



"Instalação automatizada de tratamento
de objectos de grandes dimensões"

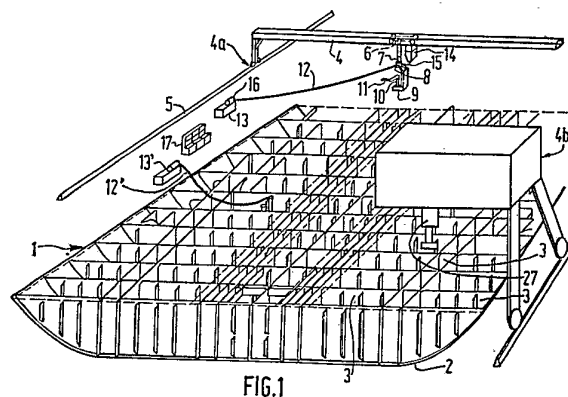
para que

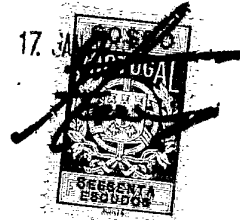
INSTITUT DE RECHERCHES DE LA CONSTRU_C
TION NAVALE, pretende obter privilég-
gio de invenção em Portugal.

R E S U M O

A invenção refere-se a uma instalação automatizada de tratamento de objectos de grandes dimensões que compreende em particular uma oficina que utiliza um ou vários conjuntos formados por um braço de robot e o seu portador e por um dispositivo de transferência. Um dos objectivos da invenção é obter uma qualidade e uma velocidade de trabalho comparáveis às de um sistema concebido para deslocações de utensílio de pequena amplitude, com uma grande velocidade de deslocação. Para isso, o portador (9) está provido de meios que permitem engatá-lo à vontade quer na peça a tratar quer numa trave móvel ou análoga rolante da oficina. A ponte está vantajosamente equipada com um apreensor (8) de estabilizador giroscópico para a orientação do portador. A instalação compreende também um centro de programação e um posto de supervisão.

Aplicação na construção naval.





-2-

DESCRIÇÃO DO INVENTO

A presente invenção refere-se a uma instalação automatizada de tratamento de objectos de grandes dimensões. Nos últimos anos, numerosos tipos de oficinas automatizadas têm sido concretizados ou propostos para diversos tratamentos de objectos variados, mas a construção naval tem ficado um pouco fora do movimento. A razão disso é que ela põe problemas particulares raramente encontrados, ou nunca reunidos noutros sectores da indústria.

O primeiro desses problemas resulta do tamanho dos produtos fabricados. As dimensões de um casco ou de um troço de casco são tais que é impensável levá-lo perto de robots de tratamento sucessivos, sendo antes os robots que é preciso deslocar para os ter em posição de trabalho. Um outro problema resulta da natureza geralmente não perfeitamente repetitiva das tarefas. Considerando um troço de casco de navio, ele é constituído por um número determinado de células limitadas por tabiques longitudinais ou transversais, sendo cada célula semelhante às células vizinhas mas geralmente diferente. Numa escala maior, é raro dois ou vários navios serem rigorosamente idênticos. Por isso, um modo de organização que automatizasse apenas as tarefas exactamente repetitivas arriscar-se-ia a deixar de lado uma parte do trabalho cuja importância seria redibitória.

O objectivo da invenção é criar uma instalação automatizada que seja capaz de tratar, sem os deslocar, objectos cuja forma ou o tratamento a dar-lhe os tornam em geral não rigorosamente idênticos, mas deixam algumas semelhanças entre eles.

Um outro objectivo da invenção é criar uma tal instalação que compreenda uma oficina onde os utensílios possam ser deslocados ao longo de grandes distâncias, em funcionamento ou parados, com uma precisão e uma velocidade de trabalho comparáveis às que são obtidas numa instalação em que os utensílios são deslocados apenas por pequenas distâncias.

Um terceiro objectivo da invenção é fazer funcionar em simultâneo e de maneira automática vários elementos-ferramentas.



-3-

Para alcançar estes objectivos, a invenção proporciona uma instalação para a construção ou o tratamento automático de objectos análogos mas geralmente não idênticos, podendo estes objectos formar grupos montados, caracterizando-se por compreender:

- um centro de programação que pode receber e guardar em memória as informações necessárias sobre os objectos a construir e/ou os tratamentos a dar-lhes, receber e guardar em memória características técnicas dos elementos-ferramentas à disposição, formar a partir destes dois serviços de informações um programa de operações relativo a um dos objectos, controlar esse programa por visualização e rectificá-lo se necessário, passar seguidamente ao programa relativo a um outro objecto ou a um programa de montagem de objectos, e guardar em memória os ditos programas, sendo o centro de programação também capaz de estabelecer um programa de deslocação de utensílios de uma peça para outra, de controlar esse programa e de o guardar em memória;
- um posto de supervisão que pode receber os diferentes programas memorizados estabelecidos pelo centro de programação, detectar a presença dos elementos-ferramentas e transportadores necessários à sua execução, comunicar as instruções contidas nos ditos programas aos ditos meios-ferramentas e de transporte e controlar os ditos meios;
- uma oficina equipada com elementos-ferramentas que podem ser robots, com meios de transporte capazes de deslocar os ditos meios-ferramentas e com captadores de localização e do avanço que permitem conhecer o ambiente dos meios-ferramentas.

Como se pode perceber pelo que se disse acima, a instalação é particularmente vantajosa se fizer parte de um estaleiro de construção naval, em que os objectos são células e os grupos de objectos são blocos que constituem cada um uma parte de um navio em construção.

De preferência o centro de programação compreende:

- uma base de dados "geométricos" que recebe através de uma interface os dados relativos aos objectos a fabricar ou a tratar;



-4-

- uma base de dados sobre "utensílios" que contém a descrição das possibilidades dos utensílios;
- uma base de dados sobre "parâmetros de trabalho" que contém os padrões de trabalho;
- um posto de preparação do trabalho que pode extrair os dados de que necessita dos três bancos de dados referidos, para preparar uma sequência de trabalho correspondente a um objecto, equipado com meios para a execução de uma simulação visual para o controle de uma tal sequência de trabalho, e que pode também preparar uma sequência de trabalho para um grupo de objectos;
- uma base de dados sobre "sequência de trabalho" capaz de receber uma sequência de trabalho vinda do posto de preparação do trabalho e de lhe restituir a pedido;
- uma base de dados de gestão estatística igualmente capaz de troca nos dois sentidos com o posto de preparação do trabalho;
- um banco de dados de sequência de trabalho de um grupo, capaz de receber uma tal sequência de trabalho preparado pelo posto de trabalho e de transmiti-la ao posto de supervisão.

Também de preferência o posto de supervisão possui um microprocessador escravo ligado a um microprocessador mestre que faz parte do centro de programação.

Segundo uma particularidade vantajosa, a oficina é servida por uma trave portadora móvel, tal como um pórtico, uma ponte rolante ou congénere, e está equipada com pelo menos um robot formado por um braço articulado com vários eixos de rotação e/ou ligações corrediças providas de meios motores, podendo uma das extremidades do dito braço ser ligada a um utensílio de tratamento ou de inspecção de uma peça e estando a outra extremidade ligada a um portador de robot provido de meios de engate dissolúvel capazes de assegurar uma ligação mecânica directa com o objecto a tratar ou a inspeccionar e de meios para assegurar uma ligação mecânica do dito portador com a dita trave portadora, a fim de permitir deslocar o dito portador com o braço de



um ponto a outro da oficina, tendo esta ainda meios de comando e de alimentação dos ditos meios motores e do dito utensílio, e meios de ligação entre os ditos meios de comando e de alimentação e os ditos meios motores.

Os meios para assegurar a ligação do portador com a dita trave são meios de engate dissolúvel distintos dos meios que asseguram uma ligação mecânica directa com o objecto a tratar.

Por "trave portadora, ponte rolante, pórtico ou congénere" designa-se um móvel que permita pegar num objecto na oficina, transferi-lo a velocidade elevada para um outro ponto da oficina e deixá-lo nesse outro ponto. Entre os móveis de acordo com esta definição, as pontes rolantes são os mais vulgares, mas encontra-se também os pórticos, as traves, as gruas e diversos guindastes de transporte. Uma variante é fazer um pórtico que compreenda um cabide porta-utensílios, bem como uma passagem de comando e de preparação dos pares robots/portadores. Neste caso, a talha da ponte rolante será substituída vantajosamente por perfilados metálicos rígidos poliarticulados e/ou corrediços. Assim, no presente texto, para simplificar designa-se qualquer destes guindastes por "trave portadora".

O dispositivo da invenção oferece as mesmas vantagens de velocidade e de precisão durante o tempo de funcionamento do utensílio que um conjunto robótico com as mesmas características do conjunto constituído pelo braço do robot e o seu portador, possuindo ainda as propriedades de amplitude e de velocidade das deslocações que a trave portadora concede durante os períodos de transporte.

