

## **21. Automação na Soldagem**

### ***21.1. Introdução***

A necessidade em aumentar a produtividade, superar a escassez de trabalho qualificado e o aumento crescente das exigências de segurança elevaram a demanda pela automação, superando assim, muitos dos problemas do dia a dia da soldagem. Dependendo da necessidade de uma organização, baseado nos processos de soldagem, material, tamanho e geometria do produto o grau de automatização escolhido pode ser maior ou menor.

Desde de 1920 a Indústria tem através dos anos, mudado quase completamente as técnicas de produção de rebites para a solda, para a fabricação de juntas permanentes e para a produção de estruturas monolíticas e a fabricação de produtos de engenharia

Desde da aceitação da soldagem como um método de fabricação, para a produção de componentes críticos, os engenheiros de produção e os operadores de solda têm aspirado em mecanizar o processo, com o intuito de aumentar a produtividade, reduzir a fadiga no trabalho e para operar com sucesso em ambientes perigosos. Isto resultou no desenvolvimento de inovações, como a solda por gravidade, oxiacetileno, a mecanização da solda a arco usando eletrodo revestido (SMAW). A guerra é um estímulo vigoroso para novas invenções e desenvolvimento tecnológico, levando a um progresso considerável na mecanização da soldagem, ao atender a elevada demanda da construção naval, construção de aviões e fabricação de objetos individuais para o exército durante a guerra mundial de 1939-45.

A aceleração da mecanização na soldagem foi sentida realmente pela Indústria a partir de 1950, durante o processo de reconstrução depois da guerra, com os programas de expansão de fabricas na Europa e nos EUA, resultando no desenvolvimento de novas técnicas de soldagem, e de um desenvolvimento na mecanização dos processos da soldagem, seguido pelo desenvolvimento de soldagem remota e de Robôs.

A meta deste capítulo é de descrever, resumidamente, os diferentes estágios da automação, começando com o sistema de soldagem manual de arco, até aos robôs de soldagem, e de se definir as condições de uso de cada processo.

### ***21.2. Seqüências de soldagem e Classificação de Processos***

Na maioria dos métodos de soldagem a seqüência seguinte precisa de ser seguida para alcançar a fabricação de uma junta de solda, assumindo para isso as operações preliminares como limpeza, preparação de extremidade e fixação de mata-juntas.

1. Ajunte as partes por pontos de solda nas extremidades ou empregando gabaritos e fixadores.

Colocar as peças montadas perto da tocha de solda e vice verse

Inicie, para soldagem à arco, golpeando o eletrodo na peça, e para soldagem à resistência, trazendo o eletrodo em contato com a peça, dando início à passagem de corrente.

4. Crie movimento relativo entre a tocha e a peça, para que o trabalho atinja a velocidade desejada.

5. Regule as variáveis de soldagem como a tensão, a corrente, a taxa de alimentação do arame, etc. para controlar o comprimento do arco no caso de soldagem a arco, e a profundidade do metal fundido e da poça em soldagem de eletro-escória.

6. Pare a soldagem simplesmente parando o movimento relativo entre a peça e a ponta da tocha. Se a peça de solda é para ser alimentada, então a deposição do metal deverá ser feita antes que a corrente seja desligada automaticamente.

7. Mova a ponta de solda para a posição que ela vai ser usada na próxima soldagem

8 - Retire a peça que foi completada . Esta operação pode ser feita antes ou depois de se re-posicionar a ponta de solda, e as duas operações podem ser feitas simultaneamente .

A realização das tarefas acima é necessária para qualquer uma das seguintes técnicas:

(i) soldagem Manual

(ii) soldagem Semi-automática

(iii) soldagem Automática

(iv) soldagem Automatizada (sistema de soldagem flexível)

(v) controles Adaptáveis junto com sistemas de soldagem automática ou automatizada

(vi) soldagem à Distancia

(vii) soldagem com Robô

### 21.2.1. Soldagem Manual

Implica que todas as oito operações de soldagem devem ser realizadas manualmente. Porém, nota-se que a fase 4, isto é, 'o movimento relativo entre a tocha e a peça de trabalho', pode incluir alguma ajuda mecânica como um manipulador que move a peça de trabalho de acordo com velocidade desejada para soldar. Um manipulador, chamado de motor de gravidade é mostrado na Fig. 21.1, no qual o soldador posiciona o peso para cima e enquanto ele desce, controla a velocidade da mesa, segurando a extremidade e deixando deslizar entre seus dedos na velocidade desejada, o que possibilita a produção de soldas mais lisas e contínuas circulares em posição *downhand*.

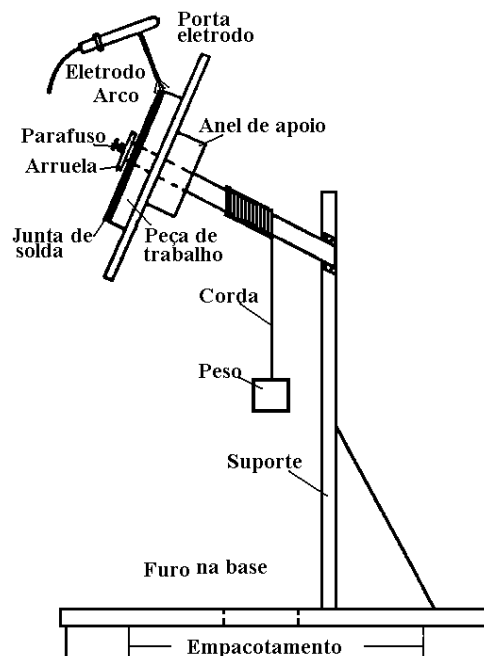


Fig. 21.1 motor de gravidade.

A soldagem manual é muito popular com eletrodo revestido (SMAW), TIG (GTAW), oxiacetileno e plasma.

### 21.2.2. Soldagem Semi-automática

Neste sistema a fase 5, isto é, 'o controle das variáveis de soldagem' como velocidade de alimentação do arame em MIG-MAG (GMAW) ou a duração de corrente em soldagem por resistência, é automática, mas o processo em si depende da habilidade humana. A fase 4, isto é, 'o movimento relativo entre a tocha e a peça de trabalho', normalmente é manual mas podem ser empregados meios mecânicos como correia de transporte ou manipulado. Assim, o processo MIG-MAG (GMAW) pode ser usado junto com o motor de gravidade, para melhorar a qualidade e produtividade da soldagem.

As várias operações nas fases 3 e 6, isto é, 'o inicialização e a finalização da soldagem', podem ser automaticamente realizados com a ajuda de um botão de liga/desliga.

A solda semi-automática é normalmente usada com GMAW e FCAW, mas é possível que seja realizada com SAW, GTAW, e ESW, mas raramente usada.

### 21.2.3. Soldagem Automática

É um sistema no qual pelo menos a fase 5, isto é, 'o controle de variáveis de soldagem', e a fase 4, i.e. 'o movimento relativo entre a tocha e a peça de trabalho' são automáticas. Normalmente um único interruptor aciona os dispositivos de seqüência da opera, os controles de energia e os consumíveis, como arame e gás. Pode-se também incorporar um dispositivo de alimentação automática. A figura 21.2 mostra um diagrama de um típico sistema automático de soldagem.

