



Universidade do Porto

FEUP Faculdade de
Engenharia

Mestrado em Automação, Instrumentação e Controlo

Robótica Industrial

Textos

Aplicações industriais de robôs

Elaborados por:

Paulo Abreu

2001/2002

ÍNDICE

LISTA DE FIGURAS	3
1 APLICAÇÕES INDUSTRIAIS DE ROBÔS	4
1.1 OPERAÇÕES DE TRANSPORTE DE MATERIAIS.....	5
1.2 OPERAÇÕES DE PROCESSO.....	7
1.2.1 SOLDADURA POR PONTOS.....	7
1.2.2 SOLDADURA CONTINUA POR ARCO ELÉCTRICO.....	8
1.2.3 REVESTIMENTOS POR SPRAY - PINTURA À PISTOLA.....	10
1.2.4 CORTE POR JACTO DE AGUA.....	13
1.2.5 APLICAÇÃO DE COLAS E VEDANTES	13
1.2.6 MAQUINAGEM LEVE.....	14
1.3 OPERAÇÕES DE MONTAGEM.....	15
1.3.1 SISTEMAS ROBOTIZADOS DE MONTAGEM	15
1.3.2 SISTEMAS DE ALIMENTAÇÃO DE PEÇAS	16
1.3.2.1 ALIMENTADOR VIBRATÓRIO (“Bowl Feeder”).....	17
1.3.2.2 ALIMENTADOR DE CARTUCHO	18
1.3.2.3 PALETES E TABULEIROS	18
1.3.2.4 BANDA DE ENROLAMENTO	18
1.3.3 PROCESSOS DE MONTAGEM	19
1.3.4 CONFIGURAÇÕES DE SISTEMAS DE MONTAGEM.....	21
1.3.4.1 POSTO DE MONTAGEM SIMPLES.....	21
1.3.4.2 LINHA DE MONTAGEM	23
1.3.5 DESIGN PARA AUTOMAÇÃO	25
1.4 OPERAÇÕES DE INSPECÇÃO E TESTE	27
BIBLIOGRAFIA.....	29

LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1-1</i>	<i>Princípio de funcionamento de um alimentador vibratório Selecção e orientação e peças em taça (a) e de parafusos (b).....</i>	<i>17</i>
<i>Figura 1-2</i>	<i>Operação de inserção de um circuito integrado numa placa de circuito impresso (múltipla inserção veio-furo).....</i>	<i>19</i>
<i>Figura 1-3</i>	<i>Ligação por encaixe.....</i>	<i>19</i>
<i>Figura 1-4</i>	<i>Princípio de funcionamento de uma ferramenta para aplicação de parafusos.....</i>	<i>21</i>
<i>Figura 1-5</i>	<i>Estação de trabalho robotizada para montagem de um motor eléctrico. Sequência de montagem do motor e tempos de cada operação.....</i>	<i>22</i>
<i>Figura 1-6</i>	<i>Estação de trabalho robotizada para montagem de componentes em placas de circuito impresso (PCB) (Ref. in Assembly Automation, Vol8,nº3, pp 127-129).....</i>	<i>22</i>
<i>Figura 1-7</i>	<i>Sistema de montagem em linha.....</i>	<i>24</i>
<i>Figura 1-8</i>	<i>Sistema de montagem em carrossel</i>	<i>24</i>
<i>Figura 1-9</i>	<i>Sistema de montagem em paralelo.....</i>	<i>24</i>
<i>Figura 1-10</i>	<i>Linha robotizada para montagem de motores eléctricos.....</i>	<i>25</i>
<i>Figura 1-11</i>	<i>Design para automação aplicado à montagem de um pequeno motor de uma máquina de lavar.....</i>	<i>26</i>

1 APLICAÇÕES INDUSTRIAIS DE ROBÔS

Os robôs têm vindo a ser utilizados numa gama muito variada de aplicações industriais. As primeiras aplicações destinavam-se a automatizar operações de descarga de peças metálicas acabadas de vazar; as más condições do ambiente de trabalho para um operário (presença de fumos e calor intenso), a relativa simplicidade da operação e necessidade de flexibilidade levaram à escolha de uma solução robotizada. À medida que as capacidades dos sistemas robóticos se foram alargando e sofisticando, as aplicações diversificaram-se da simples operação de transporte a operações de montagem e de processos (soldadura, pintura, deposição de colas e vedantes, etc.).

Pode-se considerar que os robôs são utilizados em, fundamentalmente, dois tipos de situação:

- ?? condições de trabalho adversas para o ser humano:
- ?? temperaturas extremas
- ?? ruído excessivo
- ?? fumos e poeiras
- ?? meios radioactivos
- ?? meios aquáticos
- ?? meios espaciais
- ?? trabalhos repetitivos e monótonos
- ?? automação de diversas tarefas que se verifiquem ser técnica e economicamente viáveis

Há um elevado número de aplicações que se enquadram dentro destas situações. Para facilitar a sua análise e, atendendo a que cada tipo de aplicação de robôs industriais põe os seus problemas específicos, serão considerados quatro grupos distintos de aplicações:

- ?? operações de transporte de materiais
- ?? operações de processo
- ?? operações de montagem
- ?? operações de inspeção e teste

1.1 OPERAÇÕES DE TRANSPORTE DE MATERIAIS

As operações de transporte e manipulação de materiais (“materials handling”) são aquelas em que o robô move materiais ou componentes de uma posição e orientação (localização) para outra localização.

O transporte de componentes ou materiais é uma aplicação ideal para um robô industrial. É normalmente, uma tarefa repetitiva, muitas vezes realizada em condições adversas ao ser humano e que normalmente requer pouca complexidade.

Para poder transportar os materiais ou componentes o robô é equipado com uma garra na sua parte terminal. A garra deve ser projectada para o ou os componentes a transportar atendendo, entre outros factores, à forma, peso e material do ou dos referidos componentes.

As aplicações de transporte de materiais ou componentes são muito variadas podendo ser consideradas, de acordo com a sua função principal, em dois grupos:

- ?? transferência de matérias
- ?? alimentação de máquinas

Nas aplicações de transferência de materiais o objectivo primário é mover componentes de uma dada localização para uma outra localização. Uma aplicação básica deste tipo de aplicações é um simples sistema de “pick and place” onde um robô pega num componente e o deposita numa nova posição. Neste tipo de aplicação, as posições de carga e descarga permanecem constantes ao longo de todo o ciclo de trabalho. Normalmente os requisitos para este tipo de operação são modestos, sendo possível utilizar um robô de baixo nível tecnológico. Há, no entanto, operações de transferência de materiais que são mais complexas, como por exemplo paletizar/ despaletizar, empacotar/desempacotar e empilhar/desempilhar em que por vezes se torna necessário reorientar o componente. Neste tipo de operações as posições de carga e descarga variam ao longo de ciclo de trabalho, necessitando para isso de um robô mais sofisticado quer em termos de controlo, quer em facilidades de programação, quer ainda em termos de manobrabilidade.

Nas aplicações de alimentação de máquinas, o robô transfere componentes de ou para determinado equipamento de produção. Podemos pois ter o robô só a carregar determinada máquina, só a descarregar ou ainda a realizar as duas funções. As aplicações são inúmeras, podendo ser utilizados em:

- ?? equipamentos de fundição injectada
- ?? equipamentos de injeção de plástico
- ?? máquinas ferramentas
- ?? equipamentos de prensagem
- ?? equipamentos de forjagem
- ?? equipamentos de tratamentos térmicos

Em aplicações de fundição injectada e em injeção de plásticos os robôs são utilizados para descarregar os componentes acabados de vazar. O robô pode ainda ser utilizado para realizar algumas outras operações como por exemplo pegar no componente acabado de vazar e mergulhá-lo num tanque de arrefecimento.

