

Variáveis Relevantes para a Qualidade do Processo de Soldagem de Pontos por Resistência Elétrica Utilizado na Indústria Automobilística

Flávio Bilha dos Santos¹

flavio.bilha@dcx.com.br

Fernando B. Mainier²

mainier@vm.uff.br

¹ DaimlerChrysler do Brasil Ltda.

² UFF – Universidade Federal Fluminense

RESUMO

O processo de soldagem por resistência tem sido largamente utilizado no setor automobilístico, muitas vezes sendo ainda a melhor opção de processo para união de chapas para a formação da estrutura metálica dos automóveis. Historicamente observa-se que durante muitos anos, poucos foram os desenvolvimentos considerados significativos nesse processo, talvez devido à sua simplicidade aparente, fazendo com que fosse sempre empregado de forma bastante ortodoxa. Já na última década, em função da utilização de novos materiais para construção de automóveis, nota-se que o processo em questão tem sido visto com outros olhos pelos seus usuários e fabricantes dos sistemas, que tem feito grande aporte de tecnologia aos equipamentos já existentes, assim como tem desenvolvido novas formas de operação e de controle visando baixar o consumo, o custo dos investimentos, tornar os equipamentos mais operacionais, versáteis, capazes de soldar tipos diferentes de chapas, e de forma que se possa montar um processo com menores probabilidades de falhas, o que pode vir a influenciar até na imagem da marca perante o mercado a que o produto se destina. Esse trabalho tem por objetivo analisar as variáveis relevantes aplicadas ao processo de soldagem de pontos por resistência oferecendo aos leitores a oportunidade de obter respostas para os questionamentos a respeito da possibilidade de ocorrências de falhas nos modelos praticados. Dentro da definição das variáveis de processo, está a ação do operador de solda, que influencia diretamente a qualidade do trabalho a ser executado. Atendendo às expectativas de profissionais atuantes na área de engenharia de produção, esse trabalho relaciona as variáveis relevantes envolvidas no processo de soldagem de pontos por resistência com os resultados obtidos no produto, analisando os potenciais de melhoria do processo, com o objetivo final de torná-lo cada vez mais eficiente às empresas que dele fazem uso.

Palavras-Chave: Soldagem de pontos por Resistência Elétrica. Indústria Automobilística. Parâmetros de Soldagem. Gestão da Qualidade.

1. INTRODUÇÃO

Em 1900, quando havia nos Estados Unidos cerca de 8.000 carros, embriões de caminhões e poucas estradas asfaltadas, os fazendeiros sem visão de futuro colocavam barreiras de cacos de vidro, pregos, facas e matérias cortantes para impedir a passagem destas máquinas barulhentas e malcheirosas, que perturbavam as pessoas e os animais. Estas barreiras não impediram que a indústria automobilística nestes cem anos continuasse a crescer vertiginosamente. Os Estados Unidos produzem anualmente cerca de 17 milhões de automóveis e atualmente existe na Terra aproximadamente 550 milhões de automóveis, número suficiente para formar uma fila que daria 40 vezes a volta ao mundo, ou seja, após cem anos continuam a perturbar a população em função da poluição e dos acidentes.

O automóvel nestes últimos cinquenta anos tem sido um bem significativo e de importância vital para grande parte da humanidade. A partir da década de 80, tem-se notado um aumento significativo na robotização das montadoras de automóveis, sendo praticamente aceitável, em todos os níveis, que, em ambientes de alta tecnologia, os trabalhadores com

funções repetitivas, como apertar parafusos ou aplicação de soldas por pontos, tendem a ser substituídos por máquinas e robôs.

A concepção, a construção e a venda de um automóvel ao consumidor final, quando bem estudado, é um projeto arrojado, em que devem participar e cooperar, durante três a dez anos, milhares de pessoas, onde são executados milhões de ordens de serviços e decisões importantes e muitas vezes irreversíveis, em função de um cenário econômico complexo e diante de uma concorrência exacerbada. Atualmente, caminhando na dimensão industrial, os projetos dos carros da atualidade são baseados na segurança, em visões simples e compactas. E, nesta direção, também, acompanham as próprias fábricas de autopeças, que, na maioria das vezes, já estão enviando às montadoras os grupos de peças prontas, de fácil montagem e formando um conjunto único.