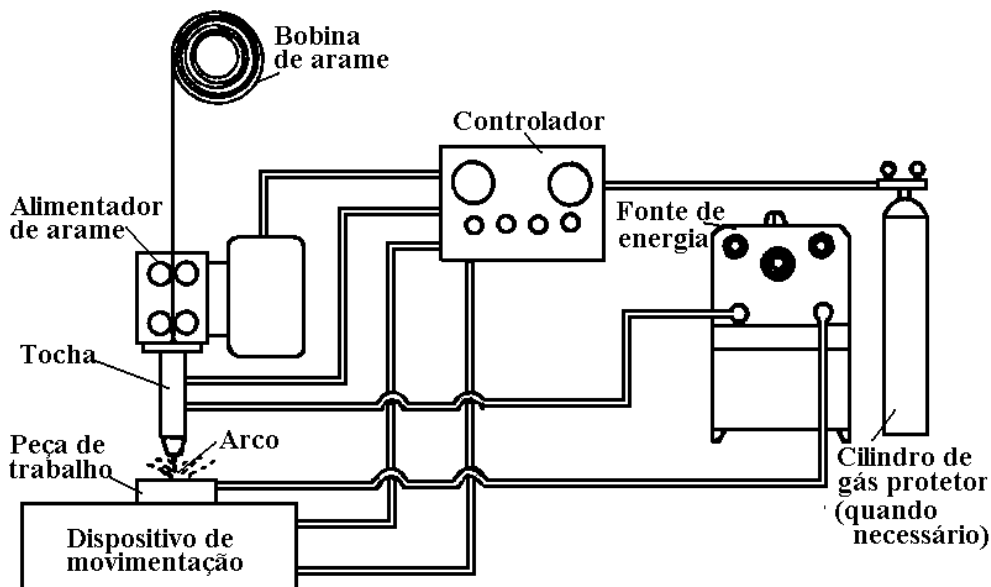


Figura 21.2 diagrama de um sistema de soldagem automático.

Em um sistema de soldagem automático, as fases 1,2,7 e 8 são executadas manualmente. Pela efeitos de lógica, a soldagem por gravidade é classificada como um método portátil de soldagem automática.

Os processos SAW e ESW representam sistemas de soldagem automática. Também pode ser usado, com certa restrição os processos tais como TIG (GTAW), MIG-MAG (GMAW), arame tubular (FCAW) e o plasma.

### 21.2.4. Soldagem Automatizada

Um sistema de soldagem automatizada executa todas as oito fases, desde da montagem e transporte das peças para a posição de soldagem, sem ajuste e controle de um operador. A soldagem pode ser executada em uma ou mais fases, e o término do produto final é completada mecanicamente, sem intervenção manual. Um aspecto importante da soldagem automatizada é que não há a necessidade de o operador monitorar continuamente a operação. Comparando à soldagem automática, este tende a aumentar a produtividade, melhorar a qualidade e reduzir a fadiga do operador.

A fig. 21.3. mostra um diagrama esquemático para um sistema de soldagem automatizado, que emprega minicomputador, multi-programador, e uma unidade guia de trajetória “seam tracking”. Os sistemas de soldagem automatizados são normalmente utilizados em SAW, MIG-MAG (GMAW) e FCAW. Pode-se utilizar, com restrição, o TIG (GTAW), PAW e ESW em processos automatizados.

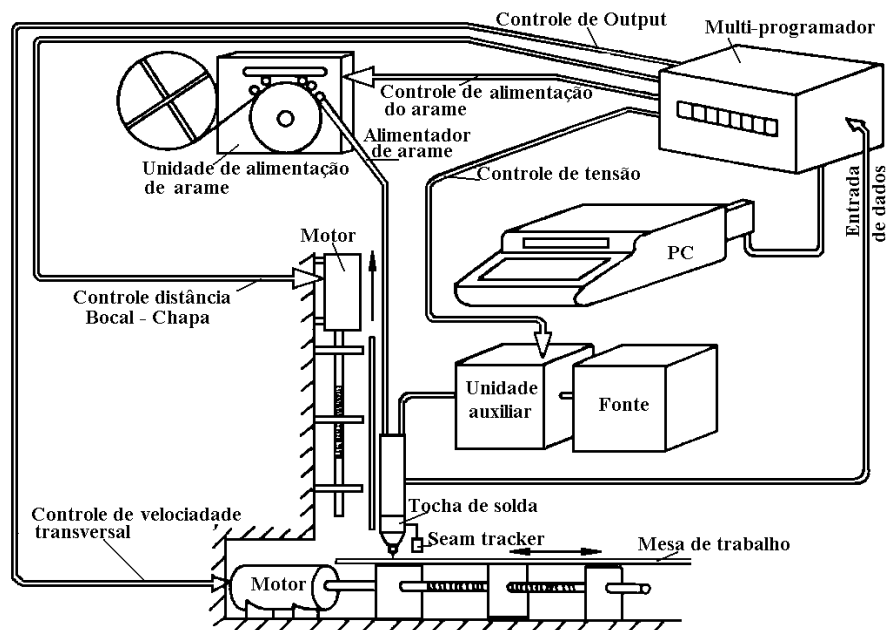


Fig. 2.1-3 diagrama esquemático para um sistema de soldagem automatizado.

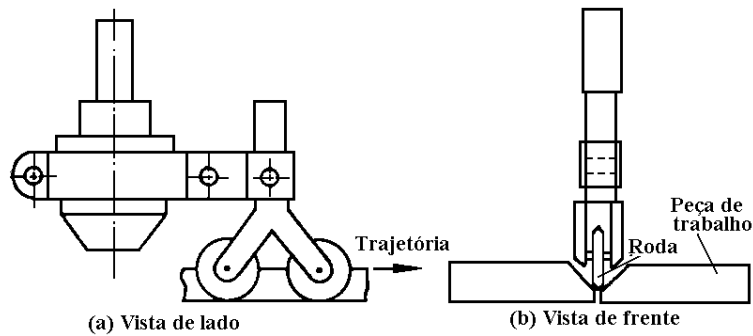
### 21.2.5. Controles Adaptativos

Com o aumento do uso de sistemas de soldagem automáticos e automatizados, é fundamental que se mantenha a tocha da solda ao longo da junta, para que se alcance a qualidade e especificações desejadas. Isto é normalmente obtido empregando dispositivos chamados controles adaptáveis.

O uso de controles adaptáveis em soldagem atingiu duas metas, a de controle de qualidade e a da trajetória ‘seam tracking’.

Existem diversos tipos de equipamentos para controle da trajetória ‘seam tracking’, como um simples equipamento puramente mecânico como mostrado na figura 21.4, este equipamento utiliza rodas que andam fisicamente em cima da junta onde será efetuada a solda, desta forma guiando a ponta da tocha. Este sistema trabalha muito bem em caminhos

verticais e horizontais, mas não é tão efetivo em caminhos curvos, como é mostrado na Fig.



21.5.

Figura 21.4 Palpador mecânico.

