

República Federativa do Brasil
Ministério do Desenvolvimento, Indústria
e do Comércio Exterior
Instituto Nacional da Propriedade Industrial.

(21) **PI0901881-6 A2**



* B R P I O 9 0 1 8 8 1 A 2 *

(22) Data de Depósito: 29/05/2009
(43) Data da Publicação: 25/01/2011
(RPI 2090)

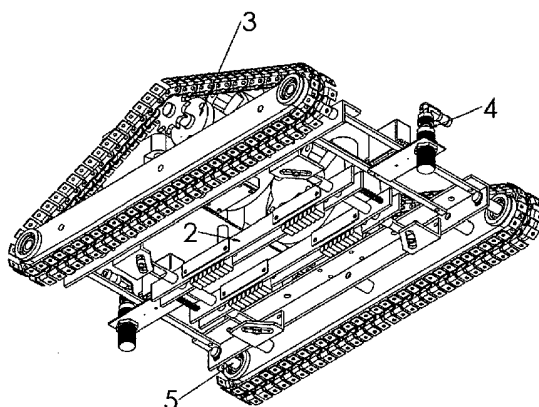
(51) *Int.Cl.:*
B25J 13/08
B23K 31/12

(54) Título: **SISTEMA AUTÔNOMO E MÉTODO PARA INSPEÇÃO DE SOLDA**

(73) Titular(es): Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS

(72) Inventor(es): Alberto Bisognin, Giovanni Geremia, Lucas da Luz Dorneles, Luciano Carvalho Paludo, Marcelo Augusto Herberts, Miguel Ignacio Serrano, Telmo Roberto Strohaecker

(57) Resumo: SISTEMA AUTÔNOMO E MÉTODO PARA INSPEÇÃO DE SOLDA Sistema autônomo e método para inspeção de solda que possui a capacidade de seguir de forma autônoma um cordão de solda, transportando arranjos de sensores de inspeção em uma base auto ajustável. A finalidade da presente invenção é localizar, de modo autônomo, defeitos no cordão de solda. Um sistema de aquisição de dados registra a posição e a informação dos sensores de inspeção. Esta informação é posteriormente analisada para determinar a presença e posição dos defeitos. Um mecanismo de varredura por relevo, montado sobre o sistema de inspeção, mede o desalinhamento entre o sistema e o meio do cordão de solda.





Relatório Descritivo de Patente de Invenção
SISTEMA AUTÔNOMO E MÉTODO PARA INSPEÇÃO DE SOLDA

Campo da Invenção

5 Refere-se a um sistema autônomo e método de inspeção de solda fundamentada em um veículo que, através de sensores de relevo, é capaz de seguir de forma autônoma um cordão de solda, e que carrega em si uma base estável para se colocar arranjos de sensores de inspeção. Um microcomputador, embarcado no veículo, analisa constantemente a posição do

10 centro do cordão de solda através do relevo da superfície utilizando um conjunto de sensores de proximidade. Quanto à base estável, tem-se um dispositivo mecânico que se mantém junto à solda, mesmo se houverem soldas transversais no caminho. Particularmente, o presente equipamento objetiva a automatização do processo de inspeção de solda visando à otimização e a

15 padronização dos resultados. Além disso, este veículo prevê operação sob condições ambientais adversas tais como ambientes contaminados e com risco de explosão e, dessa forma, este robô é indicado para executar inspeções em áreas classificadas.

20 **Antecedentes da Invenção**

A análise de soldas em instalações industriais é de extrema importância para a segurança e o bom funcionamento dos equipamentos e tubulações. Frequentemente os locais da solda estão em posições de difícil acesso a um operador ou se encontram em ambientes de alto risco. Dessa forma, faz-se

25 necessário um equipamento capaz de substituir a presença do operador na análise das soldas existentes.

Diversas soluções foram propostas para esse problema, sendo as principais enumeradas abaixo.

O documento **US 2004/239317** "High resolution inductive sensor arrays for material and defect characterization of welds" descreve um arranjo de

30 sensores indutivos que analisa soldas nos materiais. O sensor possui um drive

que o faz acompanhar o caminho de solda com pelo menos três “porções estendidas” e um elemento sensível colocado entre um par de “porções estendidas” adjacentes. Uma corrente elétrica variada com o tempo passa através das “porções estendidas” para formar um campo magnético. O sensor é colocado em proximidade ao material de teste e transladado sobre a região da solda. A propriedade elétrica dessa região é medida em cada local onde estão instalados os sensores. A qualidade da solda é medida comparando as propriedades elétricas encontradas com as previstas teoricamente para aquela solda de acordo com o material e a localização.

