relevantes que podem influenciar na qualidade e resistência final (FURLANETTO, 2009; SELLITTO E MORAES, 2014).

A qualidade de um ponto de solda pode ser analisada pela medição de seu diâmetro e pela sua endentação. Para a verificação da homogeneidade do material soldado, sua distribuição, natureza das falhas e impurezas, os ensaios de macrografia consistem em uma alternativa eficiente. Esse ensaio fundamenta-se na exploração de um corpo de prova a olho nu ou através de sua ampliação de no máximo 10 vezes. Nesse contexto, a superfície a ser estudada deve ser plana e preparada através de um processo de lixamento para posteriormente ser submetida ao ataque de substâncias químicas reagentes. Desse modo, ao entrar em contato com esses componentes químicos, a superfície lixada reage, revelando detalhes macrograficos da estrutura ensaiada ou de suas juntas de solda.

Com base no exposto, destaca-se como objetivo desse estudo a análise e atualização de uma planilha de instrução de solda por resistência. Essa planilha compõe o setor de solda de uma empresa metalúrgica, localizada no noroeste do estado do Rio Grande do Sul. Nesse contexto, primeiramente realizou-se uma pesquisa sobre a importância de exames metalográficos e identificação de defeitos em pontos de solda. Em um segundo momento, foi analisado a planilha utilizada pela empresa no momento da construção desse estudo. E por fim, realizou-se testes macrograficos, possibilitando a identificação de discrepâncias na planilha vigente e sua atualização.

2. Referencial Teórico

Nesse capítulo serão abordados os temas referentes ao processo de soldagem, sua evolução e elementos que caracterizam e influenciam em sua qualidade final.

2.1 O Processo de Soldagem

Soldagem é uma terminologia referenciada a diferentes processos na fabricação de peças, equipamentos e estruturas. Culturalmente esse processo é associado a união de materiais, porém, ele também pode ser utilizado para a destituição de uma superfície, recuperação de elementos, criação de revestimentos, entre outros. Nesse contexto, a soldagem, na forma conhecida contemporaneamente, é o resultado de uma evolução datada a mais de 100 anos. Técnicas como a brasagem e soldagem por forjamento, possuem indicadores históricos de 400 A.C. Essas técnicas, amplamente utilizadas na antiguidade e idade média, asseguravam a fabricação de artefatos de guerra e diferentes instrumentos cortantes. Com a evolução humana e a chegada da revolução industrial, a soldagem passou a ser auxiliada por máquinas especializadas, trazendo rapidez e diversificando ainda mais o seu uso (MODENESI E MARQUES, 2006; TEIXEIRA, 2014).

O processo designado como solda por resistência, ou solda ponto, consiste em um método de soldagem no qual a junção de chapas é realizada sem a adição de consumíveis. Dessa forma, esse processo consiste na união de metais produzido em superfícies sobrepostas pelo calor da resistência do material à passagem de corrente elétrica. Nesse método os eletrodos exercem força durante e após a corrente elétrica, delimitando a área de contato da solda nas superfícies sobrepostas. As áreas em que a concentração de corrente é mais intensa são aquecidas por um pulso de baixa tensão e corrente elevada, formando assim, uma região fundida - a lente de solda (PAES, 1989; SELLITO E MORAES, 2014).

A soldagem por resistência pode ser dividida em quatro tipos de processos, incluindo: soldagem por ponto, projeção, costura e soldagem de topo por resistência. No processo de soldagem por ponto, dois eletrodos concentram pressão suficiente para permitir a passagem de uma alta corrente elétrica em um ponto de junta sobreposto. Desse modo, o aquecimento dessa região permite a fusão desse local, causando uma deformação plástica em torno da lente da matéria fundida. Em condições de soldagem adequadas, esse processo impede o vazamento do material trabalhado, protegendo-o do contato com o ar (MODENESI E MARQUES, 2006; TEIXEIRA, 2014).