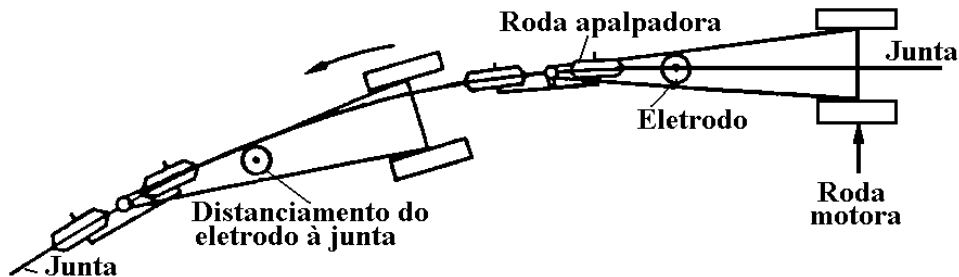


Figura 21.5 deslocamento de soldagem guiado por seguidor mecânico circular, tipo não-articulado.

Outros sistemas de guia do cordão de solda incluem dispositivos eletromecânicos que utilizam sensores eletrônicos. Porém, eles são limitados quando se necessita guiar múltiplos passos de solda ou solda de entalhes quadrados. Estes também são afetados pelo calor gerado pela solda. Alguns outros sistemas, como os usados com o processo GTAW, são baseados na sensibilidade do arco usando o controle da tensão para manter o caminho. Versões mais sofisticadas de sistemas de guia empregam um mecanismo oscilatório para sentir e interpretar as variações de vibrações características do, localizando assim a junta a ser soldada. Tal sistema pode não ser desejável para um processo particular de soldagem, e pode ser limitado na velocidade pelas exigências de vibração.

Sem dúvida o mais sofisticado sistema de guiagem é o do tipo ótico, que utilizam câmeras de vídeo CCD, como mostrado na Figura 21.6, ou outros dispositivos que adquirem duas ou três imagens dimensionais da junta. Estas imagens são tratadas em um sistema de computador para fazer com que a soldagem siga o caminho com elevada precisão.

O sistema de localização óptica que utiliza um canhão de laser é o mais recente método para alcançar uma alta precisão do posicionamento do cordão. Como sempre, cantos agudos e o efeito do calor e da fumaça ainda criam problemas que não são resolvidos completamente.

Os controles adaptáveis, quando usados em processos de controle de qualidade em soldagem por resistência, permitem que o processo continue até que se forme uma acumulação de material de tamanho adequado.

Quando são usadas palavras como 'guia de cordão de solda' ou 'controles adaptáveis' em alguma forma de controle adaptável, estes são acessórios do processo principal, por exemplo,

'soldagem automatizada com sistema de guia de cordão ou soldagem por resistência por pontos com controle de qualidade.

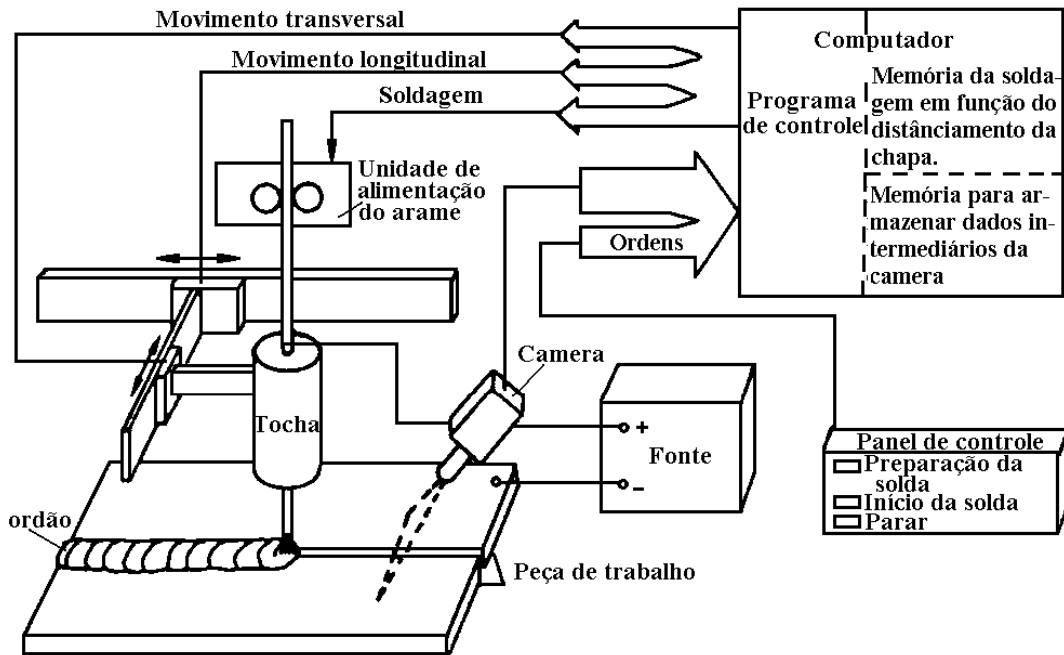
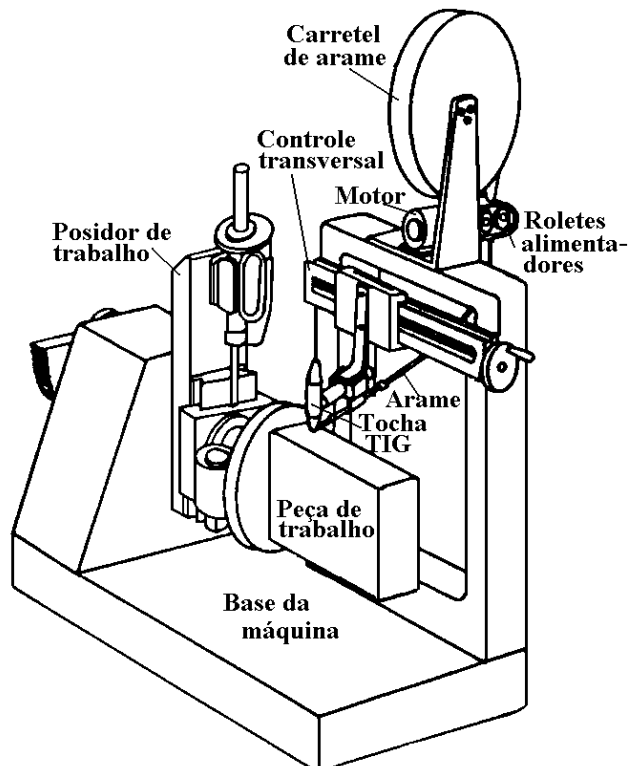


Figura 21.6 – Sistema “Seam tracking” usando câmara de vídeo

### 21.2.6. Soldagem Automática Vs. Soldagem Automatizada

Pela breve descrição dos vários sistemas de soldagem, é evidente que soldagem automatizada e soldagem automática têm muito em comum. Há muitas semelhanças, mas há uma diferença principal. Soldagem automática envolve elaborados sistemas de fixação dedicados com ferramentas, dispositivos fixadores, localização precisa e orientação das peças



e Figura 21.7 soldagem automática em processo TIG (GTAW), com adição de arame.

ferramentas é evidente na figura 21.7, que mostra uma representação esquemática de um sistema de soldagem automático que utiliza TIG (GTAW), com arame de adição, empregado para soldar uma seção de alumínio para um moderno trem de passageiros.