A ligação mecânica directa do portador, por exemplo à trave portadora, pode ser feita utilizando simplesmente o gancho habitualmente suspenso no carro móvel da trave portadora se esta o tiver, mas esta solução acarreta a dificuldade seguinte: é efectivamente possível assegurar a posição do gancho no sentido do comprimento e da largura da oficina, bem como no sentido da altura, com uma boa precisão da ordem dos 0,1 m a partir da cabina de comando, mas a orientação do gancho escapa na maioria dos casos ao controle da cabine de comando. O gancho está ligado à trave da ponte por um cabo de um ou dois



-6-

fios, quase sempre com interposição de uma articulação de eixo vertical, de tal modo que uma intervenção humana é necessária se se quiser orientar a carga transportada pelo gancho de maneira precisa, o que é o caso. Mesmo que se suprima esta articulação vertical, o gancho está sujeito a movimentos de oscilação em redor de um eixo vertical devidos ao fraco binário de re torno do cabo. Estes movimentos são dificilmente controláveis a partir da cabina de comando da trave portadora, de tal modo que é difícil depor o transportador numa orientação prevista an tecipadamente.

Segundo uma modalidade interessante da presente invenção, prevê-se que, se os meios designados por "apreensores" pre vistos na trave portadora para cooperar com os meios de engate correspondentes previstos no suporte estiverem ligados ao resto da trave portadora por cabos cruzados ou por um cabo vertical que suporte a carga, o aprensor está provido neste caso de um estabilizador com um volante giroscópico de eixo horizontal e de meios para fazer o dito aprensor rodar num eixo vertical relativamente ao dito estabilizador, a fim de pôr o aprensor na orientação pretendida. Quanto ao engate do portador, o apre ensor pode ser "passivo" e constituído por exemplo por um gancho, e nesse caso os meios de engate levados pelo portador são "activos", sendo formados por exemplo por pinças cujas mandíbula las se afastam para desprender. Prefere-se no entanto que a cabina de comando da trave portadora possa actuar ao mesmo tem po sobre os meios de rodar o aprensor e sobre o próprio apre ensor, sendo este do tipo "activo" no sentido indicado acima.

Um outro ponto importante para o bom andamento da ofici na são os meios de ligação que unem os meios de alimentação e de comando ao braço de robot. Crê-se que esses meios de liga ção podem perturbar os movimentos da trave portadora se estive rem ligados aos meios de alimentação e de comando e ao braço de robot permanentemente. Por outro lado, uma manipulação dos meios de ligação para os desligar e tornar a ligar em cada des locação feita pela trave transportadora representa um trabalho penoso e eventualmente perigoso. Por esta razão o aprensor é constituído por dois elementos que se podem desprender, um dos



-7-

quais compreende um ou mais enrolamentos destinados a receber os meios de alimentação e/ou de comando do braço do robot, sendo os próprios meios de ligação passíveis de desprendimento em pelo menos um ponto.

Uma outra dificuldade aparece ao nível da natureza dos próprios meios de ligação, especialmente quando o utensílio é um maçarico de soldadura eléctrica que actua sob intensidade de várias centenas de ampéres, como acontece frequentemente hoje em dia na soldadura automática. Os parasitas causados por essas correntes submetidas a variações bruscas podem perturbar seriamente os sinais de comando ou de informação. Estes fenómenos são sempre receados pelos construtores de robots. Na presente invenção, prevê-se que um par robot/portador esteja a trabalhar enquanto um outro par nas proximidades está a ser posto em operação, em particular inicialização e reconhecimentos de juntas, que são tarefas que implicam um fluxo de informações importante. Num ambiente industrial será praticamente impossível garantir que a irradiação incitadora de arco de um não se transmita ao outro. Nesse caso prefere-se prever que os meios de ligação compreendam, além do cabo ou cabos de transmissão de corrente de soldar, um conjunto de fibras ópticas que constituam um bus, havendo codificadores-descodificadores nas extremidades dos meios de ligação para transformar os sinais ópticos em sinais electrónicos e vice-versa.

Esta modalidade permite chegar a uma nova simplificação da estrutura da oficina. Segundo esta modalidade, prevê-se com efeito que o conjunto dos meios informáticos de comando e de memória do programa seja reagrupado num único processador situado ao nível dos meios de alimentação e/ou de comando, tendo o par formado pelo robot e pelo seu portador essencialmente apenas os ditos codificadores-descodificadores e os meios eléctricos ou mecânicos necessários e os seus comandos directos ligados aos ditos codificadores-descodificadores. Dispõe-se assim de um computador de comando central que pode ser posto numa zona de fácil acesso e onde a manutenção seja cómoda, de preferência no posto de supervisão ou na vizinhança imediata deste. O portador e o braço de robot são simplificados e aliados, pois têm



apenas um mínimo de electrónica, o que facilita as deslocações e a manutenção, estando os riscos de uma intervenção humana no interior da oficina reduzidos ao mínimo. Por outro lado, os circuitos fechados de sujeição serão tratados ao nível do único processador, o que permite a dois robots trabalhar juntos numa mesma tarefa sem necessidade de retransferir as informações de sincronização das trajectórias.

Seguidamente descreve-se mais pormenorizadamente a invenção com o auxílio de um exemplo prático não limitativo do âmbito da invenção, relativo a um estaleiro naval equipado com robots para a soldadura de elementos de blocos pré-fabricados de um navio. Este exemplo é ilustrado pelos desenhos, em que

- a Fig. 1 é uma vista esquemática de conjunto em perspectiva da oficina,
- a Fig. 2 é uma vista em perspectiva de um par robot/portador,
- a Fig. 3 é uma vista em perspectiva de um outro par robot/portador,
- as Figs. 4 a 8 são esquemas da aplicação da invenção,
- a Fig. 9 é um esquema de pormenor de um apreensor e dos órgãos que cooperam com este,
- a Fig. 10 é um esquema do mesmo apreensor com outros órgãos que cooperam com ele,
- a Fig. 11 é um diagrama do funcionamento dos diversos órgãos da oficina e do posto de supervisão, e
- a Fig. 12 é um esquema do funcionamento do centro de programação.

Para maior clareza descrever-se-à a instalação em ordem inversa da adoptada acima, quer dizer, começando pela oficina e acabando no centro de programação.

A Fig. 1 mostra esquematicamente uma oficina robotizada com um navio em construção. Apenas um fragmento 1 do navio está representado, com um bloco pré-fabricado de casco 2. Um número determinado de tabiques esticadores longitudinais e transversais dividem o espaço num número determinado de compartimen-



-9-

tos 3 de formas e dimensões variáveis. Uma trave portadora 4 de ponte rolante 4a ou de pórtico 4b circula sobre dois carris paralelos 5. Na fig. 1 apenas uma parte destes elementos foi representada. A trave 4 tem um carro 6 provido de um cadernal 7 equipado com um gancho 32 que suporta um apreensor 8 onde se engata o portador 9. Um robot 10 de forma semelhante a um braço articulado está fixado no portador e tem um utensílio 11, aqui um maçarico de soldar. O braço de robot 10 está ligado por um cabo umbilical 12 a um gerador de corrente de soldar 13. O cabo umbilical 12 compreende um condutor para a corrente de soldar, uma fibra óptica que constitui o bus 109 de transmissão de informação, dois condutores eléctricos para a alimentação de energia dos motores 103. O bus óptico 109 dos geradores 13 de soldar está ligado ao supervisor (que compreende o processador frontal 115) instalado numa sala de comando. Da cabina de comando 14 são comandados os movimentos da trave 4, do carro 6 e do cadernal 7. Desta cabina 14 comanda-se ainda o apreensor 8 por intermédio de meios de transmissão simbolizados por 15.

De facto, quando o portador 9 é levantado pelo apreensor 8 como representado na Fig. 1, o cabo 12 é desligado e enrolado no enrolador 16 representado nas Figs. 4 a 8.

Em 17 representou-se um posto de troca de utensílios ou de portadores.

A Fig. 2 mostra um par robot portador formado por um braço de robot 10 de tipo fixo e pelo seu portador 9. O portador 9 é constituído por um prato 18 provido de electroímãs 18a na sua parte inferior para a sua fixação no fundo de um compartimento 3, e nesse prato 18 há uma grua vertical fixa 19 munida na sua extremidade superior de uma peça de engate 20 em forma de T que pode cooperar com um órgão agarrador (tal como uma pinça), que faz parte do apreensor 8. O prato 18 contém igualmente uma bobina de fio de solda 28 em cassette. A bainha que contém o fio de solda passa através da grua 19 para chegar ao maçarico de soldar 11, mas pode também passar por dentro do braço 10 em certas formas de concretização. O prato 18 tem ainda um assento circular 21 à qual está fixado de modo amovível o braço robótico 10 que pode rodar sobre o dito assento



-10-

21 num eixo vertical e comporta de modo convencional articulações e um dispositivo de engate desmontável do utensílio 11. Vantajosamente, a grua 19 está montada de modo a poder rodar num eixo vertical (Fig. 2). Para evitar que esta grua perturbe os movimentos do braço, pode-se dar-lhe a forma de um arco 29 (Fig. 3), colocado de ambos os lados do braço 10, o que é uma solução mais leve que a da grua única, e neste caso o arco 29 roda sobre o assento 21.