Em máquinas ferramentas, os robôs são utilizados para carregar o material em bruto e descarregar a peça acabada de produzir. Uma mudança de geometria e dimensões que normalmente ocorre durante o processo de maquinagem põe alguns problemas no design das garras a utilizar. Por vezes chega-se a utilizar uma garra dupla que, para além de acomodar facilmente as mudanças de geometria dos componentes, permite diminuir o tempo do ciclo de trabalho.

Em equipamento de forjagem, os robôs são utilizados para colocar o material, a quente e em bruto, na forja e retirá-lo no fim do processo. Esta aplicação é particularmente exigente, atendendo quer às temperaturas elevadas que a garra tem de suportar, quer à “destreza” necessária à execução do processo.

Em operações de prensagem os robôs são utilizados para alimentar as prensas com chapas. Esta aplicação não põe grandes problemas tecnológicos e elimina os perigos e fadiga a que um operário estaria sujeito. No caso de se pretenderem elevadas produções acaba por ser preferível optar por um sistema de alimentação em contínuo, dedicado, que utilize, por exemplo, rolos de chapa.

Independentemente destas distintas aplicações de robôs em operações de transporte, há alguns problemas comuns que devem ser considerados:

?? relativamente ao robô:

- ?? capacidade de carga
- ?? tipo de controlo e repetibilidade
- ?? configuração física e volume de trabalho
- ?? design da garra
- ?? capacidade de interligação com outro equipamento

?? relativamente à aplicação

- ?? posicionamento e orientação dos componentes
- ?? “layout”
- ?? ciclo de trabalho do equipamento produtivo

1.2 OPERAÇÕES DE PROCESSO

As operações de processo são aquelas em que o robô executa um dado trabalho produtivo directamente sobre determinados componentes. Nesta situação, o robô, em vez de ser equipado com uma garra, utiliza uma ferramenta que manipula relativamente ao componente durante o ciclo de trabalho. Nalgumas aplicações, mais do que uma ferramenta deve ser utilizada pelo que um sistema de mudança rápida de ferramenta é utilizado.

Exemplos de operações de processo em que são utilizados robôs industriais incluem:

- ?? soldadura por pontos
- ?? soldadura contínua por arco eléctrico
- ?? revestimento por spray (pintura à pistola, tinta ou outros revestimentos)
- ?? corte por laser e por jacto de água
- ?? aplicação de colas e vedantes
- ?? maquinaria leve: polimento, rebarbagem, decapagem, furação, rebitagem

1.2.1 SOLDADURA POR PONTOS

A soldadura por pontos representa uma das mais divulgadas e empregues aplicações de robôs, sendo principalmente utilizada na indústria automóvel.

Atendendo à especificidade do processo de soldadura por pontos, os robôs empregues devem possuir determinadas características, nomeadamente:

- ?? capacidade de carga suficiente para suportar com a pistola de soldadura
- ?? capacidade de posicionar e orientar a pistola de soldadura em locais de difícil acesso
- ?? sistema de controlo ponto-a-ponto
- ?? sistema de controlo com capacidade de memória suficiente para armazenar os muitos pontos necessários num dado ciclo de soldadura
- ?? sistema de controlo com capacidade de armazenar diferentes programas de modo a ser possível mudar rapidamente a sequência de soldadura

Os benefícios que resultam desta automação do processo de soldadura por pontos pelo recurso à utilização de robôs traduzem-se principalmente por:

- ?? melhoria da qualidade
- ?? soldaduras mais consistentes
- ?? melhor repetibilidade dos pontos de soldadura
- ?? tempos de ciclo mais reduzidos
- ?? melhor controlo da produção

1.2.2 SOLDADURA CONTINUA POR ARCO ELÉCTRICO

Na soldadura por arco eléctrico pretende-se obter soldaduras contínuas em vez de soldaduras discretas, que é o caso da soldadura por pontos.

A soldadura por arco, quando realizada manualmente, requer normalmente a utilização de um operário especializado - o soldador - assistido por um outro operário que se encarrega de preparar as partes a soldar - o preparador. As condições de trabalho são desagradáveis e perigosas: calor intenso, fumos, faíscas, emissão de raios ultravioletas que obrigam à utilização de viseiras protectoras, para além da presença de correntes eléctricas elevadas. Por tal, a automação deste processo de soldadura é realizada onde técnica e economicamente viável. A automação pelo recurso a sistemas dedicados ou a sistemas robotizados são duas alternativas a considerar.

A utilização de robôs põe, contudo, problemas técnicos e económicos significativos. Normalmente, a soldadura por arco é empregue na fabricação de pequenas quantidades de produtos constituídos por muitos componentes e com diferentes processos de fabrico envolvidos. Por tal, torna-se por vezes difícil de justificar economicamente qualquer forma de automação. Outro problema é que muitas vezes a soldadura por arco é realizada em locais de difícil acesso como por exemplo reservatórios, depósitos, interiores de navios, etc. Nestes ambientes, a flexibilidade inerente a um ser humano tem um papel economicamente insubstituível.

Um dos mais difíceis problemas técnicos que se colocam na utilização de robôs em soldadura é a ocorrência de variações dimensionais e geométricas nos componentes a soldar.

Há duas maneiras de tentar resolver este problema:

- ?? corrigir previamente à soldadura de tal modo que os componentes a soldar não criem problemas durante o processo de soldadura
- ?? providenciar para que o robô possa acomodar e compensar os erros dimensionais, geométricos e de preparação das juntas a soldar, durante o processo de soldadura.

As correcções no processo produtivo que fornecem os componentes para o processo de soldadura é uma alternativa bastante interessante pois, não só contribui para a qualidade total do produto, mas também simplifica o processo de soldadura. A desvantagem potencial poderá ser o aumento do custo de produção dos referidos componentes, para além de todo o acréscimo de trabalho envolvido.

A segunda alternativa representa uma área com um elevado potencial de aplicação, ainda em fase de desenvolvimento, apesar de já existirem algumas soluções industriais que permitem resolver alguns problemas. Estas soluções passam pela utilização de diversos tipos de sensores, incluindo sistemas de visão, do processamento da informação recolhida e actuação em tempo real de modo a ser possível o seguimento da junta e a correcção de parâmetros da soldadura.

Atendendo à especificidade do processo de soldadura por arco eléctrico, os robôs a utilizar devem possuir determinadas características das quais são de destacar os seguintes aspectos:

?? Volume de trabalho e graus de liberdade.

O volume de trabalho deve ser suficientemente grande relativamente às partes a soldar; deverá existir espaço suficiente para que a pistola de soldadura possa ser facilmente manipulada. Cinco ou seis graus de liberdade são normalmente necessários para os robôs de soldadura. Por vezes, para facilitar o posicionamento do robô relativamente às partes a soldar, utilizam-se sistemas de suporte e fixação da partes a soldar que possuem movimentos com dois ou mais graus de liberdade. O controlo destes eixos de movimento é muitas vezes realizado pelo próprio controlador do robô, que vem equipado com capacidade de controlar um número de eixos superior ao número de eixos do robô. Desta forma torna-se mais económico e mais simples de integrar os movimentos do robô com os movimentos do sistema de suporte das peças a soldar.

?? Sistema de controlo.

Para ser possível efectuar soldadura por arco eléctrico é necessário que haja um sistema de controlo de percurso contínuo. O robô deverá ser capaz de seguir um determinado percurso mantendo uma velocidade uniforme.

?? Rigor dos movimentos.

A precisão e a repetibilidade das trajectórias do robô determinam em larga medida a qualidade das soldaduras a efectuar.

?? Interface com outros sistemas. O controlador do robô deverá possuir capacidade de controlar e/ou comunicar com outro equipamento. Há, por vezes, que coordenar os movimentos do robô com os movimentos do sistema de suporte onde as peças a soldar estão fixadas, para além da regulação dos parâmetros de soldadura.

?? Capacidades de Programação.