10 O document **US 5,493,221** “Method and apparatus for detecting weld junctions in steel sheets using an inductive sensor to detect thickness variations in the sheet” descreve um dispositivo que localiza soldas ou outras junções em folhas de aço. O aparelho consiste em um sensor que produz um sinal variável em função da distância entre o sensor e a superfície, um “circuito diferenciador”
15 que interpreta o sinal variante como uma função do tempo, um comparador que compara este sinal já interpretado com um sinal permissível já calculado e envia um sinal à entrada de um “fecho eletrônico”, o “fecho eletrônico” manda um sinal para um mecanismo de rejeição e o mecanismo de rejeição envia um sinal de rejeição efetuada para o terminal de reinicialização do “fecho eletrônico”. O método da invenção pressupõe o transporte da folha de aço, com
20 isso produz-se uma taxa de variação do sinal, o que representa uma mudança na variação de espessura da folha. Após determinada uma taxa permissível de mudança de sinal comparam-se estas duas taxas. Preferencialmente a etapa de produção conta com a obtenção de um sinal elétrico variável no qual as
25 variações são funções da mudança de espessura da folha do material e desenvolve-se uma taxa de mudança do sinal à partir da variação do sinal elétrico.

O documento **CN1490135** “Method for controlling fully positioning self creeping arc welding robot with permanent magnet caterpillar” descreve um
30 método de controle para o robô autônomo rastejante de soldagem em arco com esteiras magnéticas. O método consiste em os sinais de imagem detectados

pelo sensor a laser CCD serem transmitidos ao controlador de direção para direcionar o “fogo da solda” para mover-se em duas direções enquanto o operador controla as esteiras. Não é descartado um outro método de controle. Isto pode ser usado para soldar peças de grande porte.

5 Em nenhum dos documentos citados acima se obtém o conjunto de variáveis necessárias para comparar com o equipamento descrito na presente invenção. Em nenhum dos documentos pesquisados, se obteve um equipamento que apresentasse características próprias para áreas com potencial explosivo, com acionamento pneumático, contendo base estável para
10 diversas régua de sensores, o que torna este equipamento único e exclusivo.

Sumário da Invenção

Em um primeiro aspecto a presente invenção provê um equipamento, também chamado aqui de sistema autônomo, para inspeção de soldas capaz
15 de trabalhar em ambientes e condições de risco.

É um objeto da presente invenção um sistema autônomo compreendendo:

- a) Meios para isolar componentes sensíveis;
- b) Motores;
- 20 c) Meios para deslocamento;
- d) Meios para processar informação;
- e) Mecanismo de varredura;
- f) Base para sensores de inspeção;
- g) Meios para visualização; e
- 25 h) Meios para controle.

É um adicional objeto da presente invenção método para inspeção de solda compreendendo as etapas de:

- a) posicionar um sistema autônomo sobre o material compreendendo uma solda;
- 30 b) escanear a superfície do material com o intuito de reconhecer o cordão de solda;

c) inspecionar o cordão de solda por meios de sensores e/ou visual.

Em especial o sistema autônomo compreende um mecanismo de varredura que, utilizando sensores de proximidade, permite escanear o relevo do cordão de solda lateralmente, o que permite conhecer o centro do cordão e assim orientar o equipamento de inspeção sobre o cordão de solda com grande precisão.

Estes e outros objetos da invenção serão imediatamente valorizados pelos versados na arte e pelas empresas com interesses no segmento, e serão descritos em detalhes suficientes para sua reprodução na descrição a seguir.

10

Breve Descrição das Figuras

A figura 1 apresenta a visão lateral do veículo inspetor de solda.

A figura 2 apresenta a visão frontal do veículo inspetor de solda.

A figura 3 apresenta a visão superior do veículo inspetor de solda.

15

A figura 4 apresenta a visão isométrica do veículo inspetor de solda.

A figura 5 apresenta outra visão isométrica do veículo inspetor de solda.

A figura 6 apresenta uma visão geral do veículo (6), posicionado em uma chapa (7), e a iteração do mesmo com o operador (8) e o reservatório pneumático (9).

20

A figura 7 apresenta o veículo desalinhado em relação a solda e a base estável (2) mantendo o alinhamento.

A figura 8 apresenta um possível arranjo de sensores (10) colocado na base estável.

25

Descrição Detalhada da Invenção

Os exemplos aqui mostrados têm o intuito somente de exemplificar uma das inúmeras maneiras de se realizar a invenção, contudo sem limitar, o escopo da mesma.

O principal aprimoramento da presente invenção frente ao estado da técnica é que ele é apto para trabalhar de forma autônoma em áreas classificadas com risco de explosão, onde a presença de um ser humano é

30

indevida, desaconselhável ou insalubre. Para isso, foi desenvolvido um equipamento capaz de realizar essa tarefa sem colocar em risco o operador. O equipamento compreende:

- 5 a) Meios para isolar componentes sensíveis;
- b) Motores;
- c) Meios para deslocamento;
- d) Meios para processar informação;
- e) Mecanismo de varredura;
- f) Base de sensores para inspeção;
- 10 g) Meios para visualização; e
- h) Meios para controle.

Meios para isolar componentes sensíveis

Os meios para isolar componentes sensíveis compreende preferencialmente uma caixa a prova de explosão, hermeticamente fechada
15 feita de um material resistente a calor e/ou choques. Para efeitos da presente invenção, por componentes sensíveis entende-se todos os componentes eletro-eletrônicos que formam parte do equipamento, como por exemplo válvulas elétricas, o microcomputador, baterias, circuito elétrico de potencia e circuito de condicionamento de sinais dos sensores de inspeção.