Segundo Hahn (1997) uma avaliação mais acurada mostra que o automóvel é um dos produtos mais complexos e sofisticados já desenvolvidos. Suas dez mil partes, componentes associados, sistemas e subsistemas fornecem o verdadeiro teste para automação e produtividade. Além disso, pode servir de paradigma ideal para integrar os materiais já existentes e os avançados com processamento e manufatura de ponta, tudo dentro de limites de confiabilidade e custo aceitáveis. Talvez, a forma mais efetiva de ilustrar o tipo e magnitude dos problemas que hoje cercam os materiais usados na indústria automotiva seja catalogar os principais sistemas de materiais e as tendências tecnológicas genéricas.

Os elementos detonadores destas mudanças foram os desafios da concorrência nacional e internacional e as exigências dos clientes, no sentido de incorporar as inovações no seu cotidiano. Dessa forma, a pesquisa e o desenvolvimento tecnológico foram impelidos no sentido de atingir a qualidade, o conforto e a segurança ditados pelas normas técnicas e sociais vigentes. A preocupação com a durabilidade, a aparência e vida útil do automóvel tem sido uma constante nos ramos automotivos e coligados, conseqüentemente, a qualidade, representada pelo processo de soldagem de pontos por resistência, objeto do presente estudo, é fundamental sob o ponto de vista de uma avaliação crítica.

O processo de soldagem de pontos por resistência é largamente difundido na indústria automobilística, sendo atualmente o mais aplicado na união dos variados tipos de chapas que formam a carroçaria. Em relação aos processos de soldagem por abertura de arco elétrico, tem como vantagens principais, proporcionar menor aquecimento às partes unidas, uma vez que a fusão é restrita apenas ao local de formação do ponto, não acrescentar peso extra ao produto, uma vez que não utiliza materiais de adição além de proporcionar custos mais baixos.

Segundo Branco (2005), o processo de soldagem por resistência elétrica foi inventado por Elihu Thomson, em 1877, que aplicou esse processo de soldagem para unir fios de cobre. Logo percebeu que esta técnica poderia ser usada para a soldagem de outros materiais. A soldagem por resistência tem crescido enormemente desde a primeira chapa automotiva soldada, a qual foi introduzida em 1933 como processo de fabricação, tornando-se o processo predominante na montagem das carrocerias automotivas.

Com a crescente demanda do mercado de automóveis e a exigência cada vez maior dos clientes por produtos que simplesmente estejam livres de falhas, as empresas fabricantes travam uma verdadeira guerra contra as situações que possam desencadear problemas futuros nos seus produtos.

Adicionando-se a necessidade de se produzir com custos cada vez menores, a eficiência dos processos representa uma verdadeira redução de custos na fonte, ou seja, antes da entrega do produto ao cliente. Mais do que isso, essa eficiência ainda agrega um diferencial, pois previne que não ocorrerão falhas futuras, responsáveis por ações de garantia e perda de imagem.

Orientado a essa visão, o processo de soldagem de pontos por resistência elétrica é alvo de possíveis melhorias que possam levá-lo a um patamar de excelência, tendo como princípio básico o alinhamento dos resultados obtidos no processo com os próprios interesses da organização.

2. DEFINIÇÃO E PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO DO PROCESSO DE SOLDAGEM DE PONTOS POR RESISTÊNCIA

Segundo Brandi (2004), denomina-se soldagem, ao processo de união de duas partes metálicas, usando fonte de calor, com ou sem aplicação de pressão. A solda é o resultado desse processo.

Segundo a definição da norma DIN 1910 (1997), parte 2, a soldagem por resistência elétrica é uma classificação do processo de soldagem, e na parte 5 essa mesma norma classifica o processo de soldagem de pontos por resistência elétrica como uma subdivisão do processo de soldagem por resistência.

No caso do processo de soldagem de pontos por resistência elétrica, especificamente, a ligação acontece através do calor gerado por fontes de energia elétrica devendo existir uma força entre as chapas a serem unidas, de modo que se forme uma região de resistência elétrica para a passagem da corrente.

A junção de peças através da soldagem por resistência elétrica acontece com a utilização de equipamentos chamados pinças de solda. Essa pinça é formada por hastes metálicas, chamadas braços, de boa condução elétrica, geralmente feitos em ligas de cobre ou alumínio. Através de eletrodos de cobre, situados nas extremidades dos braços, estes se fecham, se encontrando em um ponto no espaço, ou seja, o ponto de solda. Ao fecharem, as hastes proporcionam uma determinada força de encontro das chapas no ponto específico, momento em que se prepara o início da passagem da corrente elétrica, que irá fundir o metal, formando um ponto de união das chapas.