A soldagem automática também pode envolver dispositivos de movimentação com seqüências pré-determinadas de mudança dos parâmetros de soldagem e o uso de interruptores de fim de curso e cronômetros para adaptar ao cordão de solda.

A soldagem automática foi desenvolvida e está sendo usada com um alto nível de eficiência nas indústrias de elevado volume de produção, onde o custo do equipamento é justificado pelo grande número de peças a serem fabricadas. A soldagem automática reduz as exigências de força de trabalho, constantemente produz cordões de alta qualidade, mantém o programa de produção e reduz o custo das peças soldadas. Porém, a principal desvantagem é o alto custo inicial da máquina de solda. Outra desvantagem é a necessidade de se manter o equipamento de soldagem automática ocupando o tempo todo. Uma desvantagem adicional, que ocorre quando usado para um baixo volume de produção, é a necessidade de se dispor de numerosas instalações dedicadas para as várias partes e o fato de que nenhuma delas é continuamente usada.

A soldagem automatizada elimina as caras e elaboradas instalações, *times* automáticos e os interruptores de fim de curso necessários para controlar o arco com a peça de trabalho. Um programa de soldagem automatizada substitui complexos dispositivos rígidos e fixos de seqüenciamento. A soldagem automatizada fornece a mesma economia de tempo e a precisão que a soldagem automática, contudo pode ser aplicada na produção de pequenos lotes, até mesmo para a produção de um único lote. Além disso, a soldagem automatizada tem capacidade para fazer rápidas mudanças. Pode acomodar as mudanças em um produto sem a necessidade de redesenhar e refazer as caras instalações. Estes são as vantagens econômicas básicas da soldagem automatizada.

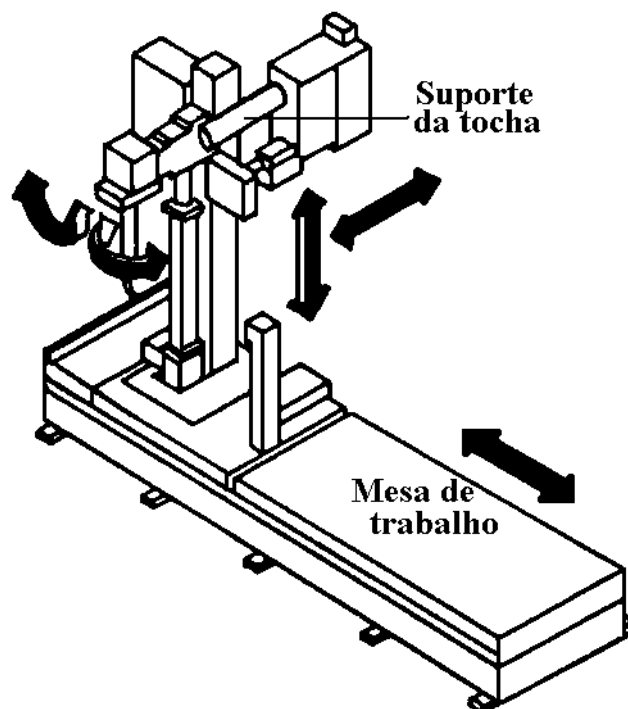


Figura 21.8 Robô retilíneo com movimentos lineares e rotacionais.

A soldagem automatizada utiliza-se de programa, que quando ligado a um sistema de movimentação para um arco de solda, invés dos sistemas de fixação. O dispositivo de movimentação do arco pode ser capaz de movimentar-se em três direções: longitudinal (x), transversal (y), e vertical (z). Também podem ser incorporados outros movimentos como rotação e curvilíneo, mostrado na figura 21.8. Podem ser obtidas posições de soldagem adicionais, se a estação de trabalho for montada em uma mesa posicionadora que girará e inclinará ao comando do programa. São mostradas duas mesa posicionadoras na figura 21.9. O programa comandará o movimento da tocha em todas essas direções, de acordo com o alcance do equipamento. O programa também pode possuir ajustes para os parâmetros do procedimento de soldagem. O programa é armazenado em um sistema de fita de controle numérico ou em um minicomputador. Esta é uma automação com flexibilidade, e reduzirá a necessidade de peças para fixação e gabaritos. Também permitirá a soldagem de peças complexas, com produção pequenos de lotes.

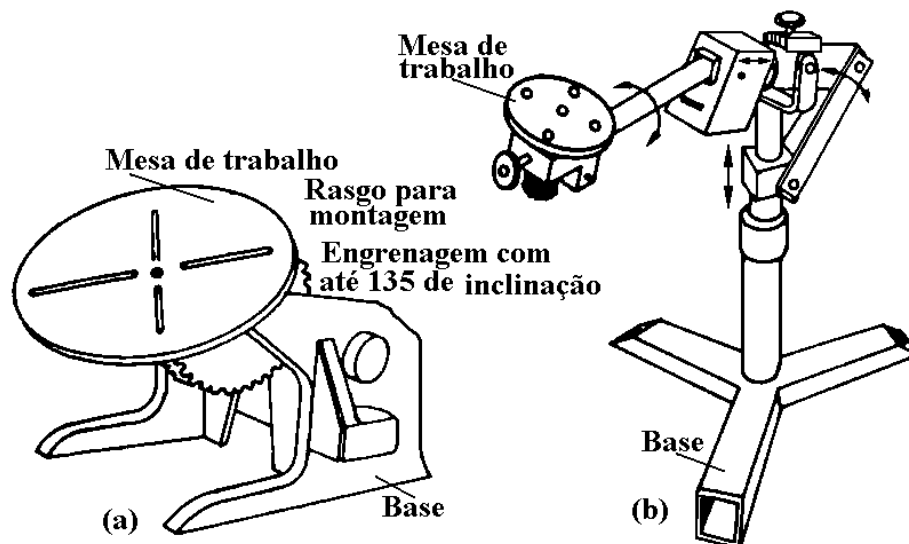


Figura 21.9 – Mesa e balança posicionadoras, (a) Mesa posicionadora com engrenagem motora, (b) Balança posicionadora

Com o uso de um robô e uma boa mesa posicionadora de trabalho móvel, programas podem ser desenvolvidos para cada peça a ser soldada. O robô com um dispositivo de movimentação de trabalho sendo localizado na estação de trabalho, onde são posicionadas as várias peças para serem soldadas, como é mostrado na figura 21.10. Um programa é desenvolvido para cada peça e é usado para soldar aquela peça específica. O tempo de montagem é mínimo, a máquina é mantida sempre ocupada, e pode fazer um tipo diferente de trabalho a cada dia. A figura 21.11 mostra um microprocessador universal, encontrado no sistema para controle de um arco em sistemas de soldagem automatizados.