A qualidade da soldagem por resistência a ponto está associada a critérios que influenciam diretamente na fusão do material a ser soldado. Entre esses parâmetros, destaca-se o tempo de solda, intensidade da corrente e força entre eletrodos. Fatores como a espessura das chapas, matéria prima e acabamento desejado, devem ser especificados, garantindo assim, a efetividade do trabalho a ser realizado. O tempo de solda, início e fim da passagem de corrente elétrica, varia de acordo com a espessura das chapas a serem soldadas. Desse modo, quando maior sua espessura, maior o tempo de soldagem. Quanto a corrente de soldagem, sua intensidade é responsável pela fusão dos materiais comprimidos pelos eletrodos. Dessa forma, a força exercida entre eles permite a união das chapas além de ser responsável por sua resistência elétrica e qualidade do processo. Cada empresa possui normas específicas quanto ao controle dos pontos de solda gerados. Sendo assim, a realização do controle de qualidade pode ser realizada de diferentes maneiras, através de testes de arrancamento do ponto, macografia, entre outros (SANTOS, 2006; SELLITO E MORAES, 2014).

Metalografia é definida por um estudo da estrutura dos materiais. Quando realizamos uma observação a olho nu, lupa ou microscópio, estamos realizando o que chamamos de exame metalográfico. Para a realização desse exame a amostra deve ser: cortada, lixada, polida e após polimento realizar ataque químico, a fim de revelar as propriedades estruturais do material. ROHDE (2010).

Em 1863, surgia a metalografia quando o Sr. H. C. Sorby, pela primeira vez observou uma estrutura metálica ao microscópio. Seu objetivo era estudar a constituição dos metais, textura, ligas e estruturas, bem como as influências do processo, ou seja, suas propriedades mecânicas, físicas, químicas. Em seus estudos sempre relacionou a microestrutura dos materiais, sabendo que a microestrutura está ligada a propriedade dos materiais, começou a perceber em uma visão qualitativa, os defeitos presentes nas microestruturas.

O ensaio macrográfico tem por objetivo analisar a estrutura superficial do material, após ataques químicos, é empregada para designar a macroestrutura, em tamanho natural ou aumento máximo de 10 vezes. Enquanto que o ensaio micrográfico também analisa a estrutura do material, principalmente de produtos metalúrgicos, através do auxílio do microscópio a fim de identificar a granulometria do material, ROHDE (2010).

O aço possui em sua propriedade diferentes microestruturas que o definem e caracterizam. Desse modo, essas peculiaridades possibilitam a combinação de estruturas com propriedades físico-químicas diversificadas (SILVA;OLIVEIRA 2011). Através de ensaios metalográficos e macrográficos tem sido possível a verificação dessas especificidades, sua heterogeneidade ou homogeneidade. A análise de corpos ensaiados podem ser realizadas através da sua ampliação em até 100 vezes (micografia) ou a olho nu (macografia). As amostras coletadas para a análise são preparadas através de uma secção transversal no ponto de solda, lixamento e polimento. Após o devido preparo, eles são submetidos ao ataque de um reagente químico (Ácido Nítrico e Álcool), revelando assim, detalhes macrográficos (segregações, porosidades, fissuras, profundidade e camadas depositadas) de sua estrutura ou junta. Esse processo possui grande relevância no ramo siderúrgico, objetivando diferentes constatações, tais como: porosidades, segregação e descontinuidades inerentes ao metal utilizado (RANGEL, 2005; ROHDE 2010; STOCCO 2010). Nesse contexto, defeitos como impurezas e trincas, podem estar associados a tensões no processo de resfriamento, forjamento, falhas ou laminação no momento da soldagem (BAPTÍSTA, SOARES E NASCIMENTO 2015).