A programação de um robô para soldadura por arco eléctrico não é tarefa fácil, especialmente quando a junta das partes a soldar tem uma geometria irregular. Há diversos aspectos de programação que podem facilitar a realização do programa, nomeadamente, a capacidade de interpolação linear e circular, a possibilidade de definição de vários sistemas de eixos podendo mover a pistola de soldadura relativamente a esses sistemas bem como instruções de programação para realização de passes múltiplos de soldadura e para o balanceamento da pistola de soldadura ao longo da junta (permitindo a definição dos diferentes parâmetros necessários para a realização destas operações).

1.2.3 REVESTIMENTOS POR SPRAY - PINTURA À PISTOLA

A maioria dos produtos fabricados a partir de materiais metálicos necessita de algum tipo de revestimento superficial, normalmente uma tinta. A tecnologia para aplicação destes revestimentos varia em complexidade, desde o simples método manual até aos processos automáticos altamente sofisticados. É possível considerar os processos de revestimento em quatro categorias:

- ?? processo por imersão
- ?? processo por fluxo
- ?? processo por electro-deposição
- ?? processo por spray

Os processos por imersão e por fluxo envolvem, normalmente, baixa tecnologia. Na imersão, o componente é inserido dentro de um tanque onde se encontra o revestimento líquido (normalmente tinta) a utilizar. Quando o componente é removido, o excesso de tinta pinga para dentro do tanque. No processo por fluxo, em vez de submergir o componente dentro de um tanque, este é colocado debaixo de um fluxo de tinta que é depois recolhida. Qualquer destes dois processos é relativamente ineficiente em termos da quantidade de tinta utilizada, do modo como é depositada no componente e por vezes na qualidade do acabamento superficial.

Um sistema de imersão mais avançado é a electro-deposição. Neste processo, o componente a revestir, que deverá ser electricamente condutor, é colocado dentro de um líquido que contém partículas de tinta (ou de outro revestimento) a utilizar. Às partículas de tinta é conferida uma carga eléctrica positiva e ao componente uma carga eléctrica negativa. Consequentemente, as partículas de tinta são atraídas para o componente, realizando-se assim o processo de revestimento. O processo é altamente exigente em termos de controlo, pois há uma série de parâmetros que são necessários controlar durante todo o processo: correntes, tensões, concentrações do revestimento no banho líquido, tempos de imersão, etc. A grande vantagem está em que praticamente não se desperdiça revestimento e se consegue uma uniformidade elevada na aplicação do revestimento. Um exemplo da utilização deste processo é na zincagem das carroçarias dos automóveis.

O processo revestimento por spray envolve a utilização de uma pistola de spray para aplicação da tinta ou de outro revestimento. Este processo é tipicamente realizado por um ser humano que, manualmente, dirige o spray para as superfícies dos objectos a revestir.

Há fundamentalmente três sistemas de spray:

- ?? spray com ar
- ?? spray sem ar
- ?? spray electrostático

No spray com ar, o sistema mais convencional, é utilizado ar comprimido que serve de elemento transportador às partículas do revestimento (por exemplo, tinta) a utilizar. No sistema de spray sem ar, o revestimento que se encontra no estado líquido, é injectado sob pressão elevada na pistola de pintura e, devido à elevada queda de pressão ao sair da pistola, é forçado a decompor-se em pequenas partículas. O processo de spray electrostático a utiliza spray com ar ou sem ar. A grande diferença reside no facto de o objecto a ser revestido ser colocado com uma determinada carga eléctrica e às partículas do revestimento ser conferida uma carga eléctrica de sinal oposto. O objectivo é provocar uma melhor aderência do revestimento ao objecto e uma maior uniformidade na deposição.

Os processos de revestimento por spray, quando realizados manualmente, resultam em situações potencialmente perigosas para o ser humano:

?? Ar contaminado

Nem todas as partículas do revestimento aderem ao objecto a revestir, uma parte delas fica em suspensão no ar. Por isso, para proteger o operador humano, são normalmente utilizados sistemas de ventilação, cortinas de água, usando o operador roupa e máscaras de protecção.

?? Ruído

O revestimento, ao sair da pistola de pintura, provoca um ruído constante

?? Perigo de explosão

Os diluentes e a própria tinta empregue são normalmente inflamáveis e, ao se encontrarem misturados com o ar em pequenas partículas, formam uma atmosfera potencialmente explosiva.

?? Potencial ambiente cancerígeno

Muitos dos constituintes dos revestimentos utilizados são considerados como cancerígenos, criando por isso um potencial risco de saúde para um operador humano.

Por todas estas situações inconvenientes para os seres humanos, tem vindo a ser utilizados robôs industriais nos revestimentos por spray. A filosofia adoptada é fazer com que o robô emule os movimentos que um operador especializado e experiente realizaria com a pistola de spray.

Algumas aplicações de robôs em operações de revestimentos por spray, que tem vindo a ser realizadas, incluem:

- ?? pintura de carroçarias de automóveis e outros componentes da indústria automóvel
- ?? pintura e outros revestimentos em produtos das indústrias de construções mecânicas.
- ?? aplicação de revestimentos de porcelana em louças sanitárias
- ?? aplicação de revestimentos protectores em madeiras
- ?? aplicação de resinas na fabricação de componentes de fibra de vidro

Na maior parte das aplicações de robôs em pintura por spray, o robô, que manipula a pistola de pintura, é apenas um componente de uma célula de pintura. Esta célula inclui sistemas transportadores que carregam as peças a pintar e dispositivos que permitem o isolamento da área de pintura. Na situação de se utilizar um sistema transportador intermitente, o objecto a revestir é sempre colocado perante o robô numa posição que se mantém fixa ao longo de todo o processo de revestimento. Torna-se assim necessário prever a sincronização do arranque e paragem do programa do robô com o movimento do transportador. Em sistemas que utilizam transportadores com movimento contínuo, os objectos a revestir encontram-se em movimento durante o processo de revestimento. Torna-se necessário utilizar um sistema de seguimento que permite coordenar os movimentos do robô com o transportador e as peças que desloca. Há, ainda, um outro aspecto que é comum encontrar em células de pintura: possibilidade de poder pintar diferentes objectos, independentemente da ordem por que eles chegam à célula de pintura. Para isso há que ter um sistema de identificação dos objectos e o controlador do robô, em função da informação recebida, selecciona o programa de pintura especificado para o objecto em causa. Numa célula de pintura convém ainda prever sistemas que permitam a limpeza automática dos bicos das pistolas de pintura.

Em geral, os requisitos necessários para um robô ser utilizado em operações de revestimentos por spray, nomeadamente a pintura, são:

- ?? **Sistema de controlo por percurso contínuo e elevada manobrabilidade.** O robô deverá poder emular os movimentos uniformes e por vezes complexos que um operador executaria se estivesse a realizar o processo de revestimento.
- ?? **Capacidade de programação através de “manual leadthrough”** . Como se pretende que o robô seja capaz de emular os movimentos que um operador realizaria, o processo de ensinar o robô a executar tal tarefa passa, normalmente, por o operador deslocar manualmente o robô ao longo das trajectórias a realizar. Isto leva ainda a que a estrutura do robô deva ser leve de modo a facilitar esta tarefa.
- ?? **Capacidade de armazenagem de múltiplos programas.** Como em muitas aplicações se pretende que o robô seja capaz de executar revestimentos em diferentes objectos que são transportados até ao local de processo por uma ordem aleatória, o controlador deverá possuir capacidade de armazenar os necessários diferentes programas.
- ?? **Capacidade de trabalhar em ambiente de trabalho agressivo.** O robô deverá ser capaz de suportar o ambiente corrosivo imposto pela presença dos componentes e diluentes das tintas ou de outros revestimentos utilizados. Como este ambiente é também explosivo, aquando da utilização de motores eléctricos deverá ter-se especial atenção ao seu isolamento. Existe o perigo de alguma faísca que surja provocar uma explosão. Muitas vezes acaba por serem escolhidos robôs de accionamento hidráulico.