### 21.2.7. Soldagem Remota

Soldagem remota e soldagem automatizada têm muito em comum. Em ambos os casos a soldagem é feita sem a presença de um operador de soldagem. No caso da soldagem automática, o operador pode estar só a alguns metros longe da operação de soldagem, mantendo os efeitos nocivos da solda a poucos metros. Isto ocorre com o um sistema



monitorado, e não são requeridos ajustes durante as operações. Em muitos casos a operação de soldagem é executada atrás das cortinas, de forma que o operador não possa nem mesmo ver as operações ou não sendo afetado por isso.

A soldagem remota é muito semelhante à soldagem automatizada, onde o operador de solda não está no local de soldagem, podendo estar a uma grande distância. Porém, a diferença é que a soldagem automatizada normalmente é projetada para fazer o mesmo cordão de solda, um após o outro. Já a soldagem à distância normalmente envolve operações de manutenção onde cada solda pode ser diferente da anterior. Onde a mesma solda é executada repetidamente, a soldagem remota fica semelhante à soldagem automatizada. A soldagem remota costuma ser usada mais amplamente em usinas nucleares. Em geral, é executada em locais onde os seres humanos não podem estar presentes, seja por causa de uma atmosfera hostil, ou onde existe um alto nível de radioatividade.

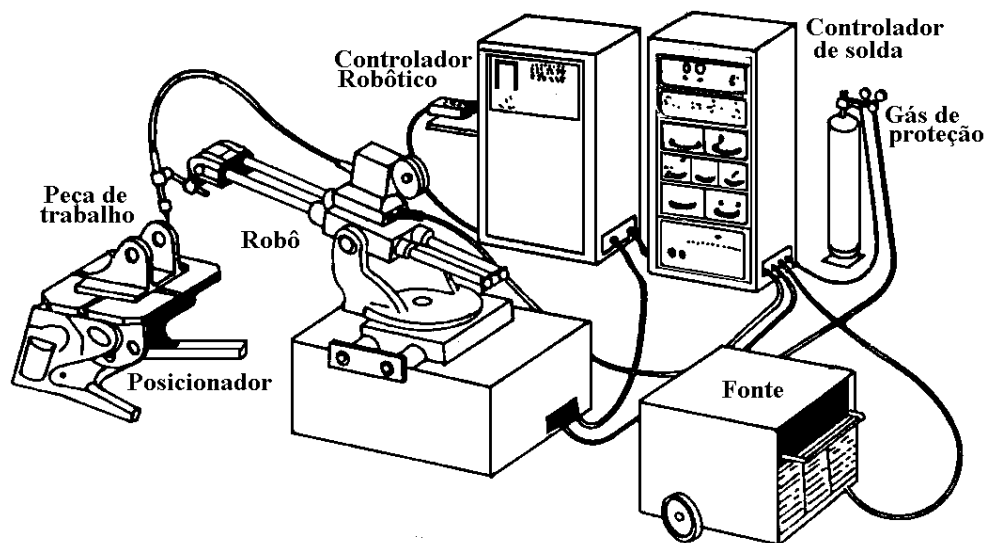


Figura 21.10 – Esquema de montagem de robô industrial com solda MIG

Alguns dos mais comuns trabalhos para a solda remota é o confinamento de materiais radioativos, em tambores. O confinamento de combustível também é feito na indústria nuclear através de soldagem à distância, como mostrado na figura 21.12.

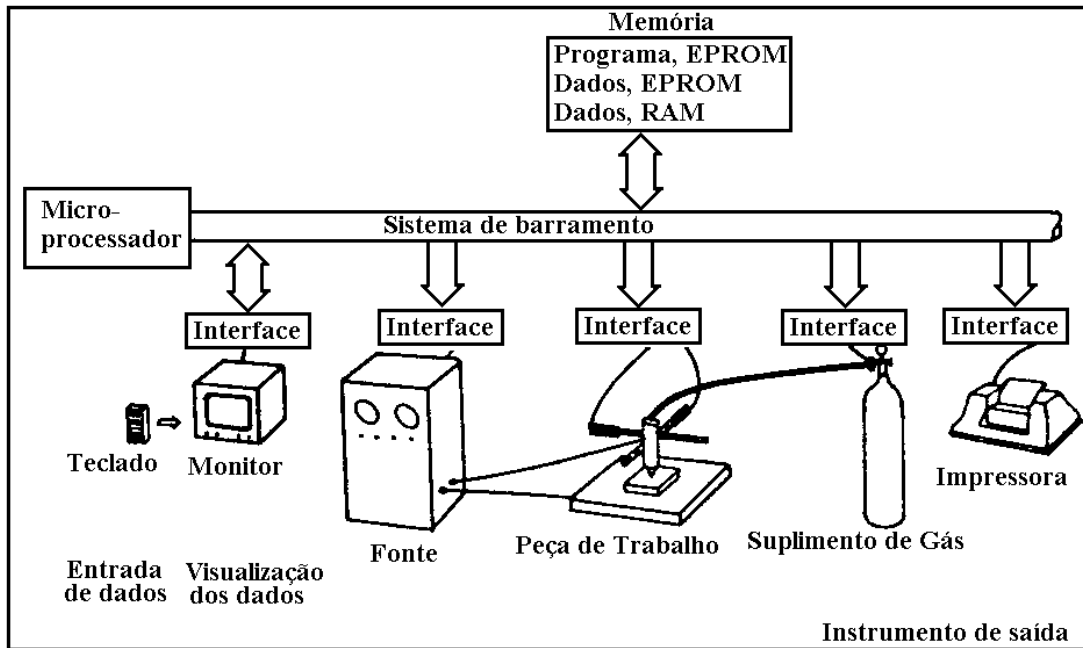


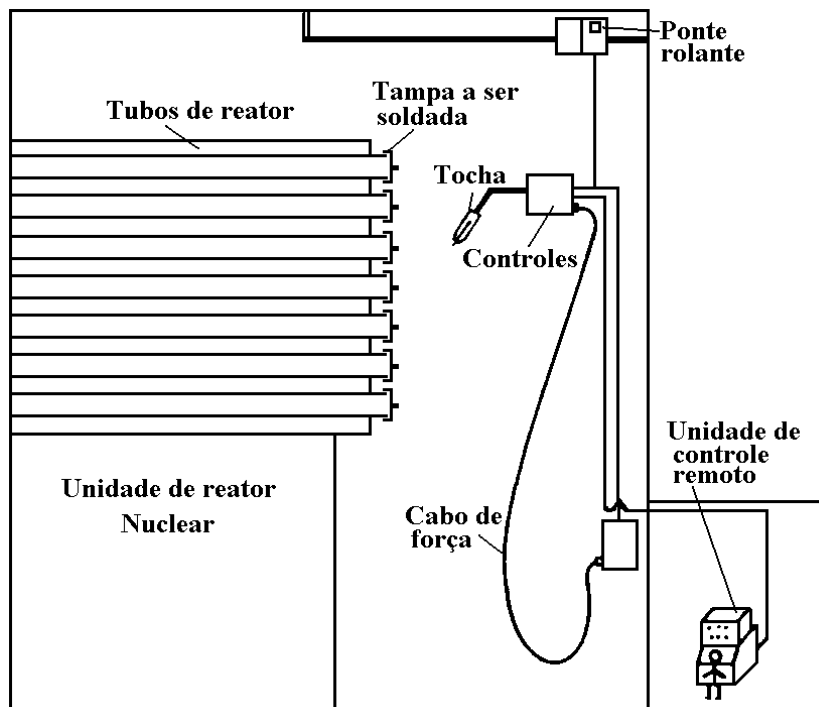
Figura 21.11 – Sistema usando Microprocessador Básico Universal

Soldagem remota costuma ser aplicada em fabricas que trabalham com produtos químicos radiativos, onde materiais muito corrosivos costumam ser manuseados. E em reatores nucleares, onde as condições costumam exigir, a melhor qualidade de solda. Vedar fuga em tubo de trocadores de calor em plantas de energia nuclear é uma outra aplicação de soldagem remota usando uma unidade de TIG automatizada.