Figura 1-Macrografia de solda

Fonte: ROHDE (2010)

2.2. Defeitos no ponto de solda e suas consequências

A solda por resistência, ou ponto, consiste em um processo de união de materiais por um ou mais pontos. Dessa modo, a fusão desses elementos ocorre em decorrência do calor e pressão no qual são submetidos. O calor é oriundo da resistência sofrida pela corrente elétrica ao passar pelas peças em contato durante um curto espaço de tempo. Esse processo adequa-se na soldagem de chapas com pequenas espessuras, de 0,9 mm à 4,25mm, sendo amplamente utilizado na indústria automobilística. Em um processo de solda defeitos como falta de fusão, ponto colado, lentilha pequena, descontinuidade interna e excessiva indentação são recorrentes e podem estar associadas a diferentes fatores: a força de fechamento do eletrodo

inadequada e tempo da corrente de solda, eletrodos com contato largo, entre outros SILVA e CAMARGO, 2010; STOCCO e GONÇALVES (2013).

Entre os fatores anteriormente citados, a corrente de soldagem e tempo, força e forma do eletrodo e resfriamento do ponto de solda, são elementos que também influenciam na qualidade durante o processo de soldagem. Desse modo, a corrente de soldagem, fornecida pela rede de alimentação, passa pelo circuito primário do transformador, circuito secundário chegando até a peça de trabalho. Para produzir a solda são utilizadas duas correntes AC (corrente alternada) e DC (corrente contínua). Essas correntes possuem um limite inferior, abaixo do qual o aquecimento e eventual fusão adequados não são obtidos na interface da união (SANTOS; 2013).

A medida em que aumenta-se a intensidade da corrente, necessita-se a diminuição do tempo de fluxo. Porém, ao aumentar-se sua intensidade, ocorre aquecimento em todo o material, implicando em uma deformação plástica. Nesse cenário, o tempo de soldagem, define-se como um parâmetro importante e pode ser dividido em frações, incluindo: tempo de subida e descida de corrente e tempo de retenção. Desse modo, tempos de soldagem muito curtos demandam altas correntes para a fundição do material. Sendo assim, quanto maior o tempo de solda maior são as perdas de calor por dissipação, diminuindo o rendimento térmico da soldagem, além de aumentar as distorções do componente soldado (STOCCO; 2010).

A força de aperto dos eletrodos tem por finalidade a manutenção do contato entre os diferentes elementos no local da solda. Essa força influencia nas resistências elétricas e térmicas entre as duas chapas a serem soldadas e entre elas e os eletrodos MOLEND *et al.* (2010). Nesse sentido, eletrodos com baixa força implicam no aumento da resistência, gerando mais calor. Esses fatores resultam em uma solda de baixa resistência estrutural e vida útil desse componente. Os eletrodos utilizados na soldagem por resistência a ponto tem sua forma definida em função da geometria da peça a soldar. Dessa forma, esses elementos podem ser encontrados com diferentes características, tais como: eletrodos retos, curvos, com ponta cônica, arredondada, achatada e excêntrica. A formação de uma liga de Cu-Zn (latão), está relacionada a deformação do eletrodo, produzindo a diminuição de densidade e corrente, gerando assim, um processo falho de má qualidade SILVA E MODENESI (2010), (STOCCO; 2010).

3. Metodologia

Para atingir os objetivos propostos pelo trabalho, utilizou-se a metodologia de estudo de caso. O levantamento dos dados que o compõem, ocorreu no mês de novembro de 2014 em uma empresa que atua no ramo de metalurgia. Dessa forma, partiu-se da premissa apresentada – a atualização da planilha que regulariza o setor de solda ponto. Localizada na região do noroeste do Rio Grande do Sul, a empresa atuava com uma planilha defasada, no qual sua última atualização datava o ano de 2004. Nesse contexto, ela não apresentava mais significância para a produção.

Problemas na qualidade da soldagem, preocupação com a segurança do cliente final e o desejo de crescimento perante o mercado regional, foram alguns dos fatores que motivaram essa pesquisa. Dessa forma, iniciou-se uma análise do setor de solda ponto da empresa e da planilha vigente. Após um exame detalhado, observou-se que alguns valores contidos na planilha de soldagem não correspondiam mais a produção. Os parâmetros de soldagem também apresentaram discrepâncias, assim como a retenção e resfriamento do eletrodo, expressaram valores abaixo do ideal, demandando testes para sua atualização.