Segundo Brandi (2004), a energia térmica do processo pode ser definida como:

$$Q = \int_0^t I^2 R t dt$$

Onde,

Q= energia térmica desenvolvida no ato da soldagem, em Joule;

t = tempo de duração da passagem da corrente elétrica, em segundo;

R = resistência de contato das chapas, ohm;

I = valor da intensidade da corrente elétrica que atravessa o metal, ampère.

3. AS VARIÁVEIS DO PROCESSO DE SOLDAGEM DE PONTOS POR RESISTÊNCIA ELÉTRICA

Em conjunto com os parâmetros de soldagem, as variáveis do processo precisam ser controladas para que a boa qualidade do ponto de solda seja assegurada. As variáveis são as condições do processo influenciadas direta ou indiretamente pelos parâmetros. De certa forma, as variáveis podem muitas vezes ser oriundas de decisões tomadas na fase de planejamento do processo, pois envolve desde as funções de mão-de-obra, até as condições ambientais que interagem com o resultado do processo.

3.1. RESISTÊNCIA DO CIRCUITO SECUNDÁRIO

A resistência do circuito secundário de soldagem é uma variável muito crítica e instável, pois depende da resistência do material presente nas chapas, braços de pinças e cabos, e principalmente da resistência dinâmica, encontrada entre chapas. A relação das resistências transforma-se em função da temperatura encontrada no material e da força entre os eletrodos. Por esse motivo, as diferentes resistências não se mantêm constantes. Ao contrário, estão sempre se alterando no decorrer do ciclo de formação do ponto durante o processo de soldagem.

No momento inicial, no qual a pinça se fecha, existe um período de acomodamento das chapas, a pré-pressão, que faz com que a resistência de contato, que era relativamente alta entre essas chapas, seja reduzida. Ao se iniciar a passagem de corrente elétrica, essa resistência aumenta significativamente, pois o calor gerado faz aumentar a resistência elétrica dos metais. O calor e a resistência elétrica atingem seu pico máximo, no momento em que a temperatura se torna suficiente para a fusão localizada das chapas, etapa na qual o material se encontra em estado pastoso, quase líquido. A partir dessa fase, não faz mais sentido se referir à resistência entre chapas, pois agora elas estão unidas, formando um único material. Com a unificação do material, ainda aquecido em seu pico máximo, a resistência elétrica tende a cair, principalmente com o equilíbrio proporcionado pela ação da refrigeração que circula internamente através dos eletrodos. O calor nesse estágio precipita um crescimento dos grãos na região atingida, sendo formado o ponto de solda. Após o término da passagem da corrente, já sem a fonte de calor, a temperatura baixa por conta ainda do resfriamento forçado. Quando a pinça se abre o ponto formado fica então sujeito a uma refrigeração espontânea e continua, por conta do ambiente.

O comportamento da resistência entre as chapas vai determinar se a qualidade do ponto de solda é boa, ou se o ponto ficará sem a fusão adequada. Para isso, segundo a norma DVS 2904-2, ela deve ter o comportamento alinhado ao da figura 1, mostrada a seguir.

A resistência do circuito secundário é a somatória de todas as resistências parciais ali existentes. Nota-se a abrangência, e ainda, a fragilidade do processo em função de todas as variáveis resistivas do circuito secundário. Sua composição vai desde a resistência elétrica dos cabos, das conexões, passando pelos braços das pinças, pelos eletrodos e indo até a resistência do material a ser soldado, incluindo a resistência da junção das chapas.

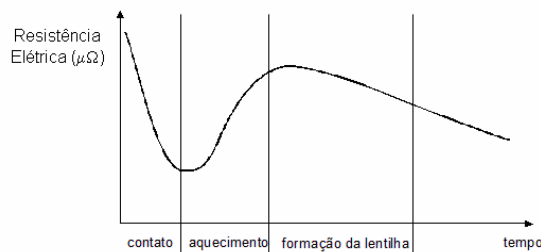


Figura 1: Comportamento da resistência de contato das chapas

Fonte: Norma DVS 2904-2

Teoricamente, se houvesse um elemento monitorador da resistência elétrica de contato entre chapas no ciclo de soldagem para cada ponto executado, seria possível avaliar as condições estruturais desses pontos e dizer em qual situação cada um deles se encontra. Ainda hipoteticamente, qualquer alteração de qualidade nos pontos soldados, poderia ser evidenciada através de uma alteração no comportamento da sua respectiva curva característica de resistência elétrica de contato da resistência elétrica de contato.