Tendo em consideração as particularidades dos processos de revestimentos e as potencialidades de robôs, pode-se concluir pela existência de consideráveis vantagens na utilização de robôs nestes processos. Tais vantagens incluem:

- ?? não utilização de operadores humanos em ambientes adversos
- ?? menor consumo de energia (em sistemas de ventilação)
- ?? maior uniformidade dos revestimentos
- ?? maior consistência da produção
- ?? redução de níveis de rejeição
- ?? economia do material usado nos revestimentos
- ?? maior produtividade e qualidade

1.2.4 CORTE POR JACTO DE AGUA

Este tipo de aplicação é em certos aspectos muito semelhante à soldadura contínua por arco eléctrico. Em vez de o robô ser equipado com uma pistola de soldadura, transporta uma pistola de jacto de água, que movimenta ao longo do percurso do corte a realizar.

O processo de corte em si, pelo uso de um jacto de água a muito elevada pressão (da ordem dos 350 MPa, que atinge uma velocidade à saída da pistola dupla da velocidade do som), utilizando ou não pequenas partículas abrasivas junto com a água, permite cortar materiais relativamente macios, como por exemplo borrachas, plásticos, materiais compósitos, couro, cartão, etc.

A capacidade de movimentar a pistola de corte ao longo de percursos complicados, por vezes com acesso difícil, mantendo uma reprodutibilidade elevada do corte, a possibilidade de mudar rapidamente os procedimentos de produção para adaptação a diferentes produtos, levam à utilização de robôs.

As características necessárias para um robô ser utilizado nesta aplicação são em tudo semelhantes às dos robôs para soldaduras contínuas por arco eléctrico. Esta aplicação é, contudo, menos exigente pois não existe uma junta a preparar. Todos os problemas associados ao facto de o robô ter de seguir essa junta e adaptar-se a variações geométricas e dimensionais que possam ocorrer de trabalho para trabalho, não existem neste tipo de operação de corte.

1.2.5 APLICAÇÃO DE COLAS E VEDANTES

A utilização de robôs para aplicação de colas e vedantes tem exigências muito semelhantes às encontradas no corte por jacto de água. Do mesmo modo, o robô transporta uma ferramenta (pistola) que manipula relativamente aos componentes. A pistola é utilizada para fornecer a cola ou outro material adesivo que é depositado nos componentes.

A capacidade de carga do robô, neste tipo de aplicações, não é factor muito importante uma vez que o peso da pistola é, normalmente, reduzido e o material a depor não é armazenado na totalidade junto da pistola.

O robô deverá ter capacidade de percorrer trajectórias complexas, com velocidade uniforme, mantendo constante a orientação do sistema que fornece a cola de modo a poder efectuar uma deposição uniforme do material adesivo ou vedante.

Algumas aplicações são apenas mais exigentes em termos de controlo num só plano ou direcção, pelo que um conhecimento prévio das capacidades do robô, nomeadamente em termos de repetibilidade segundo diferentes direcções, é um factor importante para o bom funcionamento da aplicação.

1.2.6 MAQUINAGEM LEVE

As aplicações de robôs em maquinagem leve envolvem, normalmente, a utilização de uma ferramenta rotativa (de accionamento pneumático ou eléctrico) que o robô manipula. O objectivo é o robô posicionar a ferramenta de modo a ser possível executar a operação com a referida ferramenta. Existem ainda alguns casos em que o robô transporta a peça e a ferramenta está fixa.

Exemplos deste tipo de aplicações são algumas operações de polimento, rebarbagem e furação. Associadas a estas aplicações estão, normalmente, ambientes de trabalho agressivo como seja o caso da presença de poeiras resultantes de operações de polimento ou faíscas resultantes de operações de rebarbagem e ainda níveis de ruído constantes e elevados.

Uma das desvantagens inerentes à utilização de robôs é a sua falta de precisão e rigidez, quando comparados com máquinas ferramentas. Porém, tratando-se de aplicações em que as forças de corte são pequenas (maquinagem leve) e não sendo requerida muito elevada precisão, é possível utilizar soluções robotizadas.

Muitas das vezes as operações de rebarbagem são incluídas como uma das tarefas de um robô que está a ser utilizado para alimentar máquinas ferramentas. Isto leva à necessidade de o robô pegar nas peças e na ferramenta de rebarbagem ou, em alternativa, fixar a ferramenta ficando o robô a precisar unicamente de manipular as peças.

1.3 OPERAÇÕES DE MONTAGEM

A automação das operações de montagem tem vindo a ter um crescimento muito significativo, cabendo aos robôs um papel importante.

Enquanto que o custo de produção de componentes tem vindo a diminuir devido quer à utilização de novos materiais, simplificação dos produtos, quer à utilização de novos processos tecnológicos, o contrário tem vindo a ocorrer relativamente à montagem desses mesmos componentes para formarem os produtos finais. É normalmente na montagem que está envolvida maior incorporação de trabalho manual.

Sistemas automáticos de montagem tem tradicionalmente sido aplicados em produtos de elevado volume de produção e para os quais se utiliza equipamento dedicado. Contudo, há um grande número de produtos, de médio e baixo volume de produção, que representa uma parte muito substancial da produção total. Para além disso, hoje em dia, por questões de mercado, os produtos tendem a ser produzidos numa gama muito diferente de modelos e versões, sendo produzidos em pequenos lotes, por ordem aleatória e em tempo o mais reduzido possível. Por tal, para que as operações de montagem possam ser automatizadas e economicamente rentáveis, sistemas flexíveis e programáveis, incluindo robôs, têm vindo a ser utilizados. Neste sentido têm sido desenvolvidos robôs especificamente para operações de montagem, caso do robô “SCARA - Selective Compliance Assembly Robot Arm”.

1.3.1 SISTEMAS ROBOTIZADOS DE MONTAGEM

As operações de montagem são aqui referidas como um processo de juntar duas ou mais partes individualizadas de modo a formar um sub-produto. O processo consiste, normalmente, na adição de componentes a um “componente base” ou sub-produto já existente, de modo a formar um novo sub-produto ou um produto final. Como tal, estas operações de montagem envolvem a manipulação de componentes, o seu transporte, o seu posicionamento e orientação e por vezes um processo que permita a sua montagem (colagem, aparafusamento, rebitagem,...). Portanto, pode-se mesmo considerar que nos processos de montagem utilizando robôs estão incluídas as operações de transporte de materiais e de processos, atrás referidas. Contudo, as operações de montagem por envolverem a integração destas distintas aplicações, põe problemas específicos, devendo por tal serem consideradas como uma aplicação particular e como tal ser analisada.

Para efeitos de análise das aplicações de montagem recorrendo à utilização de robôs, serão considerados quatro aspectos que têm uma importância fundamental nesta área:

- ?? sistemas de alimentação de peças
- ?? processos de montagem
- ?? configurações de sistemas de montagem
- ?? design para automação

1.3.2 SISTEMAS DE ALIMENTAÇÃO DE PEÇAS

Para que um robô possa realizar uma operação de montagem, o componente a montar deverá ser fornecido ao robô. Existem vários processos de fornecer os componentes, envolvendo distintos níveis de localização dos referidos componentes:

- ?? componentes localizados dentro de uma área restrita (componentes não posicionados nem orientados)
- ?? componentes localizados em posição conhecida (componentes não orientados)
- ?? componentes localizados em posição e orientação conhecidas

Na primeira situação, o robô necessitará de utilizar um qualquer sistema sensor de identificação que lhe permita conhecer a posição e orientação dos componentes para poder pegar neles. Normalmente, um sistema de visão poderá ser utilizado.

Na segunda situação, o robô já conhece a posição dos componentes, mas mais uma vez terá ainda que ser capaz de determinar a orientação dos mesmos para os poder manipular de uma forma correcta.