Para proteger o braço 10 estão previstos meios que, segundo a Fig. 2, são ferros 22 montados rotativamente na grua 19 que podem passar de uma posição avançada, em que protegem o braço 10 dos choques durante a deslocação, para uma posição recuada, em que não perturbam os movimentos do mesmo braço 10. Numa variante, os ferros 22 são substituídos por um sino-grelha 25 solidário com o apreensor 8 e protector do par robot/portador 9, 10 durante o transporte.

Um conector 23 virado para a peça de engate 20 permite a junção com o cabo 12, provido de uma peça de conector complementar. Um outro conector está previsto no assento 21 que serve para montar com rotação o braço 10 no prato 18.

As Figs. 4 a 8 mostram as diferentes fases de uma operação de transferência do conjunto braço e portador 10 de um posto de trabalho para outro.

Na Fig. 4 o apreensor 8 tem o enrolador 16 onde o cabo 12 é enrolado, desligado do gerador de soldar 13 mas ligado ao portador 9. O apreensor 8 encontra-se sobre o portador 9 e vai começar uma descida até este.

Na Fig. 5 o apreensor 8 foi descido até ao portador 9 e o engate destes dois elementos foi feito. Seguidamente, o apreensor 8 foi levantado com o conjunto braço/portador 10, 9, que se encontra acima do solo, em deslocação para o novo posto de trabalho.

Na Fig. 7 o apreensor 8 separado do portador 9 foi levantado e depois levado ao posto de comando, arrastando atrás de si o cabo 12 que se desenrolou do enrolador, rodando este livremente. Um conector 24 levado pelo enrolador 16 e ligado



-11-

à extremidade do cabo 12 oposta ao portador foi ligado ao gerador de soldar 13, de tal modo que o braço robótico 10 pode começar a trabalhar.

Na Fig. 8 o apreensor foi desligado do enrolador. Desse modo, o apreensor 8 e toda a ponte estão livres para outras operações.

Quando o conjunto braço/portador 10, 9 acabar as operações no seu posto de trabalho, o apreensor 8 virá engatar o enrolador, que terá sido desligado do gerador de soldar 13 ou sê-lo-à a seguir, e depois o apreensor 8 será transferido para uma posição tal como a representada na Fig. 4. Notar-se-à que o enrolador pode ser do tipo de rotação livre e mola de enrolamento. O cabo 12 fica portanto sob tensão enquanto o enrolador se aproxima da posição descrita na Fig. 4.

O gerador de corrente de soldar 13 está equipado para receber o enrolador assegurando a conexão do cabo umbilical 12 graças a um assento cónico truncado alargado para cima, e provido de meios para a ligação automática dos diferentes elementos do cabo umbilical 12: bus óptico, cabo de energia eléctrica, gás protector, água de arrefecimento, etc.. As informações levadas pelo bus óptico são transmitidas a um "supervisor" colocado num posto de comando e cuja estrutura será descrita mais adiante.

Numa versão simples, o portador é fixo e os únicos accionadores de que dispõe são electroímãs 18a ou outros meios de engate sobre uma superfície-suporte do posto de trabalho para a sua imobilização no local de trabalho. Os movimentos do utensílio no posto de trabalho são assegurados pelo único braço de robot que tem os graus de liberdade necessários.

O portador 9 pode também ser móvel estando equipado com pés que possam deslocar-se passo a passo e estejam munidos de meios de engate numa superfície-suporte. Para uma boa qualidade do trabalho deve-se prever quer a paragem do utensílio durante a deslocação do portador 9, o que nem sempre é fácil, particularmente em soldadura, quer o andamento em pequenos passos e a compensação dos movimentos descontínuos do portador por movi-



-12-

mentos apropriados do braço de robot, particularmente do punho 10a, o que é complicado ao nível dos meios de comando mas assegura a precisão do resultado.

Numa variante com interesse o portador está em duas partes, de que uma é fixa e constitui um carril ou um caminho de deslocação para a outra parte que pode então deslocar-se de modo contínuo durante o trabalho. A parte fixa pode ser uma trave rígida fixada quer no fundo de um compartimento 3 quer no cimo de dois tabiques esticadores que limitam um compartimento. A parte fixa pode igualmente ser uma trave flexível do tipo "BUG-0" comercializada pela empresa HOBARD que toma a forma da superfície-suporte e tenha saliências como uma cremalheira. A fixação destas traves pode compreender ventosas magnéticas ou de depressão, ou então pinças de folha que agarrem saliências ou tabiques esticadores eventualmente com, no caso de trave rígida, esteios telescópicos para um posicionamento a uma altura conveniente. Estes meios de fixação podem ser deslocáveis, permitindo por exemplo a deslocação de uma trave rígida perpendicularmente a si mesma no cimo de tabiques entre compartimentos.

A segunda parte de um tal portador é um carro que se desloca ao longo da trave e suporta o braço de robot. Pode-se prever traves providas de acrescentamentos se for necessário. A escolha de um ou outro portador compete a um gabinete dos métodos e a troca dos portadores é feita no posto de troca de utensílios e portadores 17, que possui um aprovisionamento de uma certa quantidade de transportadores de diversos tipos, intermutáveis para um mesmo braço de robot.

O mesmo posto de troca 17 constitui igualmente um armazém para os utensílios de diversos tipos. Entre estes pode-se prever em particular: um maçarico de soldar "MIG/MAG", um maçarico "TIG", dispositivos de cortar chapa, de preparar chanfraduras, de desbarbar, de amolar, de goivar, de controle óptico, de controle por ultra-sons, por gamagrafia, etc.. Como se indicou atrás, um aparelho de inspecção óptica pode beneficiar de uma electrónica simplificada VI (Fig. 11).

A Fig. 9 é um esquema explodido de pormenor de um mode-



-13-

lo do aprensor 8 e dos órgãos que cooperam com este. O aprensor 8 compreende um cárter superior 30 provido de um eixo-super te 31 destinado a cooperar com o gancho 32 da ponte rolante, su portado pelo cadernal 7 suspenso do cabo transportador 33. O cárter 30 comporta abas 34 que estão fixadas por parafusos (não representados) nos bordos de uma placa estabilizadora 35 solidá ria com o cadernal 7. O cárter 30 segura por meio de um veio vertical 36a um prato giratório 36. No interior do cárter es tão colocados um estabilizador giroscópico composto por um ro tor de eixo horizontal 37 accionado em rotação a grande veloci dade por um motor 38, e um moto-redutor 39 que acciona em rota ção o prato 36. Aqui previu-se um estabilizador giroscópico, mas evidentemente não é o único estabilizador possível.

Na face inferior do prato giratório 36 estão fixados dois dispositivos de engate de ferrolho electromagnético 40, 41. O primeiro está construído para cooperar com a peça de engate 20 do transportador 9 (Fig. 2). O segundo, de construção análo ga, está concebido para cooperar com uma peça de engate análoga 42 solidária com o enrolador 16. O cabo de ligação 12 sai late ralmente do enrolador para ir até ao conector 23 da grua 19 do portador 9. O enrolador 16 comporta na sua base uma tomada 24 de prisão automática: quando o enrolador 16 é deposto sobre um suporte apropriado do gerador de soldar 13, o cabo 12 é li gado automaticamente. Recordemos que este cabo compreende o bus óptico 109 que é ligado ao processador central 115 pelo co nector 119 logo que a tomada 24 está presa. O cabo 12 compreen de ainda os condutores de alimentação energética dos diversos accionadores do portador e do braço de robot, do condutor de corrente de soldar, das condutas de gás de protecção de soldar, de fluido de arrefecimento, etc..

O aprensor 8 é alimentado com energia e sinais de co mando por um cabo 15 ligado à cabina 14 da ponte rolante 4.

Uma tomada desligável 43 na placa estabilizadora 35 per mite interromper a ligação se se desejar utilizar o gancho 32, tendo-se retirado o aprensor 8.



-14-

A Fig. 10 refere-se a uma variante do apreensor e do seu modo de fixação. Este apreensor 26 está ligado ao carro 6 da trave transportadora 4, não por um cadernal 7 suspenso num cabo portador 33, mas por uma haste telescópica 27, de preferência de secção quadrada, que torna inútil a presença de um estabilizador telescópico. Uma tal haste 27 está representada na Fig. 1 em ligação com o pórtico 4b.

Observa-se nesta Fig. 1 que o pórtico 4b tem uma largura bastante importante. Isso deriva de o posto de troca de utensílios e portadores 17 ter sido colocado neste pórtico em vez de no bordo da oficina. Esta variante, um pouco mais aperfeiçoada, permite ganhos de tempo apreciáveis no caso de as trocas de utensílio ou de portador serem frequentes.