3.2. A REGIÃO DE OPERAÇÃO DO PROCESSO DE SOLDAGEM DE PONTOS POR RESISTÊNCIA ELÉTRICA

Os ajustes corretos dos parâmetros de soldagem colocam um equipamento em operação de forma adequada, de acordo com a qualidade exigida nos resultados. No processo de soldagem de pontos por resistência elétrica, os parâmetros programados de acordo com uma norma, traçam o ponto de trabalho para a soldagem de determinadas combinações de chapas. Os valores de corrente elétrica, força entre eletrodos e tempo de soldagem não são absolutos, porém totalmente interdependentes. Isso significa que, por exemplo, é possível soldar dentro dos limites aceitáveis de qualidade, com a metade da força especificada em norma, desde que, os valores de corrente e de tempo possam compensar a variação ocorrida na força.

Assim sendo, a região permitida para operação pode ser delimitada através de um gráfico que mostre, para um determinado parâmetro considerado constante, quais as variações permitidas para os demais parâmetros. Esse gráfico deve possuir dois limites de operação: inferior, ou de falta de fusão dos pontos e o superior, ou de incidência de respingos. A figura 2, mostrada a seguir, traça a região na qual o processo de soldagem apresenta-se confiável. Nesse caso, o tempo de soldagem foi considerado constante, tendo sido variados a corrente de solda e a força entre eletrodos.

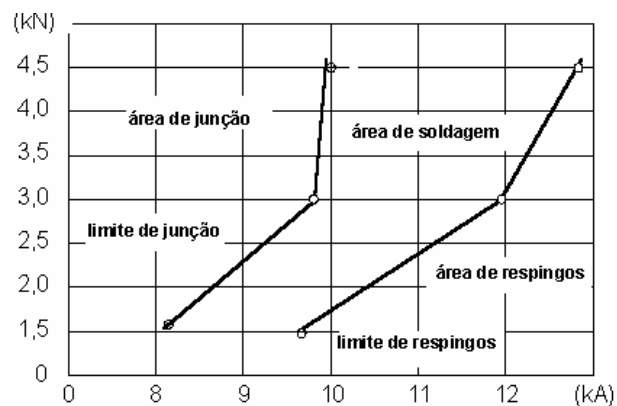


Figura 2: Região de Operação do Processo de Soldagem

Fonte: Norma DVS 2904-2

A região da direita da figura, ou de falta de fusão é caracterizada como aquela em que os pontos são gerados com diâmetros inferiores a quatro vezes a raiz quadrada da menor chapa ($d_p = 4 \cdot \sqrt{t}$) limite mínimo aceitável para um determinado ponto ser considerado aprovado estruturalmente, de acordo com a norma MBN 10382 (MBN, 2002).

O limite da região da esquerda da figura 2, ou de respingos se caracteriza pela delimitação do valor máximo de corrente possível sem que haja emissão de respingos ou desprendimento de algum material através de fagulhas durante a formação do ponto de solda.

Fica evidente que a variação de corrente possível, dentro dos limites de aceitação, quando as forças estão baixas, é bem menor do que a variação de corrente possível, dentro dos limites, quando as forças estão altas. Em outras palavras, quando se opera em regiões onde as forças são maiores, pode se variar muito mais a corrente de soldagem sem que se ultrapassem os limites de aceitação.

Conclui-se, portanto, que o uso de forças entre eletrodos maiores, dentro dos limites, pode ser traduzido em maior estabilidade do processo de soldagem.

O tempo de soldagem, uma vez programado, possui pouca variação, em um contexto prático, pois depende apenas de um temporizador eletrônico localizado no comando de solda. Da mesma forma, a força entre eletrodos varia de maneira muito sensível, quase imperceptível no decorrer da passagem de corrente elétrica de soldagem. Portanto, o parâmetro mais crítico para se estabilizar, dependendo das variáveis do processo é a corrente de soldagem, devido a sua dependência direta da resistência do circuito secundário. Daí a preferência por se posicionar a operação do processo em regiões onde são permitidas maiores variações da corrente de soldagem, sem que o limite de aceitação seja ultrapassado.

3.3. CURVAS DE COMPENSAÇÃO DE CORRENTE EM FUNÇÃO DO DESGASTE DOS ELETRODOS

Como abordado anteriormente, um dos parâmetros mais importantes a ser definido é a corrente de soldagem. Dela depende a resistência estrutural do ponto de solda, e nela se concentra a maior probabilidade de variações, muitas vezes causas das falhas nos processos.