O terceiro e último processo de apresentação dos componentes é o que põe menos problemas para o robô não sendo necessário recorrer a sistemas sensores muito sofisticados, uma vez que a posição e orientação dos componentes é à partida conhecida. Sistemas de fornecimento de componentes com estas características são os mais utilizados, estando incluídos nesta categoria o seguinte equipamento:

- ?? alimentador vibratório
- ?? alimentador de cartucho
- ?? tabuleiros e paletes
- ?? banda enrolada

1.3.2.1 ALIMENTADOR VIBRATÓRIO (“Bowl Feeder”)

Os alimentadores vibratórios são utilizados para receber peças a granel e fornece-las duma maneira consistente, isto é, sempre na mesma posição e com igual orientação. As peças a granel, que não possuem uma orientação comum, são depositadas nos alimentadores vibratórios que se encarregam de as reorientar e fornecer, ficando aptas a serem manipuladas por sistemas automáticos, ou mesmo manuais.

Um alimentador vibratório é constituído por, fundamentalmente, duas partes, um tambor e uma base com um sistema vibratório. No tambor existe uma pista, normalmente no lado interior, disposta em espiral. Ao colocar em vibração o tambor, as peças que se encontram no fundo do mesmo são forçadas a subir ao longo da pista interior até ao local de saída existente no topo do tambor.

Ao longo do percurso de subida, as peças são reorientadas de forma a que quando chegam ao ponto de saída, a orientação é sempre a mesma. Isto pode ser feito por dois métodos, selecção e orientação. Na selecção, também chamada orientação passiva, as peças que não estão correctamente orientadas, são rejeitadas da pista e regressam ao fundo do tambor. No método de orientação, existem dispositivos que fisicamente reorientam as peças ao longo da pista. Qualquer destes métodos recorre à utilização de uma série de obstáculos ao longo da pista que garantem que as peças atingem o topo do tambor sempre com a mesma orientação (Figura 1-1).

As peças que saem do alimentador vibratório são depois transportadas, normalmente recorrendo ao efeito da gravidade, para uma localização onde mantém uma posição e orientação constantes. Esta nova localização é isolada do alimentador vibratório de modo a que o robô ou outro sistema que pega na peça não tenha que suportar os problemas inerentes a ter de agarrar numa peça que se encontra em movimento, vibratório ou não.

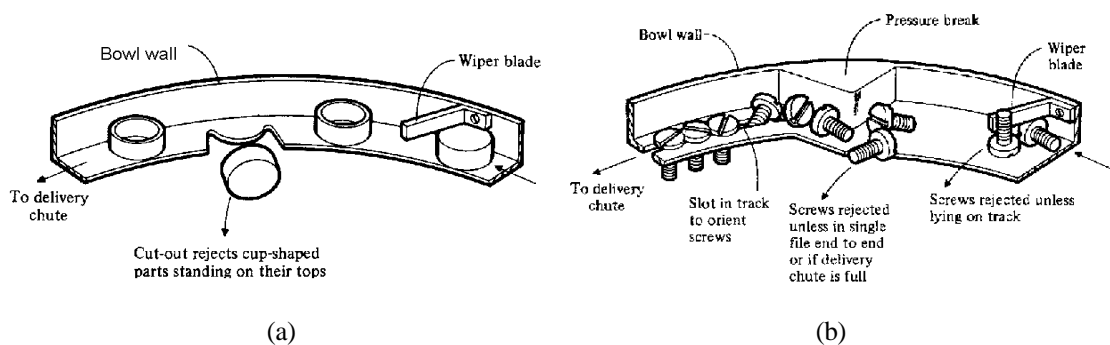


Figura 1-1 Princípio de funcionamento de um alimentador vibratório

Seleção e orientação e peças em taça (a) e de parafusos (b).

1.3.2.2 ALIMENTADOR DE CARTUCHO

Na utilização de alimentadores vibratórios as peças são recebidas em granel, sem uma orientação bem definida, encarregando-se os referidos alimentadores de as reorientar e fornecê-las sempre da mesma maneira e com a mesma orientação. O trabalho realizado pelos alimentadores vibratórios pode ser substituído se as peças chegarem à estação de trabalho já orientadas, segundo uma determinada forma que se mantém constante. Uma forma de fornecer as peças já pré-orientadas passa pela utilização de alimentadores de cartucho. Esta solução não significa que deixe de ser necessário orientar as peças, o que faz é que seja transferido esse problema para o exterior da estação de trabalho das operações de montagem.

Idealmente, a melhor maneira de carregar as peças nos alimentadores de cartucho, é integrar essa tarefa como mais uma operação do processo produtivo que fabrica as peças. Há pois que tirar partido da orientação das peças ao saírem de um dado processo de produção, e manter essa pré-orientação.

Uma das desvantagens associadas à utilização de alimentadores de cartucho é que estes sistemas têm uma capacidade de carga inferior às dos alimentadores vibratórios. Por tal, existe a necessidade de com maior frequência substituir ou recarregar os referidos cartuchos, envolvendo, normalmente, esta tarefa a participação de um operador humano.

1.3.2.3 PALETES E TABULEIROS

Os alimentadores vibratórios e os de cartucho são, normalmente projectados para um tipo muito específico de peças, sendo sistemas dedicados. Quando se trata de ter sistemas de alimentação para peças com diferentes geometrias, uma alternativa económica a considerar é a utilização de paletes ou tabuleiros. Assim cada tabuleiro pode conter mais do que um tipo de peça. Um aspecto importante a considerar quando são utilizadas paletes ou tabuleiros em sistema robotizados, diz respeito à localização das peças nos referidos tabuleiros e à localização dos tabuleiros na estação de trabalho. Cada peça deve estar localizada numa posição e com uma orientação bem definidas relativamente a determinados pontos de referencia existentes no tabuleiro, normalmente os cantos do tabuleiro. Isto permite que sendo os tabuleiros correctamente colocados na estação de trabalho, o robô possa ser programado para ir às posições conhecidas no tabuleiro pegar nas peças tendo em conta a sua orientação.

1.3.2.4 BANDA DE ENROLAMENTO

Um processo muito utilizado de fornecer componentes, especialmente na indústria electrónica, passa pela fixação dos mesmos em bandas ou fitas. Um exemplo deste tipo de sistema de alimentação é o utilizado para fornecer resistências eléctricas para circuitos electrónicos. As resistências estão colocadas em

posições equidistantes, entre duas fitas de papel. Estas bandas podem depois ser enroladas, permitindo assim uma compacticidade elevada e a utilização de sistemas simples de alimentação. Como os componentes são colocados na banda em posições equidistantes, bem definidas, um simples sistema de desenrolar, com avanço controlado, permite fornecer os componentes sempre na mesma posição, de uma forma eficaz e económica.

1.3.3 PROCESSOS DE MONTAGEM

Conforme já foi referido, as operações de montagem envolvem a ligação de dois ou mais componentes para formar um novo sub-produto ou produto. Para poder levar a cabo essas operações, poderá ser necessária a utilização de outros componentes ou materiais, cuja função é implementar a ligação dos componentes a montar. É pois, possível considerar duas categorias de processos de montagem, operações de montagem simples e operações de montagem com recurso a sistemas de ligação adicionais.

Operações de montagem simples

Este tipo de operações envolve a montagem de componentes sem recurso a outros sistemas que implementem a sua ligação. Envolvem, tipicamente, ligações por inserção, podendo ou não ser necessário exercer determinada força para efectuar essa ligação. Para além disso, há situações em que para ser possível realizar a operação de montagem, os componentes são deformados elasticamente ou mesmo plasticamente.

Exemplos de aplicações em que se executa uma simples operação de inserção, não estando envolvidas forças de montagem elevadas, incluem a montagem de componentes electrónicos, como circuitos integrados, em placas de circuito impresso (Figura 1-2). Neste tipo de tarefa são muito utilizados robôs e, particularmente, os robôs SCARA.

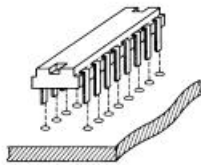


Figura 1-2 Operação de inserção de um circuito integrado numa placa de circuito impresso (múltipla inserção veio-furo)

Nas ligações por encaixe (Figura 1-3), ocorre uma deformação elástica dos componentes a montar, mas que é temporária. Normalmente, as forças envolvidas que provocam esta deformação elástica são reduzidas, podendo esta operação ser facilmente executada por sistemas robotizados.