Para a fidelização dos resultados, os corpos de prova foram elaborados com o mesmo tipo de chapa utilizada na empresa, modelo SAE 1020. Desse modo, essas amostras seguiram

os padrões da norma internacional ASTM D3165 – Método de Teste Padrão para Propriedades de Resistência em Cisalhamento por Tensão. Conforme exposto nessa norma, os corpos de prova seguiram as dimensões recomendadas de 25,4 por 203,2mm com uma zona de soldagem central de 12,7mm. Desse modo, chapas de diferentes tamanhos foram unidas pelo processo de soldagem e posteriormente submetidas a testes macrográficos e metalográficos.

3.1 Testes realizados

As amostras que constituíam esses corpos de prova foram unidas através de um único impulso de solda ponto, espessura até 3,5 mm. Porém, se apresentassem espessura superior, dois impulsos eram necessários para garantir a excelência da fusão. Dessa forma, alocaram-se os impulsos no meio dos corpos de prova, como demonstrado na figura 2.



Figura 2 – Amostra de solda

Fonte: Autores (2014)

Para a realização dos testes, regulou-se a máquina de solda conforme a antiga planilha. Conforme novos testes estavam sendo executados, novos valores eram inseridos em uma nova planilha. Essa metodologia gerou uma nova regulagem, sempre que a solda não apresentasse resultado satisfatório. Após o término desse processo, as amostras foram cortadas no meio do ponto de solda, para que posteriormente exames metalográficos fossem realizados. Esse processo contou com o apoio de uma serra circular da empresa e funcionários habilitados.

Para a realização dos exames metalográficos, as amostras foram polidas, utilizando lixas de grãos 100, 320 e 600. Nesse sentido, esse processo ocorreu no laboratório metalográfico I da Faculdade Horizontina. Posteriormente, submeteu-se o material testado a ação de um reagente para aço carbono durante 10 minutos, tempo por amostra coletada. Esse processo foi necessário para a verificação de possíveis ataques químicos no material ensaiado. Após o término da submersão no reagente, examinou-se visualmente para a verificação de possíveis pontos de fusão. Sendo assim, das 22 amostras ensaiadas foram selecionadas 7, por apresentarem claramente reação na zona de fusão.

O material utilizado nos testes foi uma máquina de solda ponto da marca Pointec, cuja foto encontra-se na Figura 3. A regulagem para os testes foi realizada baseando-se tanto na planilha antiga como nos testes realizados, fazendo nova regulagem na máquina sempre que a solda não ocorresse da maneira desejada ou não houvesse fusão adequada entre as chapas.

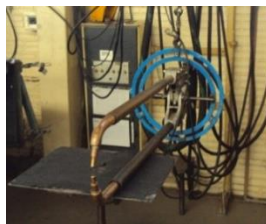


Figura 3 – Máquina de solda ponto

Fonte: Autores (2014)

3.2 Exames de metalografia

Os exames de metalografia foram conduzidos para verificar a presença de fusão nas amostras selecionadas, sendo de grande importância verificar ou não se houve fusão nas amostras, pois pode indicar se a regulagem recomendada pela planilha de controle de soldagem está correta ou não. Tão importante quanto os testes de soldagem é o exame de metalografia, pois é o único que permite visualizar como a amostra foi afetada pela solda no seu interior.

A primeira amostra pode ser visualizada abaixo na figura 4. Essa amostra é composta por duas chapas de 0,9 mm de espessura unidas.



Figura 4: Amostra um

Fonte: Os autores (2014)

A zona afetada pelo reagente da amostra pode ser visualizada na figura 5 logo abaixo, nota-se que houve fusão entre as chapas, indicando que os parâmetros usados estão corretos e confirmando na prática os valores indicados na planilha. A segunda amostra é praticamente idêntica a primeira, porém sendo formada por uma chapa de 0,9 e outra de 1,2 mm unidas por um ponto de solda.