São feitos cordões em tubos em atmosfera radioativa, usando remotamente soldas TIG (GTAW) automáticas. Soldagens remotas são realizadas em tubos, como seriam feitas com o equipamento em condições normais.

### 21.2.8. Soldagem com Robô

A soldagem robótica é basicamente uma parte de um sistema automatizado de soldagem, mas é considerado separadamente, já que de todas as novas tecnologias acessíveis, os robôs são um dos tópicos mais interessantes, e por isso vamos fazer uma referencia especial no seu uso na soldagem. Robôs articulados podem com facilidade simular os



movimentos e ações de um ser humano na soldagem, e com certos limites, podem prover uma alternativa aceitável, para substituir homens em tarefas muito monótonas e fatigantes, o que é muito comum nas Indústrias de hoje. Um robô pode ser uma solução bem efetiva economicamente para trabalhos de soldagem a arco.

*Figura 21.12 Lacrando a tampa no fim dos tubos que contêm cápsulas de combustível nuclear.*

O mais simples robô é um manipulador que pode ser programado. Este manipulador é ativado pôr atuadores, motores elétricos, e controlado por um computador. A maioria dos robôs utilizados em soldagem apresentam movimentos em 5 a 6 eixos, alguns destes eixos são prismáticos (deslizantes), e/ou rotacionais. A combinação de eixos define a utilização do robô. O controlador do robô possui uma memória onde programas podem ser armazenados, e para cada trabalho o robô pode-se utilizar um programa diferente, desta forma, é possível se guardar programas e utiliza-los quando necessário.

Deste modo, os programas que são criados podem ser armazenados para uso futuro. Esta flexibilidade difere o robô da automatização fixa, que é dedicada a só uma tarefa. Fig. 21.13 mostra os elementos essenciais de um sistema de soldagem robotizado, que usa um robô articulado.

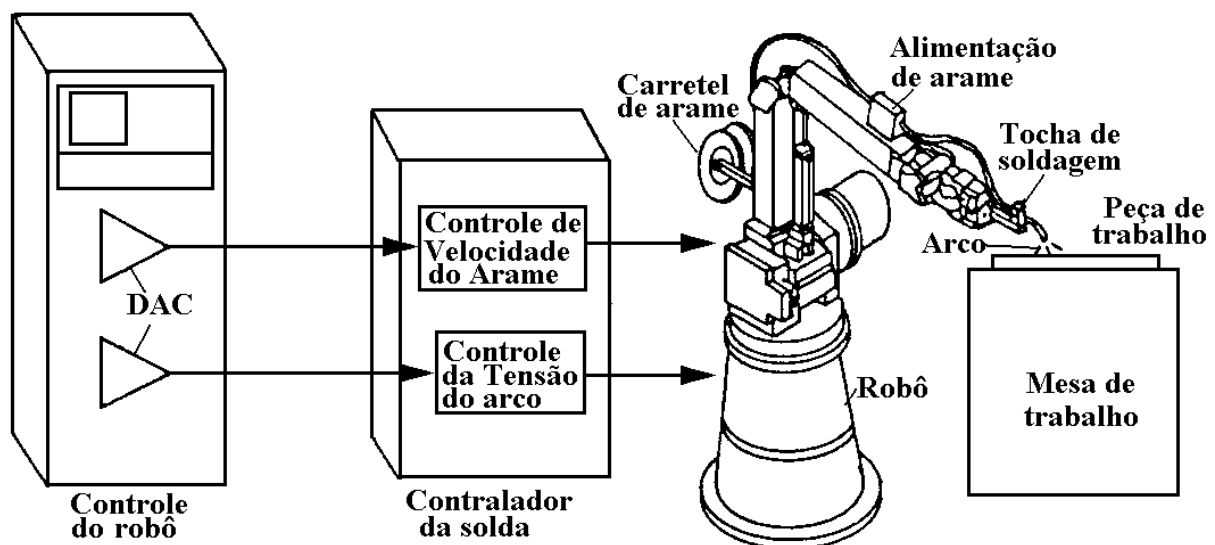
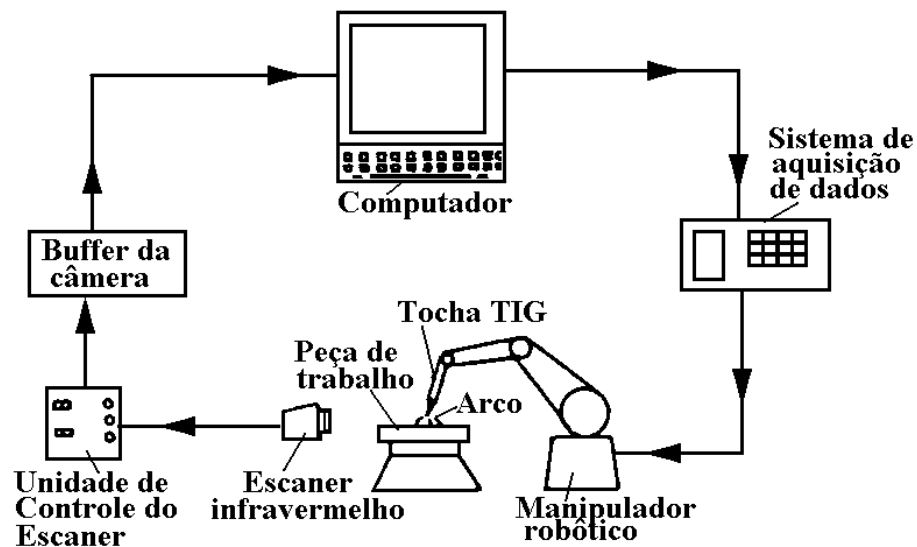


Figura 21.13 – Componentes essenciais de um sistema de Robô com solda MIG

Sem dúvida, atualmente, os robôs não podem fazer todo o trabalho feito pelo homem, será muito difícil se eles o farão, futuramente. Onde necessita soldar materiais desconhecidos ou onde o acesso é muito limitado ou onde não podem ser fixados adequadamente os componentes durante a soldagem, o uso de um robô é limitado. Há muitas limitações, onde um sistema de robô põe em prova seu custo, como a soldagem de uma grande área chanfrada, desde que a operação seja altamente repetitivo, no entanto um ambiente desagradável que pede habilidades, estas tarefas podem ser transferidas razoavelmente ao robô. Também é freqüente o envolvimento e uso de um manipulador de trabalho, este dispositivo em virtude de seus próprios movimentos pode simplificar o programa do robô e pode ser conectado a ele posteriormente com facilidade. Assim, a soldagem robótica não só é um assunto que relaciona a eletrônica de controle com todo o pacote de soldagem, mas executa uma fabricação com precisão, usando equipamento de manipulação da peça de trabalho programável, opera dentro de faixas muito exigentes de qualidade.