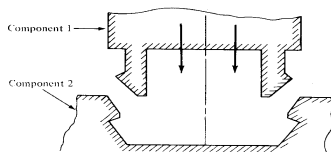


Figura 1-3 Ligação por encaixe

Nas ligações por pressão torna-se necessário exercer forças consideráveis para proceder à ligação dos componentes. Como normalmente um robô não tem capacidade de exercer tais forças, opta-se por uma aplicação em que o robô fornece as peças a ligar a uma pequena prensa que se encarrega de executar a referida operação de ligação por pressão.

Em algumas das ligações por deformação, nem sempre as forças envolvidas são muito elevadas. É o caso de se pretender fixar um conector eléctrico a uma placa por inserção e dobragem dos seus pinos. Neste tipo de situações, a solução utilizada é a de o robô transportar uma ferramenta que lhe permita efectuar essa operação de deformação, ou então inserir o componente e pressioná-lo contra um esbarro que permita realizar a deformação pretendida.

Operações de montagem com recurso a sistemas de ligação adicionais

Nas ligações por sistemas adicionais, as duas (ou mais) peças são postas em contacto e depois são utilizados outros sistemas para que as peças mantenham a suas posições relativas. Existem vários sistemas adicionais que permitem a ligação de duas ou mais peças. Exemplos destes tipos de sistemas incluem a utilização de:

- ?? ligações mecânicas - parafusos, pinos, anilhas, agrafos
- ?? materiais adesivos
- ?? processos de soldadura - soldadura por arco, por pontos, por solda, por brasagem.

A utilização de parafusos para ligação de duas ou mais peças é um processo muito utilizado em operações de montagem manuais. A utilização de robôs para automatizar esta operação passa pela utilização de uma ferramenta especial ou pela manipulação directa do parafuso. No primeiro caso, o robô transporta uma ferramenta, com accionamento próprio, que se encarrega de fornecer e rodar o parafuso no momento da sua aplicação (Figura 1-4). Na situação de manipulação directa do parafuso, o robô pega no parafuso e é programado para que o seu punho rode, enquanto que avança, de modo a poder ser possível aplicar o parafuso. Esta solução é pouco utilizada devido à relativa complexidade dos movimentos envolvidos, de rodar e avançar o parafuso em simultâneo, para além de que um sistema assim é pouco eficiente em termos de produtividade.

As ligações por soldadura (por pontos e por arco) e por materiais adesivos, foram já tratadas em capítulos anteriores, pelo que aqui são apenas referidas como processos de ligação existentes.

Embora não sejam utilizados robôs industriais, existe ainda um outro processo de ligação, por costura, especialmente destinado para materiais flexíveis (tecidos, couros, etc.).

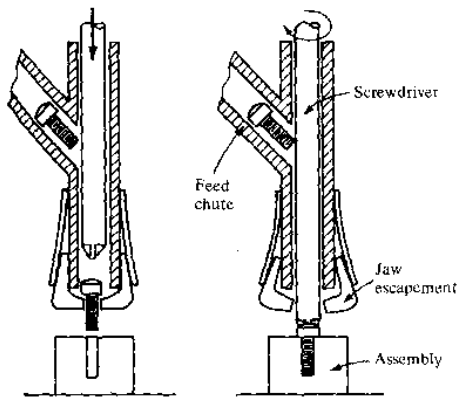


Figura 1-4 Princípio de funcionamento de uma ferramenta para aplicação de parafusos

1.3.4 CONFIGURAÇÕES DE SISTEMAS DE MONTAGEM

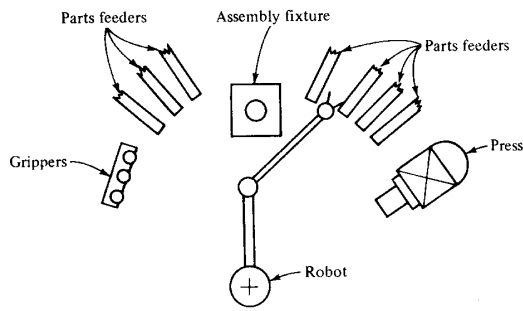
Os sistemas de montagem podem ser constituídos ou por simples postos de montagem, isolados entre si, ou por uma série de postos de trabalho - linha de montagem. Esta última arquitectura não é mais do que dividir as operações de montagem por diferentes postos e interliga-los por um qualquer sistema que permita o transporte dos sub-produtos montados em cada posto.

1.3.4.1 POSTO DE MONTAGEM SIMPLES

O método do posto de montagem simples consiste na utilização de uma única estação de trabalho na qual todas as operações de montagem são aí realizadas. No caso de funcionar com um operador humano, esta configuração é particularmente indicada para montagem de produtos complexos, produzidos em muitas pequenas quantidades. Na situação de se utilizarem robôs e/ou outros sistemas automáticos, este tipo de configuração é utilizado na montagem de produtos de pequena ou média produção, estando envolvidas poucas operações de montagem e sendo apenas necessário manipular um número muito reduzido de diferentes componentes. Isto significa que o produto é de baixa ou média complexidade.

Na Figura 1-5 é apresentado um exemplo de um simples posto de trabalho robotizado destinado à montagem de motores eléctricos. São depois apresentados, quer a sequência de montagem necessária para efectuar a montagem, quer os tempos envolvidos em cada fase da montagem. É de notar que a operação de montagem apenas envolve 10 componentes distintos, dura 4 min., sendo a maior parte do tempo do ciclo de montagem gasto em operações de mudança de garras e reorientação de componentes.

Na Figura 1-6 é apresentada uma estação de montagem destinada à montagem de componentes electrónicos em placas de circuito impresso. De notar os diferentes sistemas utilizados para fornecer os componentes necessários durante a montagem e a utilização de dois robôs SCARA.



1. Place rear endbell into fixture
2. Set first bearing into endbell
3. Set rotor into bearing-endbell
4. Set stator around armature
5. Set second bearing on top of rotor shaft
6. Set front endbell over bearing-rotor-stator
7. Insert first screw
8. Insert second screw
9. Drive both screws
10. Insert first brush holder
11. Insert second brush holder
12. Press both brush holders
13. Off-load completed motor

Step	Time, s
1. Load first endbell (gripper 1)	8
2. Change gripper	12
3. Install bearing (gripper 2)	8
4. Change gripper	12
5. Install rotor (gripper 1)	8
6. Install stator (gripper 1)	8
7. Change gripper	12
8. Install bearing (gripper 2)	8
9. Change gripper	12
10. Install endbell (gripper 1)	8
11. Change gripper	12
12. Install two screws (gripper 2)	16
13. Change gripper	12
14. Retrieve screwdriver (gripper 1)	12
15. Drive two screws (gripper 1)	8
16. Replace screwdriver (gripper 1)	12
17. Reorient motor (gripper 1)	7
18. Change gripper	12
19. Install two brush holders (gripper 2)	16
20. Change gripper	12
21. Load motor into press (gripper 1)	8
22. Cycle press	4
23. Unload motor (gripper 1)	7
Total	234

Figura 1-5 Estação de trabalho robotizada para montagem de um motor eléctrico.