Figura 5: Amostra dois

Fonte: Os autores (2014)

No caso da amostra dois a zona de ataque ficou mais bem realçada que na amostra anterior, com a fusão podendo ser visualizada com clareza na figura 6. Como a fusão aparece de maneira bem visível, fica evidente que os parâmetros usados na regulagem estão adequados nesse caso. A amostra três foi formada pela união de uma chapa de 0,9mm com uma de 1,5mm, através de um ponto de solda. A amostra pode ser visualizada na figura 6.

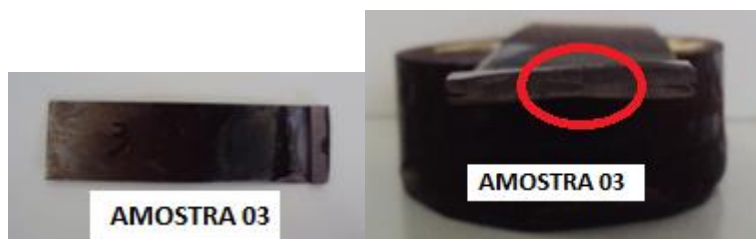


Figura 6: Amostra dois

Fonte: Os autores (2014)

No caso da amostra três a zona de ataque não ficou tão bem realçada como no caso da amostra anterior, com a fusão podendo ser visualizada na figura 8. Isso pode indicar que houve problema no ataque do reagente, ou a regulagem na hora de soldar não era a ideal.

A amostra quatro foi formada pela união de uma chapa de 0,9mm com uma de 2,0mm, através de um ponto de solda. A amostra pode ser visualizada na figura 7.



Figura 7: Amostra dois

Fonte: Os autores (2014)

No caso da amostra quatro a zona de ataque ficou mais realçada que no caso da amostra três, com a fusão podendo ser visualizada na figura 10. Neste caso a zona de ataque ficou mais evidente que no caso da amostra três, ainda assim ficou clara a presença de fusão entre as chapas, confirmando que os valores de regulagem estavam corretos.

A amostra cinco foi formada pela união de uma chapa de 0,9mm com uma de 2,5mm, através de um ponto de solda. A amostra pode ser visualizada na figura 8.



Figura 8: Amostra cinco

Fonte: Os autores (2014)

A zona de fusão na amostra cinco ficou visível, porém devido a diferença de espessura entre as chapas componentes, a amostra não sofreu um ataque uniforme como visto na figura 12, indicando que seja necessário fazer algumas alterações na regulagem da máquina.

A amostra seis foi formada pela união de uma chapa de 0,9mm com uma de 3,0mm, através de um ponto de solda. A amostra pode ser visualizada na figura 9.



Figura 09: Amostra seis

Fonte: Os autores (2014)

A zona de ataque ficou mais realçada no caso da amostra seis, porém a zona de fusão ficou muito pequena, indicando que a soldagem não ocorreu da maneira adequada, provavelmente devido a grande diferença de espessura entre as chapas, como pode ser observado na figura 10.

A amostra sete foi formada pela união de uma chapa de 1,2mm com uma de 1,2mm, através de um ponto de solda. A amostra pode ser visualizada na figura 15.



Figura 10: Amostra sete

Fonte: Os autores (2014)

A amostra sete apresentou uma zona de ataque bem visível, com a zona afetada pela fusão ficando em evidência. A fusão entre as chapas demonstra que a máquina estava regulada corretamente.

Como já foi dito anteriormente os exames de metalografia foram realizados para verificar se houve fusão ou não nas amostras de solda, que foram usadas para verificar se os novos padrões para a regulagem da máquina de solda ponto contidos na nova planilha de soldagem estavam corretos. Os exames foram realizados para verificar a macrografia das amostras, permitindo visualizar melhor a área afetada pela fusão da solda.

Das 22 amostras originais, nem todas apresentaram uma fusão visível, seja por fusão inadequada, regulagem incorreta ou por não ter havido uma reação na zona de ataque com o uso do reagente. Verificou-se que quanto menor a diferença de espessura entre as chapas das amostras melhor era a fusão no local do ponto, enquanto que peças que apresentavam uma diferença grande de espessura entre as chapas a fusão não ficava tão visível quanto nos casos anteriores, o que indica que a solda não ficou tão forte quanto deveria.