A Fig. 11 é um esquema de blocos opto-electrónicos de uma forma de concretização particular preferida da instalação. Nesta figura, a parte superior representa elementos móveis e a parte inferior elementos fixos, sendo a ligação entre as duas séries de elementos assegurada por intermédio do cabo de ligação 12.

Os elementos móveis compreendem um elemento portador P1, um elemento braço robot R1 e facultativamente um elemento de visão V1. A oficina está equipada com vários conjuntos portador/robot, havendo portanto vários elementos análogos tais como P1, R1, V1, etc.. Esses elementos são intermutáveis.

Os elementos fixos compreendem o posto de supervisão ou "supervisor" de comando UC, e no caso de o utensílio ser um utensílio de soldar, uma unidade de soldar US.

A estrutura dos elementos portador P1 e braço robot R1 é sensivelmente a mesma: para cada movimento possível - rotação, deslize eventualmente em dois sentidos, accionamento de electroímãs, etc. - um accionador 101 comandado por um cartão de potência 102 ligado a uma alimentação 103 e um captador 104 estão ligados a uma interface E/S 105 sem constituir um circuito fechado de sujeição, sendo este último levado ao nível de supervisor. Esta disposição evita as interferências de parasitas nesta posição sensível. Todas as interfaces do ele-



-15-

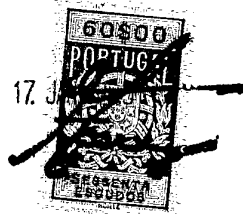
mento portador P1 ou do elemento robot R1 estão ligadas a um descodificador-multiplexor-desmultiplexor comum 106, 107 que transforma os sinais eléctricos em sinais ópticos e vice-versa. Os sinais ópticos passam através de um conector óptico 108 para um bus óptico 109. O cabo de ligação 12 compreende o bus óptico 109 na sua parte central. Compreende igualmente os cabos de alimentação eléctrica de energia dos accionadores. Compreende ainda, no caso de soldadura, o cabo de alimentação em corrente de soldar, eventualmente condutas de gás de soldar, de fluído de arrefecimento, etc..

O elemento de visão V1, quando previsto, pode compreender em lugar de uma câmara video uma óptica 110 cujas informações transmitidas são enviadas ao bus óptico 109 depois de passarem num codificador óptico 111, sem serem transformadas em sinais eléctricos. O elemento V1 compreende ainda um laser 112 ligado a uma alimentação 103 por uma interface 113 também ligada ao codificador óptico 111.

O elemento essencial do posto de supervisão UC é um processador frontal 115 de grande potência, provido de uma memória em massa 116. O processador 115 está ligado por intermédio de um conjunto de microprocessadores múltiplos 115a que assegura os circuitos fechados de sujeição a um multiplexor-desmultiplexor-descodificador 117 que transforma os sinais saídos do conjunto 115a em sinais ópticos e vice-versa, e que está ligado a uma parte 118 do bus óptico, a qual está ligada ao resto do bus óptico 109 através de um conector óptico 119 que faz parte do conector 24. O processador frontal 115 está ainda ligado a um processador rápido 120 que trata os sinais provenientes da óptica que passam através de um desmultiplexor óptico 121 e de um dispositivo de tratamento dos sinais ópticos 122.

Um dos pontos importantes da invenção refere-se ao centro de programação. A massa de informações a fornecer aos pares robots/portadores provém de duas fontes diferentes:

- exteriores (CFAO, operador),
- apanhados locais (adquiridos pelo próprio robot no local de trabalho em tempo real).



-16-

O sistema robotizado está ligado a uma base de dados CFAO 200 existente que pode ser o sistema conhecido pelo nome "SICEN" (Sistema Informático para a Concepção e o Estudo do Navio), que não será descrito.

O centro de programação 212 permite a modelização de qualquer tipo de robot, a simulação gráfica das suas tarefas, a programação automatizada fora de linha destas, por representação gráfica e sem intervenção na oficina, e finalmente o ordenamento de todos os alvéolos do bloco.

Para isso, o preparador, instalado num posto de programação 212 ligado às diversas bases de dados, dispõe de utensílios simples para dialogar e conceber as tarefas a mandar realizar pelo robot (linguagem evoluida, caneta luminosa, listagem, etc.) não representados. Dispõe também de meios de visualização 208.

O centro de programação, a partir da base de dados CFAO, fornece o conjunto das informações necessárias ao funcionamento automático dos robots na oficina.

As informações saídas da base de dados CFAO são consideradas como teóricas: por conseguinte, o trabalho do centro de programação é apenas uma concepção teórica das tarefas. O posto de supervisão tem por incumbência adaptar o conjunto destas informações ao seu ambiente real na oficina.

A preparação das informações definidoras das tarefas que o par robot/portador realiza nunca dá lugar a um retorno de informações do posto de supervisão para a CFAO.

As instruções de funcionamento indispensáveis do centro de programação são repertoriadas em:

- instruções de trajectória (utensílio), geometria, velocidade, deslocação de uma zona de trabalho para outra,
- instruções de trabalho a executar,
- instruções de posicionamento (portador), ponto de indexação,
- instruções de intervenção de operador, diálogo operador-UFRT,
- etc..



-17-

Os meios de verificação por visualização e por simulação ao nível da célula são:

- verificação das instruções e trajectórias,
- verificação das instruções de trabalho,
- verificação das instruções de posicionamento,
- verificação da adequação dos meios postos em acção para realizar a tarefa,
- verificação da coerência do conjunto das informações,
- etc..

As instruções podem ser modificadas.

As informações teóricas definidoras das sequências de trabalho a realizar pelos robots são memorizadas por bloco numa base de dados a partir da qual a operação é realizada. Todas as informações são transferidas para um suporte material (disco, fita, cassette) e seguidamente transmitidas ao supervisor, ou podem ser transmitidas directamente ao supervisor. A gestão estatística permite contabilizar e gerir as sequências de trabalho (comprimentos de percursos, tempo, etc.) e os pares robot/portador em cada alvéolo.

A interface CFAO informática 202 permite a ligação com qualquer CFAO existente ao nível a montante da concepção da estrutura do navio. A CFAO pode ser o sistema SICEN. A modularidade desta interface permite a sua adaptabilidade a outros sistemas de CFAO.

As informações geométricas, topológicas e de trabalho geradas desde a concepção e extraídas pela interface são memorizadas numa base de dados chamada "geométrica" 203. A entidade em causa será o bloco de estrutura metálica.

A partir de um ecran alfanumérico e gráfico 208, o operador tem a possibilidade de dar o número do bloco de estrutura metálica cujos elementos são extraídos da CFAO.

A interface faz a transferência e as transformações necessárias.

17. JAN. 91

-18-



A CFAO existente pode eventualmente ser completada por informações específicas da aplicação "robotização da soldadura".

A base de dados geométricos é enchida pelos programas da interface com a CFAO e consultada pelos programas de preparação e/ou de simulação das tarefas de trabalho. Contém as informações geométricas, topológicas e de soldadura extraídas da CFAO de todos os elementos (chapas, perfilados, temoneiras, etc.) que permitem a reconstituição do bloco em três dimensões (3D).

Os programas informáticos de descrição dos pares robot/portador 204 permitem a descrição das morfologias e das cinemáticas dos pares utilizados. As informações assim geradas são memorizadas numa base de dados designada por "base de dados descritivos dos robots" 203.

A descrição da morfologia dos instrumentos de soldar é feita por agregação de volumes geométricos padrões (paralelepípedo, tronco de cone, etc.) constituintes do utensílio, dos braços, do portador. Uma linguagem informática da descrição é posta à disposição do preparador.

A descrição da cinemática permite a representação gráfica da evolução dos movimentos de um par robot/portador. Tem em conta as capacidades de todos os graus de liberdade e as leis que regem cada articulação.

A base dos dados descritivos dos pares robot/portador é enchida pelos programas de descrição dos pares robot/portador e consultada pelo logicial de simulação. Esta base de dados contém todas as informações geométricas e cinemáticas de todos os elementos constituintes dos diversos pares que podem ser utilizados.

Os programas de descrição dos padrões de trabalho 206 permitem estabelecer a partir de quadros ligações padronizadas entre os diferentes tipos de parâmetros. As informações assim geradas são memorizadas numa base de dados designada por "base de dados dos padrões de trabalho" 207.



-19-

O estabelecimento das relações padronizadas é feito por ligações hierarquizadas entre os diferentes parâmetros, em função das leis empregues habitualmente nos métodos de trabalho da construção naval. Estas relações são padronizadas mas não congeladas. Os programas permitem a modificação ou a substituição de um ou vários parâmetros da ligação hierarquizada em função das necessidades específicas.