A corrente elétrica proporciona o aquecimento localizado das chapas a serem soldadas, até que seja atingido o ponto de fusão do material, formando a lentilha de solda. Nesse processo os eletrodos desempenham papel fundamental, pois são eles que tocarão as chapas e determinarão a área que sofrerá o aquecimento para formação do ponto. Porém essa área de contato entre os eletrodos e as chapas sofre mudanças, de acordo com o desgaste gradual dos próprios eletrodos, ao longo de sua vida útil. Quando são novos, a área de contato entre os eletrodos e as chapas metálicas é relativamente pequena e o calor é concentrado. Ao longo do uso, quando vários pontos de solda são feitos, essa área aumenta relativamente e a concentração de calor tende a diminuir, ou seja, a quantidade de calor teoricamente não muda, porém este está disperso em uma região mais ampla.

Para neutralizar o efeito da redução de concentração de energia no ponto de solda, emprega-se o recurso da curva de compensação de corrente de solda em função do desgaste dos eletrodos.

A função da curva é manter constante a concentração de calor na região, compensando uma variável chamada densidade de corrente, que equivale a intensidade de corrente dividida pela área de contato.

O limite de reajuste de uma curva de compensação é determinado principalmente por dois fatores: pela capacidade de fornecimento de corrente do transformador e também pelas condições do próprio eletrodo, tais como deformações, trincas, camadas de impurezas e refrigeração.

3.4. INFLUÊNCIA DO FATOR HUMANO

O processo de soldagem pode ser executado por robôs, nos casos em que exista viabilidade técnica, juntamente com a viabilidade econômica. O processo é chamado automático. Quando executado por pessoas é chamado de processo manual.

Os processos manuais são influenciados diretamente pela ação do homem, e podem estar sujeitos a erros mais frequentes, caso não tenha sido estudada, de maneira aprofundada, todas as condições sujeitas à operação.

Os operadores das pinças de solda estão submetidos a jornadas diárias de oito horas de trabalho, que exigem esforço e concentração nas atividades executadas, de modo a obter resultados compatíveis com as especificações.

Com o objetivo de atingir um desenvolvimento contínuo, uma empresa deve oferecer condições de adaptações aos funcionários. Esta regra vale no ambiente de soldagem também. As adaptações devem abranger conceitos de produtividade, redução de custos, melhoria da qualidade, segurança do trabalho, além de satisfação pessoal.

Alinhar os interesses da empresa ao dos funcionários exige em primeira mão um sistema de treinamento, aperfeiçoamento e avaliação constante desses funcionários, garantindo a transmissão da informação e o aproveitamento do conteúdo exposto, além da aplicação do mesmo nas atividades desempenhadas.

O treinamento tem importância fundamental para garantir a execução adequada das tarefas de soldagem, seja no caso de aplicação de novos produtos, novos processos, ou a título de revisão, apenas para reciclagem de informações.

No dia a dia, da produção de uma carroçaria na etapa de soldagem, cabe ao operador de solda, a execução dos pontos, conforme o desenho do produto, especificado pelo departamento de engenharia. A utilização dos meios de aplicação das informações dos desenhos completos torna-se uma atividade complexa. A confecção do produto é dividida em estágios de construções, sendo cada estágio um posto de trabalho, uma etapa do processo construtivo. Essa etapa é desenvolvida em um local definido, chamado de estação de trabalho.

Nas estações de trabalho, os operadores receberão em forma de instruções, o conteúdo a ser desenvolvido em forma de atividade. Para isso as informações disponibilizadas devem detalhar os seguintes aspectos:

- As peças a serem unidas;
- A seqüência de abastecimento das peças nos dispositivos de fixação;
- A seqüência de operação dos grampos de fixação;
- A identificação, através de números, dos pontos a serem soldados;
- A pinças reservadas para a execução de cada ponto (podem existir várias pinças de solda numa única estação de modo que cada pinça também tenha a sua atividade definida, ou seja, a de executar determinados pontos na estação na qual foi instalada);
- A localização exata de cada ponto a ser soldado;
- A seqüência de soldagem dos pontos;
- O programa de solda a ser selecionado para soldagem de cada ponto;
- As recomendações de segurança, perigos, riscos, e de meio ambiente, pertinentes a cada operação.

Um programa de solda é o conjunto de parâmetros (tempo, corrente de solda e força entre eletrodos) adaptados para soldagem de uma combinação de chapas. Cada pinça pode ter, no mínimo, um programa definido para soldagem, porém na maioria dos casos, as pinças têm

dois ou até três programas de solda definidos para soldagem de combinações de chapas diferentes. Cabe também ao operador a correta seleção dos programas para cada ponto, de acordo com as combinações de chapas relacionadas a esse ponto.