As peças com espessura maior também não tiveram uma soldagem adequada, houve a presença de fusão, mas não da mesma forma que no caso das chapas mais finas, mesmo considerando que a regulagem da máquina em muitos casos estava usando os valores máximos permitidos pelo aparelho.

3.2 Comparação dos valores da antiga planilha e sua atual

Na planilha apresentada, demonstrou os parâmetros de solda mais utilizados pela instituição. Esse controle permite ao operador da máquina, regular o aparelho de acordo com o tipo de peça a ser soldada. Dessa forma, a planilha caracteriza-se como uma ferramenta de apoio ao operador, possibilitando a identificação correta da regulagem das máquinas.

MATERIAL	REGULAGEM SOLDA PONTO																												
	X = Pressão e O = Pós-Pressão										Solda										Potências								
	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	10	15	20	25	30	35	40	45	55	60	55	60	65	70	75	80	85	90	95
0,9 com, 0,90	X	O									X										X								
0,9 com 1,20	X	O										X										X							
0,9 com 1,50		X	O										X									X							
0,9 com 2,00		X	O											X									X						
0,9 com 2,50			X	O											X								X						
0,9 com 3,00			X	O												X							X						
1,20 com 1,20		X	O										X										X						
1,20 com 1,50		X	O										X										X						
1,20 com 2,00			X	O										X									X						
1,20 com 2,50		X	O												X								X						
1,20 com 3,00				X		O										X								X					
1,50 com 1,50	X	O											X											X					
1,50 com 2,00		X	O											X									X						
1,50 com 2,50				X	O													X						X					
1,50 com 3,00					X	O												X							X				
2,00 com 2,00				X	O														X					X					
2,00 com 2,50					X	O													X						X				
2,00 com 3,00						X	O																			X			
2,50 com 2,50							X	O																			X		
2,50 com 3,00								X	O											X								X	
3,00 com 3,00									X	O											X								X
Para soldar materiais com espessuras diferentes, e não registradas acima, o soldador deve fazer uma média das espessuras dos materiais																													
Para regulagem de máquina pode ser usado uma faixa acima ou abaixo da determinada.																													

Fonte: Os autores (2014)

Figura11: Tabela de regulagem de solda ponto. (2004)

A planilha apresenta as regulagens para pressão e pós-pressão, solda e potência. De acordo com a figura 12, não está especificado na planilha a compressão 1e 2 e nem mesmo a regulagem da retenção.



Figura12: Painel de regulagem solda ponto.

Fonte: Os autores (2014)

Na figura 13, nova planilha de regulagem, podemos notar que foi acrescentada a regulagem da compressão 1 e 2. A pressão antes representada por um X está em uma coluna, enquanto que o pós-pressão representado pelo “O” na figura 16, também foi posto em uma coluna. A solda e a % da potência também mudaram-se os valores de acordo com a regulagem no painel da máquina. O parâmetro “solda” na figura 16 esta de 10 a 60, na figura 18 foi alterado de 8,5 a 10, o mesmo acontece com “% da potencia” na figura 16 esta de 55 a 95, na figura 18 foi alterado de 8,5 a 10, conforme painel de regulagem (Figura18)

Tabela com nova regulagem:

MATERIAL	REGULAGEM SOLDA PONTO															
	1º e 2º COMPRESSÃO		Solda					% Potência					RETENÇÃO	PAUSA (s)	PRESSÃO (bar)	
	1º	2º	8,5	9	9,5	9,7	10	8,5	9	9,2	9,5	9,7	10	1 A 60	1 A 10	6 A 8
0,9 X 0,9	10	10	X											6	4	6 A 8
0,9 X 1,2	10	10	X	X				X	X		X			6	4	6 A 8
0,9 X 1,5	10	10	X	X					X		X			6	4	6 A 8
0,9 X 2,0	10	10	X	X					X		X			7	4	6 A 8