Seqüência de montagem do motor e tempos de cada operação

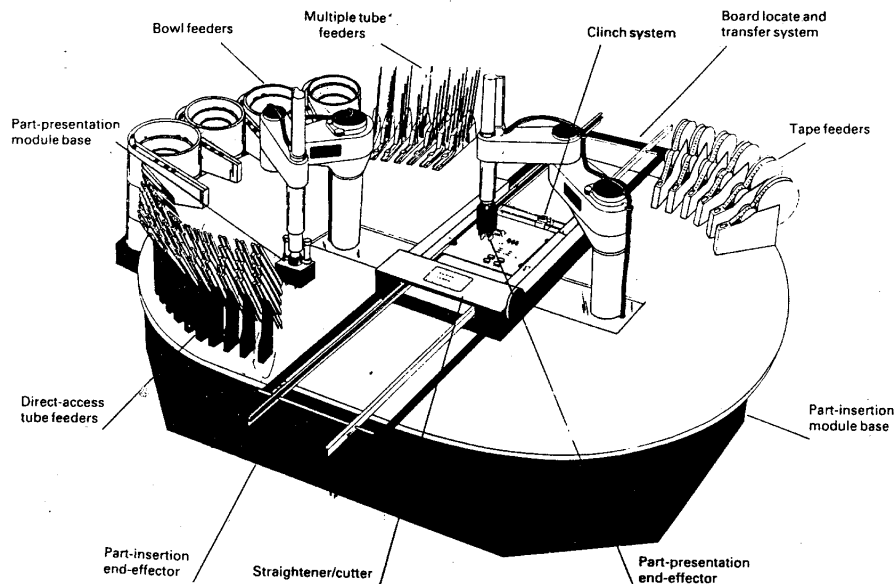


Figura 1-6 Estação de trabalho robotizada para montagem de componentes em placas de circuito impresso (PCB) (Ref. in Assembly Automation, Vol8,nº3, pp 127-129)

1.3.4.2 LINHA DE MONTAGEM

Uma linha de montagem consiste numa série de postos de montagem simples, interligados por um sistema de transporte, sendo realizadas em cada posto diferentes operações de montagem. O princípio em que se baseia esta arquitectura de sistemas de montagem, recai na “especialização o trabalho”. Assim, as operações de montagem que são necessárias realizar para obter um determinado produto, são divididas pelos diferentes postos de trabalho, ficando cada um encarregue de executar sempre a mesma tarefa. Como é óbvio, as operações realizadas em cada posto de trabalho, tanto podem ser levadas a cabo por operadores humanos, como por sistemas automáticos, incluindo robôs.

No caso de linhas de montagem automáticas, uma possibilidade de classificação dos sistemas de montagem passa pelo tipo de sistema de transporte utilizado para ligar os diferentes postos de trabalho. Assim, podemos ter linhas de montagem com:

- ?? sistema de transporte contínuo
- ?? sistema de transporte síncrono ou intermitente
- ?? sistema de transporte assíncrono

No sistema de transporte em contínuo, os produtos são movidos a uma velocidade constante e as operações de montagem são realizadas com os produtos em movimento. Por tal só algumas operações simples é que são possíveis de implementar.

Nos sistemas de transporte síncrono, os sub-produtos ou produtos são transportados em simultâneo, intermitentemente, entre as várias estações de montagem.

Nos sistemas de transporte assíncrono, cada sub-produto ou produto é transportado independentemente, logo que acabe de ser realizada a operação prevista na estação de trabalho onde se encontrava. Estes sistemas oferecem, assim, uma maior flexibilidade que os outros dois sistemas anteriores.

Um outra possibilidade de classificação de linhas de montagem automáticas, passa pela sua configuração física. Assim, podemos ter, linhas de montagem:

- ?? em simples linha (fila) (Figura 1-7)
- ?? em carrossel (Figura 1-8)
- ?? em paralelo (Figura 1 -9)
- ?? em mesa rotativa (“dial-indexing”)

O conceito de montagem em paralelo está intimamente ligado a dois tipos de problemas que podem surgir numa linha de montagem. O primeiro é a situação de o tempo do ciclo de produção numa estação ser demasiado longo relativamente aos tempos das outras estações de trabalho. Assim, utilizando duas estações em paralelo, consegue-se diminuir para metade o tempo do ciclo de trabalho. A segunda razão tem a ver com a fiabilidade de certa estação de trabalho. Assim, se numa dada estação ocorrer alguma falha que a impeça de trabalhar, o resto da linha não será afectado, pois poderá entrar em funcionamento a linha em paralelo existente.

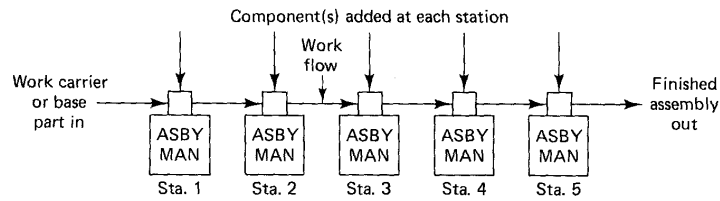


Figura 1-7 Sistema de montagem em linha

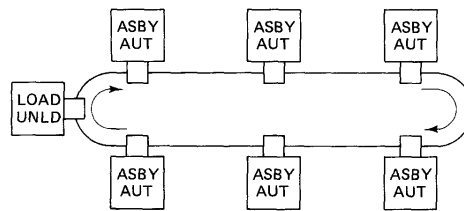


Figura 1-8 Sistema de montagem em carrossel

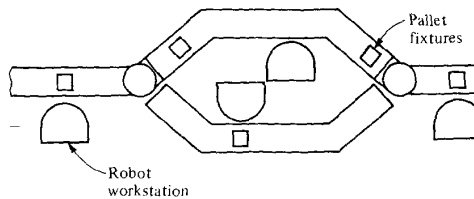


Figura 1-9 Sistema de montagem em paralelo

A experiência de aplicações correntes sugere que linhas de montagem robotizadas são mais apropriadas para médios volumes e eventualmente moderados elevados volumes de produção. Na situação do médio volume de produção, a linha de montagem tira partido da capacidade de reprogramação dos robôs, permitindo assim utilizar a mesma linha para diferentes tipos de produtos, provavelmente num modo de funcionamento por lotes (“batch”). Nas situações de moderados elevados volumes de produção, há que tirar partido da capacidade de um robô poder executar movimentos complexos e da facilidade de reprogramação desses mesmos movimentos para que a solução seja economicamente viável. Isto é o caso da utilização de robôs em soldadura na indústria automóvel.

Na Figura 1-10 é apresentada uma linha de montagem destinada a executar as operações de montagem de um motor eléctrico, o mesmo do exemplo apresentado na Figura 1-5. De notar que foram considerados a utilização de vários robôs, cada um desempenhando tarefas específicas.

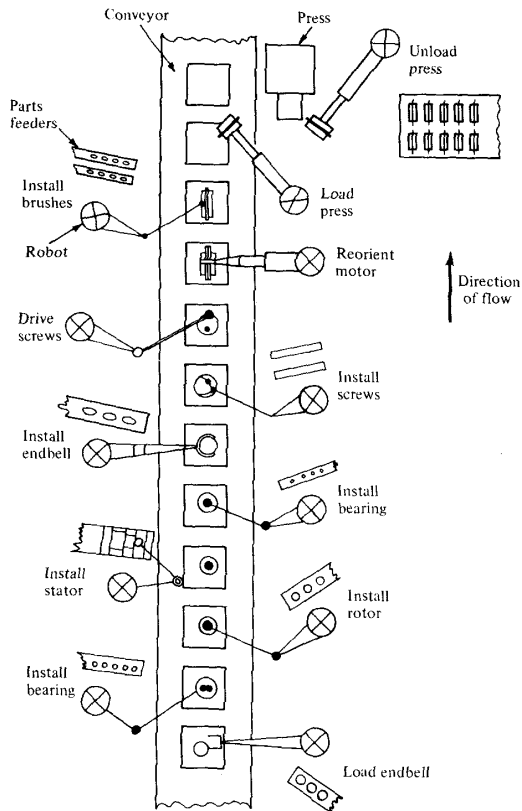


Figura 1-10 Linha robotizada para montagem de motores eléctricos

1.3.5 DESIGN PARA AUTOMAÇÃO

Algumas operações de montagem são mais difíceis de realizar quando estão envolvidos sistemas automáticos de montagem e robôs do que quando estão envolvidos operadores humanos. É por todos reconhecido que o sistema mais flexível continua a ser o operador humano, sendo aquele que melhor se adapta a uma gama muito variada de situações. Por tal, na fase de design dos produtos e seus componentes, dever-se-à ter em conta os processos de montagem que irão estar envolvidos e as suas limitações e vantagens inerentes.