As informações disponibilizadas aos operadores para execução das atividades podem estar contidas em um documento, chamado de plano de processo. Uma vez definidas as atividades de cada operador, este é responsável por soldar os seus respectivos pontos de solda conforme o plano de processo, a fim de formar as estruturas metálicas das carroçarias, no tempo definido pela área de planejamento de processo.

4. AS FALHAS DE SOLDAGEM

No decorrer de suas atividades, os operadores podem se deparar, caso não estejam totalmente envolvidos com o processo, com falhas que podem comprometer a qualidade do produto. Essas falhas, na maioria das vezes, ocorrem por simples desatenção, mas também podem estar relacionadas às condições de trabalho pré-planejadas no contexto da produção. Elas podem estar relacionadas à aspectos como:

- A falta de pontos na estrutura (liberação da carroçaria sem a execução do trabalho planejado);
- A seleção de um programa errado, causando a falta de fusão dos pontos ou ainda o excesso de respingos pela aplicação de parâmetros fora de especificação;
- A deformação dos pontos, através de posicionamentos incorretos das pinças no momento da soldagem;
- O posicionamento dos pontos em locais diferentes da especificação do produto, causando um deslocamento dos mesmos.

Quando as falhas são esporádicas e se evidencia que são causadas por falta de meios de prevenção de defeitos, parte-se para a análise do problema, considerando o operador de solda como um elemento, dos muitos que formam o processo. A solução para esses problemas normalmente exige ações voltadas ao campo técnico.

Quando, através da exploração do problema, evidencia-se que as falhas são mais frequentes e ocorrem por insatisfação dos operadores, as ações de solução dos problemas se concentram no campo da gestão de pessoas.

Existem ainda situações, em que as falhas podem acontecer por problemas relacionados ao planejamento das condições de trabalho, que estão relacionadas a aspectos como condições ergonômicas precárias ou excesso de pontos para um único operador executar, dificultando sua capacidade de assimilação de todas as informações necessárias para a execução do trabalho em uma determinada estação.

Deixando o campo de operação para abordar a programação dos parâmetros e conservação do estado dos equipamentos, uma empresa deve contar com a presença constante de uma equipe de técnicos responsáveis pela introdução dos parâmetros de solda corretos nas pinças e comandos, podendo ser esta atividade, uma possibilidade para originar falhas de origem humana. Embora menos frequentes, essas ocorrências podem gerar problemas relacionados à fusão dos pontos, à incidência de respingos e até rebarbas no produto final.

5. O ESTADO DA ARTE

O desenvolvimento do processo de soldagem caminha no sentido de se eliminar as possibilidades de ocorrências de falhas. Orientado a essa visão, empresas que pesquisam e comercializam equipamentos nessa área têm concentrado sua energia em investimentos destinados à criação e ao aperfeiçoamento de equipamentos que possam garantir as condições necessárias de estabilidade de processo.

5.1. EQUIPAMENTOS DE MÉDIA FREQUÊNCIA

Os comandos de solda são responsáveis pelo controle de potência e pela estabilidade da corrente de soldagem. Esse controle é feito através de dispositivos chamados tiristores, que atuam no ângulo de fase da tensão de alimentação, hora proporcionando a condução de corrente elétrica, hora interrompendo totalmente seu fluxo, como exposto anteriormente.

Uma desvantagem desse sistema é que nos períodos de condução a corrente faz com que a temperatura da junção suba muito, em tempos muito curtos, necessitando que os períodos de não condução sejam altos, para que na média, os valores de corrente real estejam bem próximos dos valores programados.

Atualmente, vem se observando cada vez mais a utilização de comandos de solda que controlam a corrente elétrica através de dispositivos chamados de inversores. Esses dispositivos controlam mais precisamente a corrente, pois são capazes de intervir em seu curso em intervalos muito menores que os sistemas de controle convencionais. Como comparação, pode-se dizer que nos sistemas convencionais, as intervenções são feitas a cada 8,33 milissegundos, enquanto que sistemas inversores podem operar intervenções de correção mais rapidamente, ou seja, a cada 1 milissegundo. Basicamente, os inversores são divididos em quatro blocos:

- O primeiro bloco, um retificador, que converte a tensão alternada senoidal da entrada da rede de 60 Hz em uma onda contínua, retificada;
- O segundo bloco tem a função, de receber a tensão retificada e a fazê-la pulsar novamente, transformando-a novamente em corrente alternada (daí o nome inversor), porém com uma frequência de 1000 Hz.;
- O sinal de 1KHz agora é levado a um transformador especial, o terceiro bloco, que fará o rebaixamento da tensão, com uma capacidade de fornecimento de corrente suficiente para execução da soldagem;
- Por fim, no quarto e último bloco, a tensão alternada sai do transformador já rebaixada e passa novamente por um elemento retificador, que transformará esse sinal em uma forma pulsada e retangular de 1KHz.