A base de dados dos padrões de trabalho é enchida pelos programas de descrição dos padrões e consultada pelos programas de preparação das sequências de trabalho. Todas as informações definidoras das relações padronizadas entre os diferentes tipos de parâmetros serão memorizadas aí.

A preparação das tarefas de trabalho é feita a partir de uma representação gráfica tridimensional 208 do bloco a tratar. Esta representação gráfica comporta todos os elementos do bloco (chapas, perfilados, temoneiras, montantes, etc.). Nenhum traçado fica escondido, sendo eventualmente representados em pontilhado na parte escondida. As possibilidades gráficas são o aumento, a rotação do conjunto representado, a interactividade, o brilho mais intenso selectivo.

Os programas de preparação das tarefas de trabalho a mandar realizar pelos robots permitem a realização das operações seguintes e o seu encadeamento.

A inicialização da base de dados das sequências de trabalho 209 comporta a transmissão na base de dados da identificação do bloco a soldar sob a forma de mensagem operadora, transmitida ao supervisor (ver Fig. 12), por exemplo num suporte material (diskette) 214, ou directamente.

Pelo mesmo princípio são transmitidas a lista dos elementos dos meios previstos pela preparação para a realização das sequências de trabalho e a assinatura do bloco (captadores, visão, etc.).

A realização do posicionamento do bloco tal como é apresentado na oficina apoia-se nas possibilidades do logicial grá-



-20-

fico (volta, por exemplo). Os resultados são transmitidos na base de dados "sequência de trabalho" 209, seguidamente ao supervisor para verificação da posição em preparação do bloco na oficina.

Pontos de indexação definem a posição dos captadores (ultra-sons, infravermelhos ...) que permitem situar o bloco na oficina. O reconhecimento do referencial ligado ao bloco no referencial ligado à oficina permite ao supervisor detectar a posição do bloco a efectuar todas as transformações necessárias das definições geométricas dos elementos (chapas, perfilados ...).

A escolha do posicionamento destes três elementos é privilegiado (juntas, ligações...).

O alvéolo ou célula é a entidade elementar do bloco. Está limitada por chapas ou perfilados e é definida pela preparação. Delimita a zona de trabalho de um robot por fronteiras. Todas as células assim definidas num bloco são identificadas pelas suas fronteiras repertoriadas. A lista das células é transmitida ao preparador para controle da preparação das sequências em todo o bloco e para o auxílio ao ordenamento do bloco.

A célula escolhida no bloco é extraída visualmente por efeito de caixa a partir da representação gráfica tridimensional do bloco. Uma informação sobre as dimensões do alvéolo é indicada no ecran.

Logo que esta operação está efectuada, o programa estabelece a lista do conjunto das zonas a tratar na célula e associa a cada uma os parâmetros fornecidos pela CFAD (SICEN).

A extracção e o tratamento de uma zona efectua-se a partir da representação gráfica tridimensional do alvéolo. A zona é seleccionada (por caneta sensora, por exemplo). A sua definição gráfica aparece com brilho mais intenso. A sua identificação na lista das juntas do alvéolo deve ser distinta das outras identificações.

A selecção de uma junta de solda é feita designando o ponto de partida do cordão de solda a realizar.



-21-

Por um lado, o programa deve deduzir automaticamente da base de dados geométricos 203 o ambiente de trabalho: esta informação aparece no ecrã para permitir uma eventual correcção desse ambiente por iniciativa do preparador; por outro lado, a partir das informações memorizadas na base de dados dos padrões de trabalho 206, deduz o conjunto padrão dos parâmetros a atribuir à zona seleccionada: este conjunto aparecerá também no ecrã gráfico e poderá eventualmente ser modificado.

Todas as informações assim geradas são memorizadas na base de dados das sequências de trabalho 209.

Uma base de dados "gestão estatística" 210 encontra-se enriquecida com novas informações sobre tempo, comprimentos e outras.

Uma base de dados "padrão de sequência de trabalho" 211 é também posta em dia.

A verificação e a organização das sequências no conjunto das zonas do alvéolo são feitas por programa. Isso permite ao preparador verificar se todas as zonas a tratar pelos robots são tratadas e organizar, em função dos métodos, a ordem lógica das sequências de trabalho por designação das zonas.

As bases de dados 209, 210, 211 serão postas em dia e enriquecidas com as informações assim geradas.

A escolha do par robot/portador é feita a partir da base de dados descritiva dos pares e das dimensões do alvéolo a tratar. Uma vez escolhido, o par é posicionado da melhor maneira no alvéolo.

O programa deve efectuar todos os cálculos que permitem saber se as dimensões do par seleccionado e as dimensões do alvéolo são compatíveis.

Efectuadas estas operações, as informações definidoras do par escolhido, da sua posição e da sua orientação são memorizadas na base de dados de trabalho do bloco.

As trajectórias de acesso às sequências são as trajectó



rias seguidas pelo par. Permitem abordar rapidamente a posição de partida do trabalho.

No caso de transposição de obstáculos, o preparador adapta as trajectórias padronizadas, parametradas e previamente descritas, para fazer a ligação entre zonas. Efectuadas estas operações, uma verificação de todas as ligações entre zonas deverá ser realizada pelo programa.

A simulação e a verificação de execução permitem a verificação dos movimentos do par que executa as sequências, estabelecidas previamente para um alvéolo. Isso permite por um lado detectar qualquer colisão intempestiva, qualquer inacessibilidade, e por outro lado diminuir sensivelmente os tempos de imobilização dos robots na oficina e trabalhar com toda a segurança.

As modificações de sequências são possíveis, depois das indicações do programa de simulação.

Efectuada esta verificação, a base dos dados "soldadura do bloco" é posta definitivamente em dia para o alvéolo. As bases de dados "gestão estatística" e "sequência padrão" são eventualmente postas em dia.

Tratados todos os alvéolos, o preparador dispõe de um utensílio informático que lhe permite verificar se todos os alvéolos foram tratados e realizar o seu ordenamento. As bases de dados "gestão estatística" e "soldadura do bloco" são enriquecidas com essas informações. A base de dados "padrão de sequências de trabalho" é enchida pelo preparador na altura da preparação das sequências de soldadura num alvéolo. Memoriza todas as sequências de trabalho consideradas padrões.

Essas sequências padronizadas são utilizadas quer para outras zonas quer para outros alvéolos com aspectos topológicos semelhantes. Podem ser utilizadas de um bloco para outro.

A base de dados "gestão estatística" contém todas as informações sobre:



-23-

- o número de zonas de trabalho,
- as características das zonas (comprimento, superfícies, etc.) num bloco (incluindo multi-passagens) para um navio,
- os tempos de realização num alvéolo, num bloco para um navio,
- os tempos de trabalho,
- os tempos médios entre avarias (Mean Time Between Failures).

Esta base de dados é evolutiva, não sendo a lista das informações exaustiva.

A base de dados "trabalho" é enchida pelos programas de preparação, simulação, ordenamento e consultada pelo programa de geração de comando e pelo programa de formatação. Memoriza todas as informações descritas anteriormente.

O conjunto dos comandos executáveis pelo supervisor é o seguinte para um bloco:

- comandos de geração de mensagens na estante do robot para:
 - . verificação da conformidade do bloco (por assinatura e/ou identificação),
 - . verificação do posicionamento do bloco na oficina,
 - . verificação da presença do conjunto dos meios necessários para a realização das tarefas de soldadura,
- comandos para inicialização do portador (indexação), comandos para posicionamento do instrumento de soldar e desacoplamento,
- comandos de execução das sequências por blocos de informações, permitindo eventuais repetições no caso de paragens,
- comando para permitir ao meio de transporte retomar o instrumento de soldar e posicioná-lo num alvéolo vizinho tendo em conta certas impossibilidades (alvéolos ocultos),
- geração do gráfico dos alvéolos que permite o ordenamento das tarefas dos instrumentos de soldar.

A central de programação assim concebida alcança os objectivos seguintes:



-24-

- libertar o supervisor de toda a concepção das sequências de trabalho,
- permitir um trabalho em tempo mascarado,
- permitir o máximo de verificação antes da execução das tarefas na oficina,
- permitir superar o problema da linguagem específica dos robots.

R E I V I N D I C A Ç Õ E S

1 - Instalação para a construção ou o tratamento automático de objectos análogos mas geralmente não idênticos sem deslocação dos ditos objectos, podendo estes objectos formar grupos montados, caracterizada por compreender:

- uma oficina equipada com meios-ferramentas que podem ser robots, com meios de transporte capazes de deslocar os ditos meios-ferramentas e com captadores de localização e de avanço para conhecer o ambiente dos meios-ferramentas;
- um centro de programação (212) que pode receber e guardar em memória as informações necessárias sobre os objectos a construir e/ou os tratamentos a dar-lhes, receber e guardar em memória as características técnicas dos meios-ferramentas de que se pode dispôr, formar a partir destas duas fontes de informação um programa de operação relativo a um dos objectos, controlar esse programa por visualização e rectificá-lo se necessário, seguidamente passar ao programa relativo a um outro objecto ou a um programa de montagem de objectos, e guardar os ditos programas em memória, sendo o centro de programação ainda capaz de estabelecer um programa de deslocação de utensílios de uma peça para outra, de controlar esse programa e de o guardar em memória;
- um posto de supervisão que pode receber os diferentes programas memorizados estabelecidos pelo centro de programação, detectar a presença dos meios-ferramentas e o tempo necessários



-25-

à sua execução, comunicar as instruções contidas nos ditos programas aos ditos meios-ferramentas e de transporte, e controlar os ditos meios.