São de seguida apresentadas algumas recomendações e princípios que deverão estar presentes aquando da definição do design de produtos e seus componentes de modo a que facilitem as operações automáticas de montagem que vierem a ser utilizadas:

- ?? Projectar para vida infinita ou para manutenção - utilização de colas ou parafusos
- ?? Reduzir o número de operações de montagem necessárias
- ?? Utilizar sistemas modulares - maximizar o número de sub-produtos

- ?? Reduzir o número de componentes diferentes
- ?? Reduzir o número de sistema de fixação diferentes
- ?? Requerer elevada qualidade dos componentes
- ?? Verificar:
 - controlo dimensional
 - acabamento superficial
 - variação nas propriedades dos materiais
- ?? Projectar e utilizar componentes simétricos. Se não for possível, exagerar assimetrias
- ?? Projectar os componentes a pensar no modo como vão ser manipulados. Se necessário, adicionar certas particularidades aos componentes que facilitem a sua manipulação
- ?? Reduzir o número de direcções de montagem necessárias
- ?? Tentar manter pré-orientação dos componentes, antes e durante as operações de montagem
- ?? Reduzir o número de reorientações necessárias quer para os componentes quer para os subprodutos
- ?? Projectar para automação

Na Figura 1-11 é apresentada a aplicação dos princípios de design para automação aplicados à montagem de um pequeno motor de uma máquina de lavar.

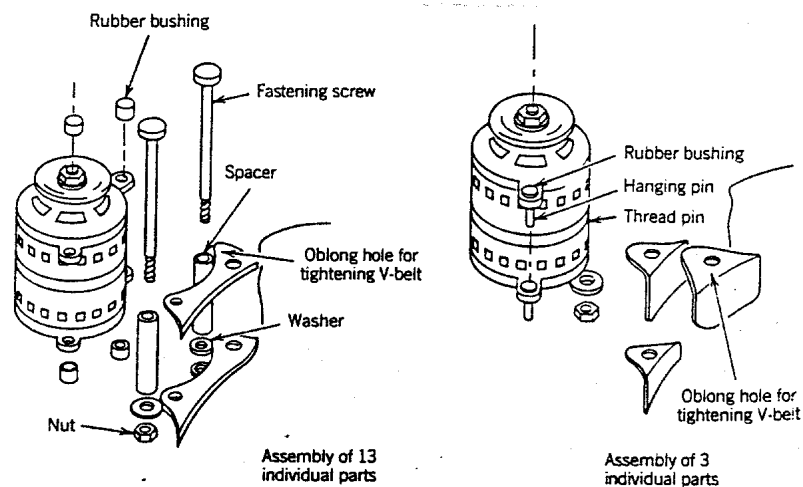


Figura 1-11 Design para automação aplicado à montagem de um pequeno motor de uma máquina de lavar.

1.4 OPERAÇÕES DE INSPECÇÃO E TESTE

Uma das áreas que tem vindo a ser alargada à utilização de robôs diz respeito a operações de inspecção e teste. Tratam-se de operações de controlo de qualidade que envolvem a verificação de componentes, subprodutos ou produtos analisando a sua conformidade com determinados critérios previamente fixados. Nas operações de teste estão normalmente envolvidos os aspectos funcionais do produto - testes de funcionamento, testes de fadiga, enquanto que a inspecção se limita a verificar a conformidade dos produtos em relação a determinados parâmetros não funcionais - análise dimensional, análise de superfícies.

A aplicação de robôs industriais em operações de inspecção e teste envolve geralmente a utilização de outros equipamentos. Exemplos de aplicações incluem a utilização de sistemas de visão, a manipulação pelo robô de equipamentos de medição e a manipulação de componentes ou produtos que o robô se encarrega de fornecer a máquinas onde serão realizadas as operações de inspecção e teste.

Sistemas de visão para inspecção. Na utilização de robôs em operações de inspecção com sistemas de visão, o robô, ou manipula a câmara relativamente aos componentes ou produtos a inspeccionar, ou então manipula os componentes de modo a os fornecer ao sistema de visão numa dada posição e com uma orientação correcta. Exemplos de aplicações que utilizam sistemas de visão incluem a análise dimensional, a verificação de acabamentos superficiais e a comprovação de operações de montagem. Um bom exemplo de uma potencial aplicação de um sistema robotizado integrado com um sistema de visão é a inspecção de uma placa de circuito impresso (“PCB”), com todos os seus componentes já montados. O robô seria utilizado para fornecer na posição correcta o “PCB” ao sistema de visão. Caso fosse necessário o robô poderia ainda reposicionar a placa de circuito impresso - por exemplo, na situação de se necessitar de inspeccionar os dois lados da placa. O sistema de visão encarregar-se-ia de verificar os seguintes aspectos:

- ?? dimensões da placa de circuito impresso
- ?? presença de todos os componentes que foram previamente montados na placa;
- ?? possibilidade de verificação por contagem
- ?? identificação dos componentes e verificação da sua correcta montagem, nomeadamente a sua orientação e posição na placa

Manipulação pelo robô de equipamento de inspecção ou teste. Neste tipo de aplicação o robô manipula determinado equipamento de teste relativamente aos componentes ou produtos a inspeccionar ou testar. Exemplos deste tipo de aplicações envolvem a manipulação, pelo robô, de sistemas electrónicos de medição ou outro tipo de sensores. Um exemplo é na utilização de robôs para verificação dimensional de carroçarias de automóveis. Em vez de se construir uma estrutura fixa e rígida, onde a carroçaria seria colocada, efectuando-se as medições relativamente a essa estrutura, utilizam-se robôs industriais que

transportam pontas de medida electromecânicas, fazendo-se as medições relativamente ao sistema de coordenadas do robô. Um outro exemplo, ainda dentro da indústria automóvel, é na verificação da estanqueidade do pára-brisas. Após colocação do pára-brisas, há que verificar se ficou bem colocado e se não entrará água pelas juntas. O processo habitual era aplicar água na junta pelo lado exterior e verificar se esta tinha passado para o lado interior. A solução robotizada consiste em pressurizar o interior do carro com ar comprimido e equipar o robô com um sensor adequado. O robô é programado para seguir a junta do vidro pelo lado exterior do carro e, qualquer ar que esteja a escapar é detectado pelo sensor que o robô transporta.

Alimentação de Equipamento de teste. Uma outra aplicação de robôs em operações de teste e inspeção passa pela sua utilização em funções de fornecimento de componentes ou produtos a equipamentos de teste. As considerações feitas anteriormente para a utilização de robôs em alimentação de máquinas ferramentas aplicam-se, como é óbvio, nesta nova operação.

Há vários tipos de equipamento e teste que podem ser alimentados por robôs. Estes equipamentos incluem sistemas de medição mecânicos ou eléctricos, e ainda equipamento para testes funcionais muito utilizados na indústria electrónica.

Normalmente estes equipamentos de teste estão incorporados nos processos de fabrico, sendo os resultados obtidos utilizados para decidir da rejeição ou não dos componentes ou produtos até aí produzidos ou montados. Num sistema mais elaborado, este “feedback” de informação poderá servir para a alteração de determinados parâmetros de fabrico, nomeadamente introduzindo compensações para o desgaste de uma ferramenta, ou obrigar à sua substituição automática.

BIBLIOGRAFIA

Barry Leatham-Jones,
Elements of Industrial Robotics”
Ed. Pitman, 1987
ISBN 0-273-02592-9

M. P. Groover , M. Weiss, R. N. Nagel, N. G. Odrey
Industrial Robotics, Technology, Programming, and Applications”
McGraw-Hill International Editions, 1986
ISBN 0-07-100442-4

Fu, K. S., Gonzalez, R. C., Lee, C. S. G.
Robotics: Control, Sensing, Vision and Intelligence
McGraw-Hill, 1987

M. P. GrooverAutomation, Production Systems, and Computer Integrated Manufacturing
Prentice-Hall International Editions, 1988
ISBN 0-13-054610-0