Esse sistema apresenta do ponto de vista de soldagem um grande diferencial, pois proporciona uma redução considerável no tamanho do transformador, uma vez que, com a utilização de sinais de 1KHz, a variação de fluxo magnético é maior, portanto a geração de energia é também maior, usando tamanhos de núcleos e espiras menores.

Porém, a maior vantagem é vista quando são comparadas as formas de controle de corrente elétrica entre ambos. O sistema inversor pode controlar a largura do pulso que será enviado ao eletrodo de solda. Este pulso pode ter a largura máxima de 1ms (corrente totalmente contínua) variando até uma largura mínima nula, de maneira totalmente linear.

O controle de tensão e de corrente elétrica no eletrodo de solda através de inversores, permite que o aquecimento gradativo das chapas, até que se chegue ao ponto de fusão dos materiais, e por fim à formação da lentilha de solda, seja muito mais concentrado, permitindo tempos de soldagem menores, além ampliar a capacidade de soldagem para diversos tipos de materiais e revestimentos.

5.2. MÉTODOS DE CONTROLE DE SOLDAGEM AUTOMÁTICO

Uma outra forma de contribuir para que sejam reduzidas as falhas do processo, é a implantação de sistemas de controle durante a soldagem. Estes sistemas de controle testam o ponto ou as condições de formação do mesmo, informando, ou até mesmo compensando os parâmetros no momento da soldagem, para que o resultado seja sempre assegurado.

5.3. ULTRA-SONOGRAFIA DO PONTO DE SOLDA

Existem sistemas que utilizam um tipo de controle dos pontos de solda através de ultra-sonografia. Com o uso desse método de controle, dois transdutores são acoplados aos suportes de fixação dos eletrodos, de modo que no momento em que a pinça se fecha, esses transdutores permanecem alinhados entre si na chapa a ser soldada, formando um emissor e um receptor de ondas ultra-sônicas. De acordo com o comportamento das ondas emitidas e enviadas através das chapas, após a formação do ponto, um sistema eletrônico de verificação informará a situação do ponto soldado. Caso o ponto não esteja bom, segundo o sistema de teste, este aumentará o tempo de soldagem e assim como a corrente, na tentativa de solucionar o problema encontrado. Um novo teste ultra-sônico é executado para se comprovar o resultado. Se o ponto for aprovado o sistema informará apenas que houve a necessidade das correções. Caso o ponto ainda assim esteja reprovado, o sistema informará o processo como interdito.

5.4. SISTEMA INTELIGENTE (IQR)

Uma outra forma de tentar assegurar a ausência de falhas é a instalação de um sistema chamado IQR (Intelligent Qualität Regelung), junto ao comando de solda.

O IQR faz um monitoramento da resistência do secundário do transformador, tomando seu comportamento como base para avaliar a qualidade do ponto soldado.

Como a resistência do secundário possui uma característica de instabilidade ao longo da soldagem, torna-se inviável, a princípio, devido à inexistência de equipamentos, executar a sua medição. Portanto, a verificação é feita através da corrente e da tensão no secundário, durante todo o tempo de duração da soldagem. Pela lei de Ohm, a resistência é o quociente da divisão da tensão pela corrente elétrica. Aplicando esse princípio, são gerados gráficos de acompanhamento desses parâmetros da seguinte forma: medição e acompanhamento da tensão e da corrente elétrica e a o resultado da divisão dessas duas funções no tempo, ou seja, a resistência dinâmica do processo. Esses parâmetros são então avaliados por um sistema equipado com atributos que seguem princípios da lógica Fuzzy.

Cada ponto de solda possui um número de identificação registrado no desenho da carroçaria. Admite-se que, para cada ponto, exista um programa, com seus respectivos parâmetros definidos, em função da combinação das espessuras das chapas, dos revestimentos e dos tipos de materiais que não devem variar. Assim sendo, a resistência desse determinado

ponto deve ter sempre as mesmas características, considerando uma pequena variação em função do desgaste sofrido pelos eletrodos no decorrer de seu uso.