0,9 X 2,5	10	10	X	X							X	X		8	4	6 A 8
0,9 X 3,0	10	10	X	X							X	X		8	4	6 A 8
1,2 X 1,2	10	10	X	X					X	X				6	4	6 A 8
1,2 X 1,5	10	10		X	X						X	X		7	4	6 A 8
1,2 X 2,0	10	10		X	X					X		X		8	4	6 A 8
1,2 X 2,5	10	10				X	X					X		8	4	6 A 8
1,2 X 3,0	10	10				X	X					X	X	8	4	6 A 8
1,5 X 1,5	10	10			X		X					X		10	4	6 A 8
1,5 X 2,0	10	10			X		X					X		9	4	6 A 8
1,5 X 2,5	10	10				X	X					X		10	4	6 A 8
1,5 X 3,0	10	10				X	X					X	X	9	4	6 A 8
2,0 X 2,0	10	10				X	X					X		10	4	6 A 8
2,0 X 2,5	10	10				X	X					X	X	11	4	6 A 8
2,0 X 3,0	10	10					X						X	12	4	6 A 8
2,5 X 2,5	10	10					X						X	12	4	6 A 8
2,5 X 3,0	10	10					X						X	13	4	6 A 8
3,0 X 3,0	10	10					X						X	15	4	6 A 8
3,0 X 4,2	10	10					X						X	18	4	6 A 8
Para soldar materiais com espessuras diferentes, e não registradas acima, o soldador deve fazer uma média das espessura dos materiais utilizados.																
OBS: A espessuras indicadas na tabela estão em milímetros (mm).																

Fonte: Os autores (2014)

Figura13: Tabela de regulagem de solda ponto. (2014)

Foram alterados os parâmetros da espessura 0,9 x 3mm, aumentou-se a retenção, e as espessuras de 2 x 2,5mm até 3,0 x 4,2.

4. Análise dos Resultados

Através dos resultados obtidos a partir dos testes de soldagem e de metalografia, elaborou-se uma nova planilha, que abrange um maior número de espessura das peças normalmente soldadas no local, permitindo ao operador uma regulagem adequada a cada tipo de situação que ele possa vir a encontrar. Na nova planilha constam alguns valores da tabela antiga, como potência e porcentagem de solda, mas a maior parte valores foram adicionados após os testes .

A elaboração da nova planilha foi necessária devido ao fato de que a planilha anterior era muito antiga, e não apresentava mais garantias de que aqueles valores ainda estavam corretos. Para que a planilha seja confiável e de utilidade ao operador ela deve ser atualizada periodicamente, sendo que o tempo considerado ideal é a cada três anos, ou conforme a necessidade da empresa.

Os testes de metalografia auxiliaram na regulagem dos parâmetros, bem como na verificação se há falhas internas no material soldado. Também foi verificada que a partir da espessura 1,2 x 2 mm são necessário 2 pontos duplo.

Para adequação as normas ISO 9001:2008, é necessário realizar a validação do processo, requisito 7.1 da norma, para a validação do processo de solda ponto é necessário a realização de testes e ou ensaios, que podem ser destrutivos ou não destrutivos. No que se trata de solda ponto o ensaio de metalografia é um ótimo teste para validar o processo e garantir o menor número de falhas possível.

5 Conclusões

Com utilização da nova planilha de regulagem de solda, facilitou para o operador realizar a regulagem da máquina de solda, bem como a realização do processo. Com o nova planilha também facilitou quanto a agilidade do processo.

A qualidade das peças também melhorou, evitando problemas como o

despreendimento da solda, problemas no cliente que muitas vezes além dos transtornos com devolução, retrabalho, atrasos, perda econômica, causa descredibilidade por parte do cliente, com o fornecedor.

Referências

ALFARO, S. C. A. *Sensor for quality for control in Welding*. Universidade de Brasília, Departamento de Engenharia Mecânica, Brasília, DF, Brasil. Soldagem e Inspeção. São Paulo. Vol 17. Nº 3, Pag 192-200. Julho a setembro 2012.