2 - Instalação segundo a reivindicação 1, caracterizada por fazer parte de um estaleiro de construção naval, sendo os objectos células e sendo os grupos de objectos blocos que constituem cada um uma parte de um navio em construção.

3 - Instalação segundo uma das reivindicações 1 ou 2, caracterizada por o centro de programação compreender:

- uma base de dados "geométricos" (203) que recebe através de uma interface os dados relativos aos objectos a fabricar ou a tratar;
- uma base de dados de "utensílios" (205) que contém a descrição das possibilidades dos utensílios;
- uma base de dados de "parâmetros de trabalho" (207) que contém os padrões de trabalho;
- um posto de preparação do trabalho, que pode extrair os dados de que necessita das três bases de dados referidas, para preparar uma sequência de trabalho correspondente a um objecto, que está equipado com meios de execução com simulação visual para o controle de uma tal sequência de trabalho e que pode igualmente preparar uma sequência de trabalho para um grupo de objectos;
- uma base de dados de "sequências de trabalho" (211) capaz de receber uma sequência de trabalho vinda do posto de preparação de trabalho e lhe restituir a pedido;
- uma base de dados de "gestão estatística" (210) igualmente capaz de trocar nos dois sentidos com o posto de preparação de trabalho;
- um banco de dados de sequência de trabalho de um grupo, capaz de receber uma tal sequência de trabalho preparado pelo posto de trabalho e de a transmitir ao posto de supervisão.



4 - Instalação segundo uma das reivindicações de 1 a 3, caracterizada por o posto de supervisão ter um microprocessador escravo ligado a um microprocessador mestre que faz parte do centro de programação.

5 - Instalação segundo uma das reivindicações de 1 a 4, em que a oficina é servida por uma trave portadora móvel, tal como um pórtico, uma ponte rolante ou análogos, e está equipada pelo menos com um robot formado por um braço articulado (10) com vários eixos de rotação e/ou ligações corredeiras providas de meios motores, podendo uma das extremidades do dito braço ser ligada a um utensílio (11) de tratamento ou inspecção de uma peça, estando a outra extremidade do dito braço ligada a um portador de robot (9) provido de meios de engate dissolúvel capazes de assegurar uma ligação mecânica directa com o objecto a tratar ou a inspecionar e de meios para assegurar uma ligação mecânica do dito portador com a dita trave portadora a fim de permitir deslocar o dito portador com o braço de um ponto para outro da oficina, tendo a oficina ainda meios de comando e de alimentação dos ditos meios motores e do dito utensílio e meios de ligação (12) entre os ditos meios de comando e de alimentação e os ditos meios motores, caracterizada por os meios que asseguram a ligação do portador à dita trave serem meios de engate dissolúvel (20) distintos dos meios que asseguram uma ligação mecânica directa com o objecto a tratar.

6 - Instalação segundo a reivindicação 5, caracterizada por o portador (9) estar munido de uma grua (29) com forma de arco cujos montantes estão situados em cada lado do braço (10), podendo a dita grua (29) rodar num assento (21) de um prato (18) do portador e incluindo os ditos meios de engate dissolúvel (20) para a ligação do portador (9) com a dita grua.

7 - Instalação segundo uma das reivindicações 5 ou 6, caracterizada por o portador (9) estar munido de um meio de protecção do braço de robot (10), tal como ferros (22) montados articuladamente na grua (29).

8 - Instalação segundo a reivindicação 5, caracterizada



-27-

por os ditos meios de engate dissolúvel (20) compreenderem um apreensor (8) ligado a um carro (6) móvel na trave por uma série de meios rígidos articulados ou corrediços uns relativamente aos outros, estando ainda previstos meios (39) para fazer o apreensor (8) rodar num eixo vertical.

9 - Instalação segundo uma das reivindicações de 5 a 8, caracterizada por o apreensor (8) estar munido de um sino-grelha (25) para protecção do par robot/portador (9) durante as deslocacões.

10 - Instalação segundo a reivindicação 5, caracterizada por o apreensor (8) estar provido de cabos cruzados ou de um estabilizador com um volante giroscópico (37) de eixo horizontal, e de meios para fazer o dito apreensor (8) rodar num eixo vertical relativamente ao dito estabilizador, a fim de pôr o dito apreensor (8) na orientação pretendida.

11 - Instalação segundo uma das reivindicações de 5 a 7, caracterizada por o apreensor (8) ter ainda meios de engate complementares (41) dissolúveis e capazes de assegurar uma ligação com um enrolador (16) capaz de suportar os meios de ligação (12) que unem os meios de alimentação e de comando ao braço de robot, sendo os próprios meios de ligação dissolúveis pelo menos num ponto.

12 - Instalação segundo uma das reivindicações de 5 a 11, caracterizada por o portador (9) estar em duas partes, uma capaz de ser fixa relativamente à peça a tratar e a outra deslocável ao longo da primeira.

13 - Instalação segundo uma das reivindicações de 5 a 12, caracterizada por o portador (9) se deslocar em pequenos passos e por estes movimentos serem compensados por movimentos apropriados do braço (10), em particular do punho.

14 - Instalação segundo uma das reivindicações de 5 a 13, caracterizada por o portador (9) estar munido de uma grua (29) com forma de arco cujos montantes estão situados de cada lado do braço (10), podendo a dita grua (29) rodar no assento (21) do prato (18).

-28-

15 - Instalação segundo a reivindicação 14, caracteriza da por o conjunto dos meios informáticos de comando e de memória de programa do posto de supervisão e da oficina estar reagrupado num único processador situado ao nível dos meios de alimentação e de comando, possuindo o braço de robot (10) e o seu portador (9) essencialmente apenas codificadores-descodificadores, os meios eléctricos ou mecânicos necessários e os seus comandos directos de potência ligados aos ditos codificadores-des-codificadores.

Lisboa, 17. JAN. 1985

Pelo INSTITUT DE RECHERCHES DE LA CONSTRUCTION NAVALE

- O AGENTE OFICIAL -

A rectangular official stamp from Portugal, featuring the text '60500' at the top, 'PORTUGAL' in the center, and 'REPRESENTA' at the bottom. A large, stylized handwritten signature is written across the stamp.