Assim, a curva determinada para esse ponto é gravada na memória do comando de soldagem, e tida como padrão. Todas as variações que ocorrerem a partir desse padrão deverão ser analisadas pelo sistema de lógica, que orientará na eventual necessidade de compensação desses parâmetros para que a integridade do ponto seja mantida. Paralelamente à essa função, o sistema informará todas as ações tomadas e os resultados das análises ponto a ponto.

Dessa maneira tenta-se evitar toda e qualquer incidência de pontos defeituosos por problemas de fusão, ou pelo menos, que caso exista algo divergente nesse ponto, essa divergência seja informada através de avisos do sistema.

6. CONCLUSÃO

Pode se verificar que os parâmetros de solda estão intimamente ligados à capacidade que o processo tem de se manter estável. Caso estejam mal ajustados, podem a princípio, não representarem necessariamente um problema imediato no produto, mas se uma somatória de fatores desfavoráveis acontecer, esses parâmetros estarão contribuindo diretamente para a geração de falhas no processo.

O mais importante, portanto, é detectar as condições específicas de operação do processo e controlar essas condições de forma que suas variações não comprometam a eficiência final do processo. Nesse sentido, caso exista viabilidade econômica, definitivamente vale a pena aplicar os recursos técnicos.

Os recursos tecnológicos sempre representam um diferencial de qualidade no processo, mas não podem ser vistos como dispositivos a prova de falhas. Sua eficiência depende de uma aplicação em um ambiente onde as pessoas devam estar alinhadas com relação à importância das falhas possíveis no processo, dependendo também dessas pessoas o desenvolvimento de métodos de prevenção e correção de problemas encontrados.

A quantidade e os tipos de falhas no cliente podem comprometer a integridade da marca do produto, pois podem causar insatisfações e até problemas com a segurança dos usuários. Assim, novamente, o primeiro passo para que se obtenha uma atmosfera de eliminação de falhas é conseguir conscientizar as pessoas envolvidas da importância e da consequência das suas atividades.

REFERÊNCIAS

BRANCO, H. L. O., Avaliação de capas de eletrodos utilizadas na soldagem por resistência de chapas galvanizadas automotivas. UFPR – Curitiba, 2005.

WEINER, E., BRANDI, S. D., MELLO, F. D. H. Soldagem: Processos e Metalurgia. São Paulo: Ed. Edgard Blücher, 2004.

INTERMACHINERY Comércio Ltda. Manual de Treinamento do Z-Trode e Nitrode . São Paulo, 2002.

MÜLLER, Mark. Widerstandschweißtechnik. DaimlerChrysler. Rastatt, 1997

REU Schweisstechnik GmbH – Grundlagen der Widerstandsschweisstechnik. Stuttgart, 1997.

MERCEDES-BENZ TECHNISCHE NORM, Widerstandspunktschweissen von Stahl bis 3 mm Blechdicke – MBN 10382, Stuttgart, 2005.

DVS – Deutsch Verband Schweisstechnik. Normas Alemãs de Soldagem, Série 29, Düsseldorf: DVS, 2004.

BRACARENSE, A. Fixadores e posicionadores para soldagem robotizada. Belo Horizonte: Revista Soldagem e Inspeção ABS, 2000.

BRACARENSE, A. Processo de Soldagem por Resistência. Programa de Pós Graduação em Engenharia Mecânica – UFMG. Belo Horizonte, 2000.

COELHO, D. P. Solda a Ponto por Resistência. Programa de Desenvolvimento de Recursos Humanos da General Motors do Brasil. São Caetano do Sul, 1980.

FONSECA, F., C., O Processo de Soldagem por Resistência Adotado pela Indústria Automotiva e suas Técnicas de Controle de Qualidade. UNIPAC: Juiz de Fora, 2005.

JOU, Min. Experimental Investigation of Resistance Spot Welding for Sheet Metals Used in Automotive Industry. Taiwan: JSME International Journal, 2001.

JANN, S. Standmengenmittlung von Elektrodenkappen bei Adaptiven Schweißsteuerungen. DaimlerChrysler. Bremen, 2005.

RODRIGUEZ, M. V. R. Gestão Empresarial Organizações que Aprendem. Qualimark, Rio de Janeiro, 2002.

ROMANO, V. F. Robótica Industrial: Aplicação na Indústria de Manufatura e de Processos. São Paulo: Ed. Edgard Blücher, 2002.

WOLZNIAK, E., SAYBOLT, D. Grundlagenschulung Widerstandsschweißen. DaimlerChrysler. Sindelfingen, 2003.