ASTM D3165-07. *Standart Test Method for Strength Properties of Adhesives in Shear by Tension Loading of Single-Lap-Joint Laminated Assemblies*. 2007.

BAPTÍSTA A. L. de B., SOARES Â. R., NASCIMENTO I. A. d. *Divisão Instrumental Científico*. O ensaio metalográfico no controle da qualidade. Disponível em: http://www.spectru.com.br/ensaio_metal.pdf. Acesso: Junho 2015.

ISO 9001- *Sistemas de gestão da qualidade*. Requisitos - qualificação do processo de solda e dos soldadores. Segunda Edição, 28-11-2008.

MOLEND, C. H. A.; PARIS, A. A. F. LIMBERGER, I. F.; SILVA, R. B.; OLIVEIRA, L. M.; RIGHI, L. A. *Simulação numérica do crescimento da lentilha de solda obtida pelo processo de soldagem a ponto por resistência elétrica no aço inox AISI 304*. Revista Soldagem e Inspeção: 2010. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0104-92242010000400008&script=sci_arttext. Acesso: Junho 2015.

PALMEIRA A. A. *Capítulo 7: Metalografia Departamento De Mecânica Materiais De Construção Mecânica Iv*. Universidade do estado do Rio de Janeiro Estrada Resende Riachuelo s/n. - Morada da Colina Resende – RJ. Disponível em: <http://www.fat.uerj.br/intranet/disciplinas/Materiais%20de%20Construcao%20Mecanica/Cap%207%20-%20Metalografia.pdf>. Acesso: Junho 2015.

RAMOS, D.F.; STROHAECHE, R.T.; SANTOS, J.F. *A Influência Do Perfil Da Ferramenta E Velocidade De Rotação A Ponto por fricção e Mistura mecânica da liga AA 6181 t4*.

RANGEL, A. F.; MATLAKHOVA, L. A., PARANHOS, R. P. R.; MATLAKHOV, A. N. *Avaliação de Junta Soldada pelo Processo MIG-BRAZING por Meio de Técnicas Metalográficas*. Soldagem Insp., Vol. 10, No. 2, Abr/Jun 2005.

ROHDE R. A. *Metalografia Preparação De Amostras*. Uma abordagem pratica Versão-3.0. Outubro de 2010.

SANTOS, W. A. *Estudo da influência dos parâmetros de regulação na soldagem por resistência na indústria automobilística*. São Caetano do Sul: 2013. Monografia apresentada ao Instituto Mauá de Tecnologia para obtenção do título de especialista. 2013.

SANTOS, W.A. *Estudo da influência de parâmetros de regulação em Soldagem por resistência na indústria automobilística*. São Caetano do Sul. SP. Trabalho de conclusão de curso de pós graduação em especialização em engenharia de soldagem. 40 pg. 2013.

SILVA, E. F.; OLIVEIRA, L. F. C. *Caracterização química e metalográfica dos aços inoxidáveis de implantes removidos de pacientes*. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-78522011000500003. Acesso: Junho 2015.

SILVA, F. R.; CAMARGO, J. R. *Análise inicial da solda a ponto por resistência para caracterizar o defeito por indentamento e eletrodos desalinhados-parte 1*. Disponível em: <http://periodicos.unitau.br/ojs-2.2/index.php/exatas/article/viewFile/1276/855>. Acesso: Junho 2015.

SILVA, T. A.; MODENESI, P. J. *Efeito do tipo de revestimento na soldagem a ponto de aços galvanizados*. Revista Soldagem e Inspeção: 2010. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-92242010000300003 Acesso: Junho 2015.

STOCCO, D. *Caracterização de solda por resistência a ponto através de avaliações não destrutivas*. São Paulo: 2010. Dissertação (mestrado)- Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

STOCCO, D; GONÇALVES, R. *Caracterização dos defeitos encontrados em solda a ponto utilizando a técnica do ultra-som apoiado a exames metalográficos*. São Bernardo do Campo: 2013. Disponível em: <http://www.aaende.org.ar/ingles/sitio/biblioteca/material/T-004.pdf>. Acesso: Junho 2015.