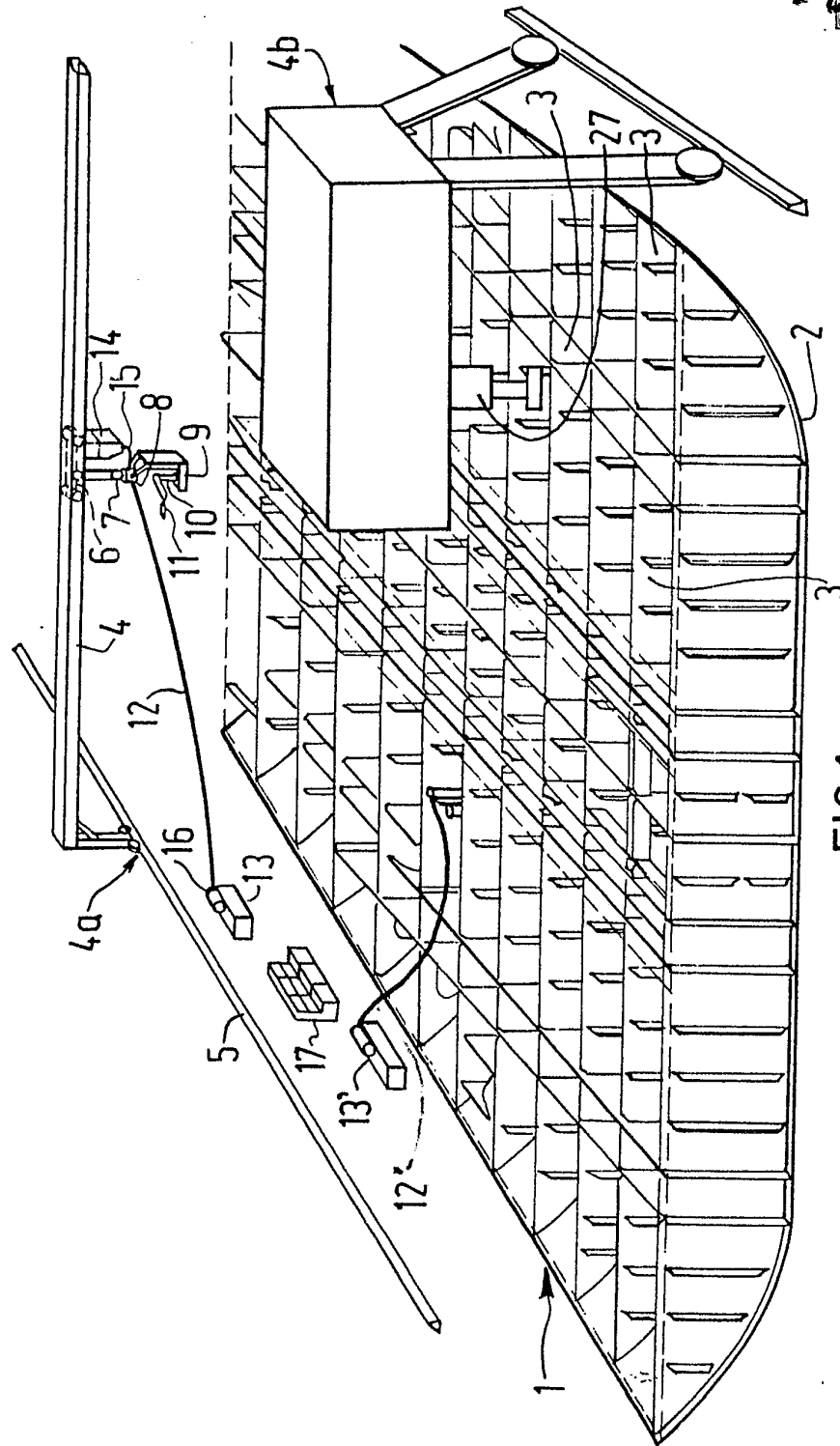


FIG. 1

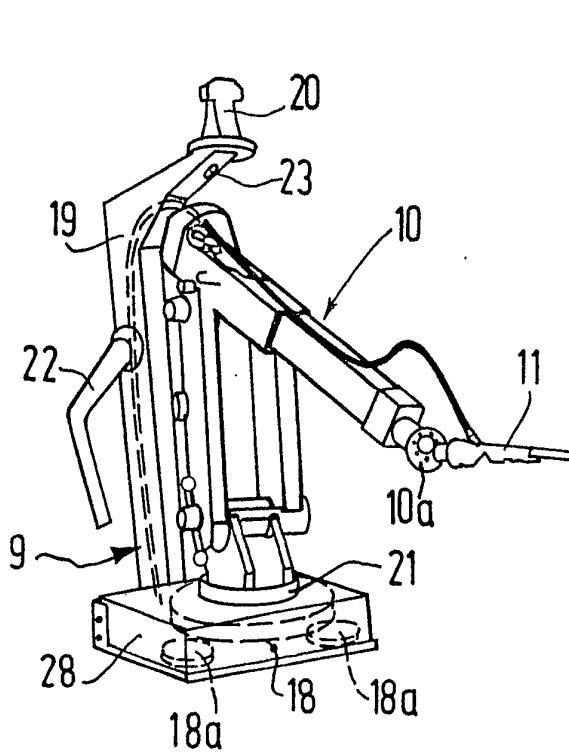


FIG. 2

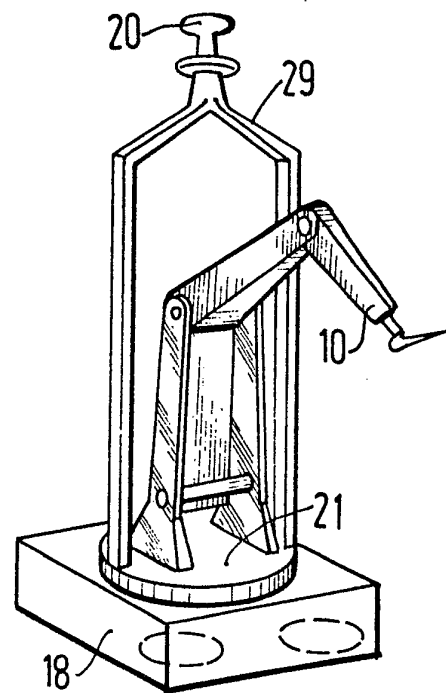


FIG. 3

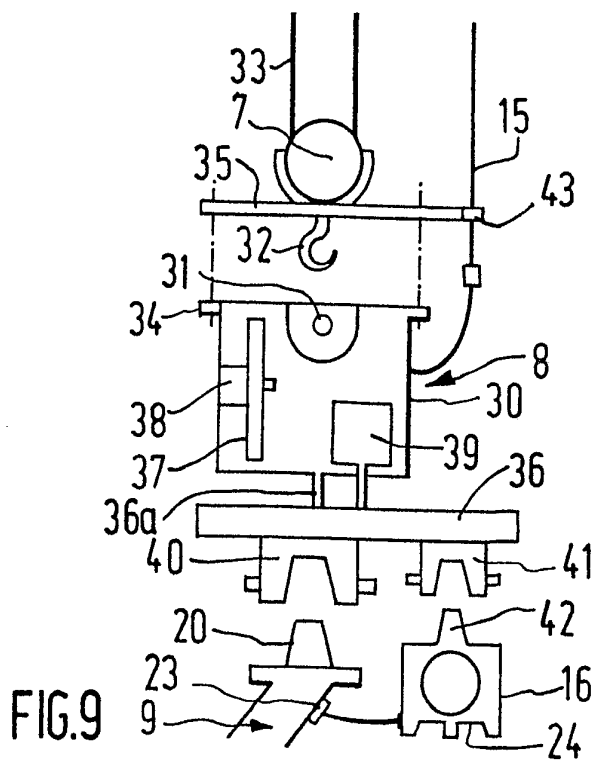


FIG. 9

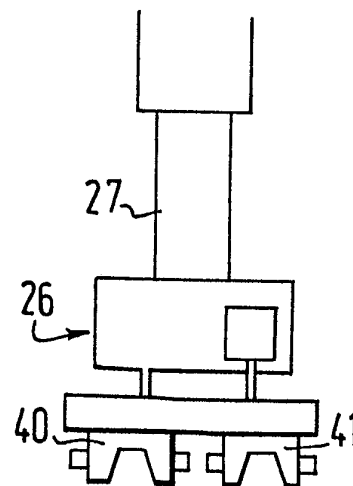


FIG. 10

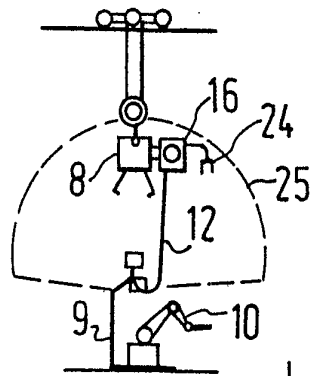


FIG. 4