### 21.2.8.1. Tipos de Robôs de Solda

No campo de soldagem, foram introduzidos robôs, primeiramente na indústria automobilística, para soldas por pontos, e eles estão sendo muito aplicados neste área. Porém, atualmente a ênfase principal está no desenvolvimento de robôs de solda MIG. Recentemente foi desenvolvido o sistema de soldagem TIG em robôs, pois esse sistema de soldagem é difícil, lento e conseqüentemente e apresenta um trabalho enfadonho no qual a tocha de soldagem deve ser usada enquanto o arco do eletrodo de tungstênio pulsa intensamente. Na soldagem de junta, normalmente, requerer material de adição, algumas situações é até pior, quando se deseja que a alimentação do arame seja feita em ângulo correto e com precisão. Quando a peça de trabalho tem forma complexa, com várias juntas em vários ângulos, ou no caso de junta em um tubo assimétrico, nenhum equipamento disponível é satisfatório. Para a utilização do sistema TIG de soldagem, é recomendado que o material de base seja uma liga



especial ou quando a penetração completa sem qualquer defeito de soldagem tem que ser garantida na produção. O sistema só é comum para algumas aplicações especiais. Porém, como é empregado na fabricação de juntas críticas, este processo é usado em indústrias que incluem criação de aeronaves, indústrias de processos químicos e indústrias que fabricam ferramentas de precisão. Sistemas de robôs com TIG foram desenvolvidos para sistemas industriais que soldam com a tocha e a alimentação do arame juntos, no cordão de solda. A figura 21.14 mostra os elementos essenciais de um sistema TIG, que usa um scanner infravermelho para a localização do cordão.

Figura 21.14 – Sistema robótico com solda TIG usando um escaner infravermelho para “seam tracking”.

Figura 21.15 – Efeito da variação do arco e o desnível na qualidade da solda em solda de topo.

O mais recente desenvolvimento na indústria de robôs de solda é a introdução de um robô para o qual se usa um sistema de visão a laser, quando as partes a serem soldadas mostram grandes irregularidades. Tal robô pode determinar as descontinuidades geométricas e as podem corrigir como os humanos fariam, em tempo real.

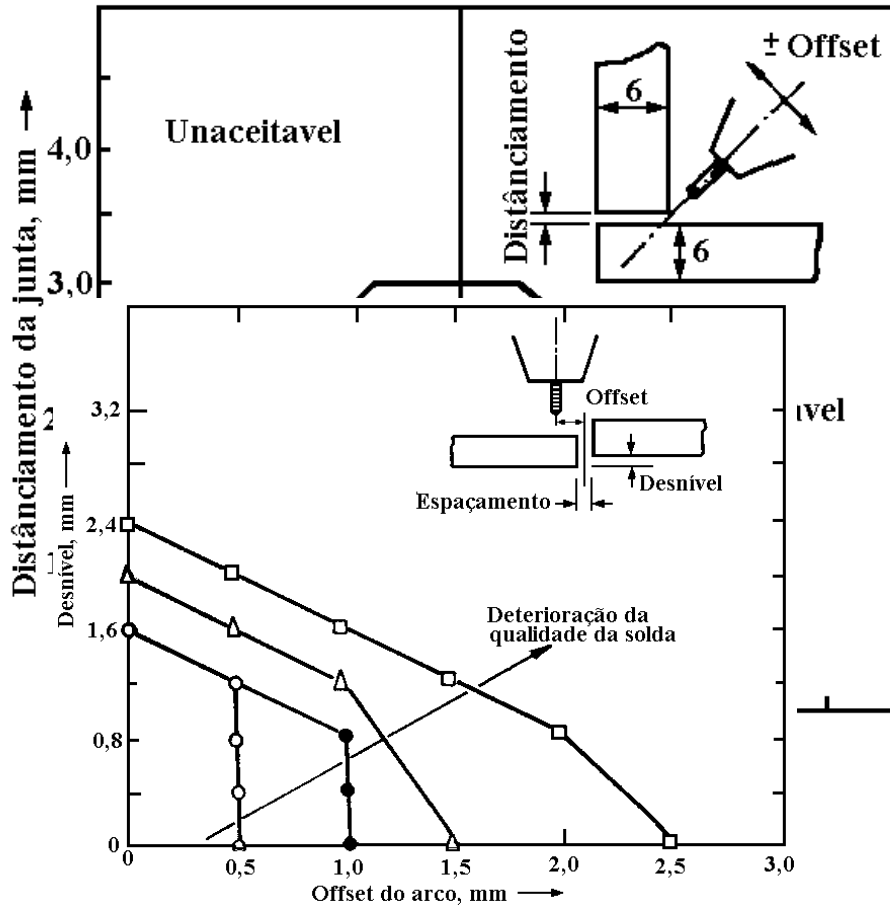


Figura 21.16 – Efeito do offset do arco e o distanciamento da junta no cordão de solda.

Para o uso efetivo de um robô de solda, é essencial seguir o procedimento montagem, caso contrário pode resultar em peças com qualidade pobre, conseqüente, como a solda na Fig. 21.15.a 21.16, respectivamente. Com um procedimento inadequado pode requerer movimento adicional da peça de trabalho, como mostrado na figura 21.17, o que resulta na demora da fabricação e elevação do custo do produto.

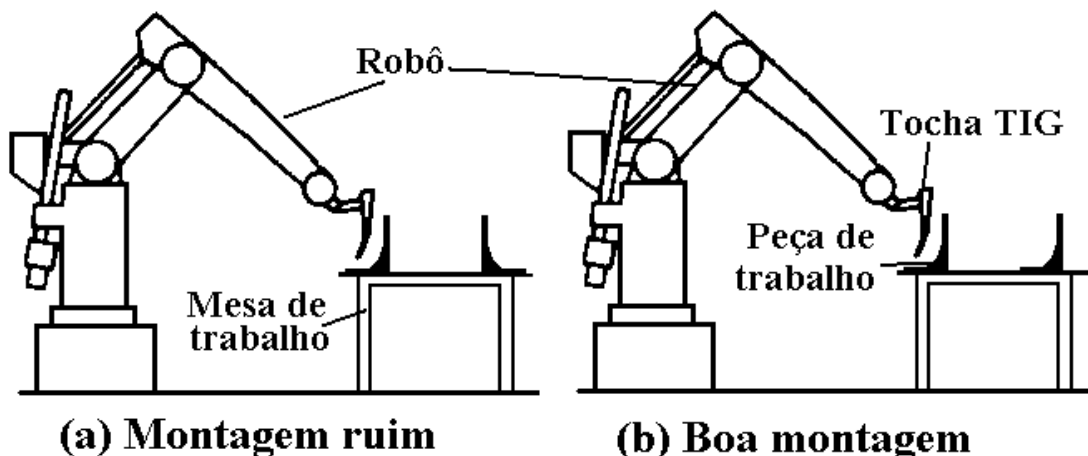


Figura 21.17 – Exemplos de recomendável e não recomendável para soldagem robotizada.