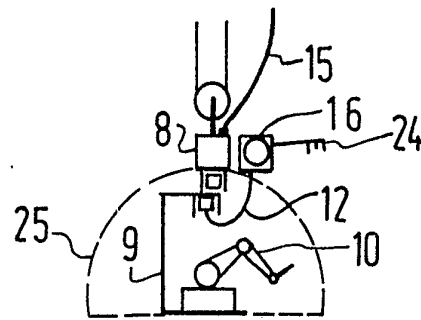


FIG. 5

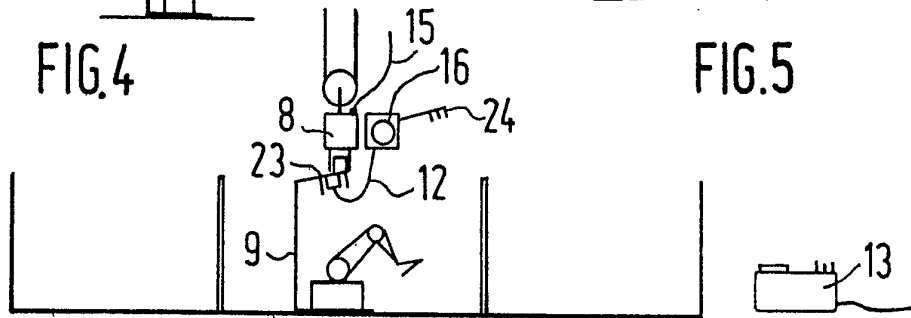


FIG. 6

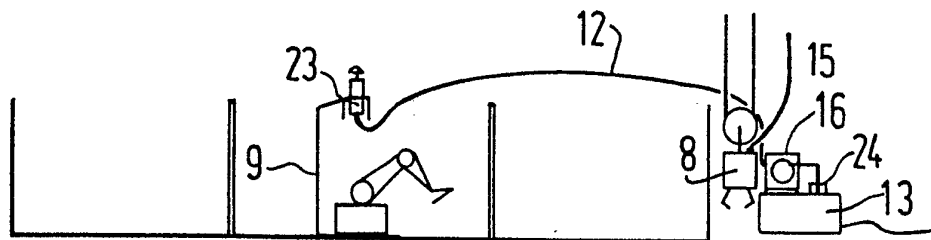


FIG. 7

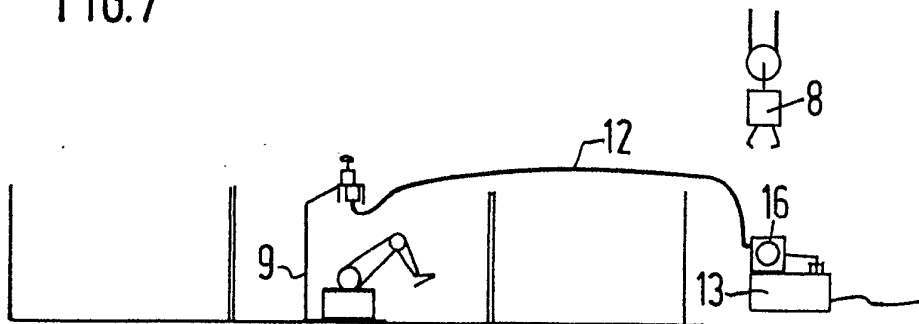


FIG. 8

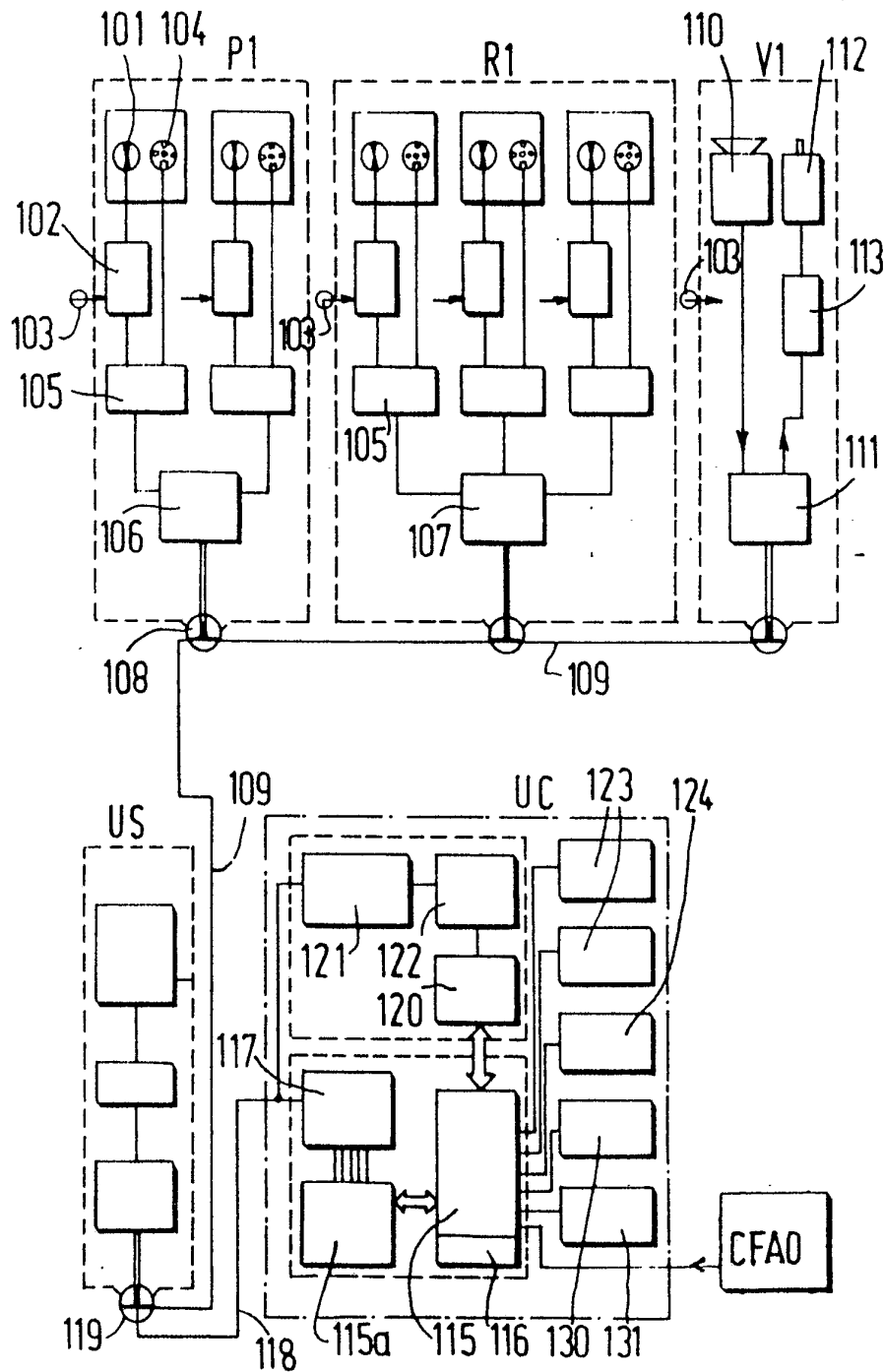


FIG.11

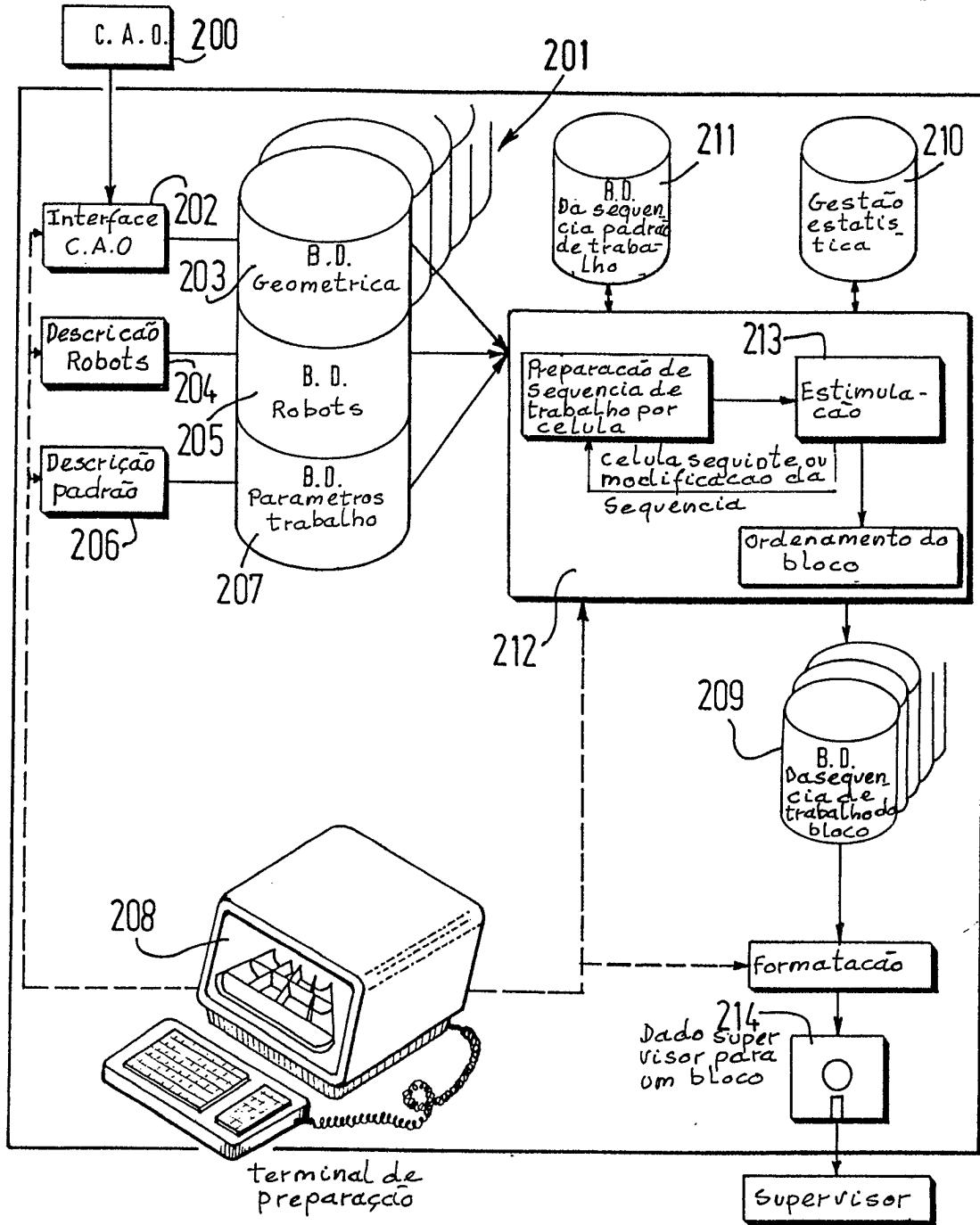


FIG.12