### ***21.2.8.2. Precauções no uso de Robôs***

O uso de um robô atende todas as exigências de segurança existentes em qualquer sistema de soldagem. O robô ajudará certamente, porque seu uso permite que as pessoas seja poupadas de situações perigosas ou insalubres. Isto não só melhora as relações operárias mas também pode aumentar a produtividade pela eliminação de paradas para repouso e recuperação que são requeridas freqüentemente. O risco que o robô introduz no ambiente é melhor compreendido se o robô é considerado como uma cortina, uma automatização surda e muda, que só responderá a sinais injetados diretamente em sua memória. Porém, os robôs podem emular, parcialmente, as habilidades de um ser humano, mas isto só é possível se o ambiente permanecer constante. A maior virtude de um robô é que ele pode ignorar luz de calor, radiação, etc. Sua maior vantagem é que isto não provoca nenhuma reação inerente que nós os humanos temos em nossos ambientes. Na luz destes fatos deveria ser reconhecido que os robôs e as pessoas são muito diferentes, e que devem ser feito treinamentos com os operários para que haja um maior conhecimento do sistema robótico.

Sistemas robóticos são interações complexas da eletrônica, mecânica e sistemas de controle. Eles provocam movimentos inesperados, com isso precauções devem ser tomadas para proteger os processos e as pessoas nas vizinhanças. Sempre deve haver programa de manutenção que entre em ação em situações de emergência.

### ***21.2.8.3. Aplicações***

Os robôs são usados em trabalhos que podem ser perigosos aos humanos, ou em trabalhos sujos ou enfadonhos onde é difícil manter a eficiência. Além da redução de custo pelo aumento da produtividade, outras vantagens dos robôs são: precisão consistente, perda mínima de materiais, não tem aumento de salários porque não tem trabalhador, e finalmente a escassez de pessoal qualificado não será problema.

Teoricamente, um robô pode ser usado até mesmo para trabalhos não convencional, mas seria claramente um desperdício de tempo estar programando um robô continuamente quando a tarefa pode ser completada no mesmo tempo através de métodos tradicionais. Porém, se é uma produção de lotes e o lote repete com qualquer regularidade, semanalmente ou mensalmente, e se as instalações podem ser dispostas para precisão na soldagem, então o uso de um robô pode ser utilizado em muitos componentes.

Quando o tamanho do lote é muito grande, a robotização também deve ser considerada, pois a automatização fixa pode não ser a melhor opção. Se o lote muda todos os anos, a utilização de robôs podem ser justificados, pois os custos de readaptação para o novo modelo são menores.

O tamanho do conjunto soldado normalmente não fornece nenhuma dificuldade para o uso de robôs, contanto que permite o acesso à junta. Em outro parâmetro, a espessura do material a ser soldado impõe muitas restrições, por exemplo, quando o metal fica muito fino (menos de

1 mm) a solda fica mais crítica. A alta velocidade pode provocar distorções durante a execução da solda. Nessas condições indesejáveis para o uso de robôs, que basicamente deseja um processo relativamente estável em condições normais de soldagem. Onde são encontradas dificuldades, às vezes é possível reprojeter o produto ou reprogramar o trabalho do robô. Então, o uso do robô de solda provavelmente se aplica na manipulação e remodelamento de protótipos.

#### **21.2.8.4. Custos do robô**

O custo de um sistema de robô a arco pode variar entre US\$ 150 a 200 mil. É esperado que um sistema de robô com arco apresente uma vida de útil 10 a 20 anos. Se o sistema atingir mais idade, provavelmente seria obsoleto e relativamente ineficiente. Também, não é razoável esperar que os fabricantes de robôs mantenham peças de reserva indefinidamente para robôs de todo modelo.

É esperado que os robôs produzam de 200 a 300 por cento acima do melhor operário em termos de produtividade.

Sob condições normais, um robô se pagará em um período de 2 a 3 anos. Os custos de manutenção são comparativamente baixos e um robô comum opera aproximadamente 500 horas ou 3 meses sem manutenção.

#### **21.2.9. Seleção de um Sistema de Soldagem**

O emprego da soldagem automática e suas variantes necessariamente não implicam que aquele equipamento deve ser altamente sofisticado e caro. A soldagem automática não é a panacéia para a produção de massa em todos os casos. A aplicação fortuita pode tornar-se desastrosamente cara e desapontadora. Uma listagem crítica de todos os fatores relativos que leva em conta os efeitos lucro, qualidade, e o número de operadores qualificados, deve ser feita. Na fabricação de vasos de pressão, por exemplo, o trabalho é terminado através de soldadores altamente qualificados. Se os aprendizes fossem empregados, então o custo de recuperação pode ser afetado exorbitantemente, assim como o lucro e a qualidade. Esta situação poderia provar ser tão prejudicial que é importante requerer a introdução da soldagem automática, que pode ser completamente justificada. Às vezes, por motivo apenas de qualidade na soldagem, a automatização é empregada como processo de fabricação de componentes para aeronave e veículos espaciais. A única alternativa aqui é o emprego de operadores altamente qualificados, cujos padrões de qualidade e produção não pode competir com uma máquina, que mantém corretamente uma produção fixa de trabalho de alta qualidade, a um custo mínimo.

Finalmente pode ser dito que quando se tem pequenos trabalhos, os processos de soldagem manuais serão indicados. Se a qualidade do produto e a produtividade podem ser melhoradas apenas usando soldagem manual, e empregando mesas de solda e manipuladores.

O sistema MIG-MAG (GMAW) Semi-automático dá ótimos resultados onde se percorre uma grande quantidade de pequenas posições, como em fabricações estruturais.

O sistema de soldagem automático - TIG, é muito versátil na soldagem de prato de tubo-para-tubo, juntas periféricas em tubos e outras aplicações semelhantes.

A soldagem automático a arco submerso é altamente viável, quando se solda cascos de navio e em todas as outras situações onde podem ser feitos downhand, e a alta ductilidade da solda é o objetivo desejada.

A soldagem automática com fixação dedicada também podem ser empregada quando a geometria de trabalho não muda durante um período longo de tempo.

A soldagem automatizada incluindo robôs em conjunto com posicionadores e manipuladores são as melhores opções, para a produção de médios lotes, podem ser obtidas neste caso mudanças drásticas na geometria ou no design da solda sem qualquer modificações nas instalações existentes. O processo automatizado tem sido usado extensivamente na indústria automobilística e no soldagem de coberturas de aço que envolvem um ambiente sujo ou perigoso; por exemplo, a soldagem de aço galvanizado.

A soldagem à distancia é uma técnica que é empregada quase que exclusivamente na indústria nuclear, onde os humanos não podem ser expostos em ambiente radioativo por longos períodos de tempo.