20 Motores

Os motores utilizados são preferencialmente motores pneumáticos a prova de explosão com o intuito de eliminar todo e qualquer contato entre alguma centelha causada pelo veículo e o meio externo.

Meios de deslocamento

25 Os meios de deslocamento da presente invenção incluem meios que sejam adaptáveis em qualquer superfície, que compreende, mas não se limitam a, rodas e/ou esteiras.

Meios para processar informação

30 Os meios para processar informação da presente invenção e/ou interpretação de instruções compreendem uma CPU de controle que envia as informações referentes a meios de deslocamento. Em uma realização

preferencial, a CPU compreende placa mãe, processador, disco rígido, fonte de alimentação, placas auxiliares e banco de memórias.

Meios de visualização

Os meios de visualização da presente invenção permitem ao usuário
5 visualizar remotamente o andamento da inspeção. Em especial, o andamento da inspeção pode ser feito através de um comando a distância, indicando o caminho do sistema robótico, velocidade de avanço e orientação dos meios de visualização. Os meios de visualização podem ser escolhidos do grupo que compreende, mas não se limitam a, câmeras de vídeo e/ou câmeras
10 fotográficas.

Meios para controle

Os meios para controle da presente invenção permitem uma comunicação do sistema autônomo com o operador podendo ser escolhido do grupo que compreende, mas não se limita a, *wireless* e/ou fibra ótica.

15 Assim o sistema autônomo para inspeção de soldas pode ser descrito em quatro partes: "sistema de trajetória", "Controle de locomoção", "Régua de sensores de inspeção" e "aquisição de dados".

Sistema de trajetória: o sistema de trajetória se encontra constituído pelo mecanismo de varredura e o microcomputador. O micro controlador comunica-
20 se com o mecanismo de varredura para ler o relevo da superfície. O mecanismo de varredura utiliza os sensores de proximidade para medir o relevo lateral completo de lado a lado da solda. O microcomputador, baseado nos dados registrados pelo mecanismo de varredura, calcula o centro do cordão da solda.

25 Controle de locomoção:

Os dados do mecanismo de varredura registrados no microcomputador, são utilizados pelo microcomputador para calcular o desalinhamento do veículo com o cordão da solda. Em função ao desalinhamento, o microcomputador controla as velocidades dos motores de locomoção no intuito de alinear o
30 sistema de inspeção sobre o cordão de solda. O veículo pode utilizar esteiras para aumentar a área de contato superficial, e conseqüentemente, o atrito entre

carro e a superfície onde se locomove. Podem se adicionar imãs no sistema de locomoção para poder aumentar a aderência em planos verticais ou com inclinações negativas. O torque é advindo de motores pneumáticos independentes que estão ligados a um reservatório de pressão, e a vazão de ar é controlada através de válvulas pneumáticas que estão ligadas a um computador.

Réguas de sensores de inspeção: a função principal da presente invenção é levar sensores de inspeção não-destrutivos. Estes sensores são deslocados do lado e ao longo do cordão de solda. Algumas técnicas de inspeção exigem grande precisão na distancia entre os sensores e a borda do cordão da solda. Assim, no intuito de garantir distancia constante, é condicionada uma base auto ajustável sobre o cordão de solda, para que possam ser acoplados diversos sensores formando arranjos de acordo com a necessidade e objetivo. Esta base consiste em dois dispositivos mecânicos que, através de um conjunto de molas, mantêm-se juntos à solda e sobrepassam soldas transversais ao longo do caminho da inspeção do veículo, sem afastar-se da solda em análise. Além disso, estas sapatas estão presas a estrutura de modo que possuam graus de liberdade de translação e rotação em torno do eixo normal ao carro, o que permite que a distância dos sensores à solda se mantenha constante, mesmo para cordões com uma curvatura leve ou para compensar desalinhamentos no percurso do veículo (Figura 7).

Aquisição de dados: Um sistema de aquisição de dados realiza a medição através dos sensores de inspeção e armazena a informação em uma memória local ou envia até um computador remoto para seu devido processamento. Esta aquisição de dados pode ser continua, permitindo um escaneamento completo da superfície inspecionada.

Conforme pode ser observado na figura 1, a presente invenção descrita neste relatório descritivo é composta por um caixa hermeticamente fechada (1), contendo em seu interior equipamento eletrônico, como baterias, válvulas, microcomputador, drivers de potência, entre outros. Esta caixa (1) isola seu interior do meio exterior, impedindo que gases explosivos entrem em contato

com os equipamentos eletrônicos de controle. A esta caixa chega o umbilical com o fornecimento pneumático e sinais de comando do operador. Ele está ligado com a estrutura, na qual estão fixados os motores pneumáticos (3), os eixos das esteiras (5) e a base estável para os sensores (2). Por fim, os 5 sensores detectores de relevo (4), que fazem a localização da solda pela varredura em arco da superfície também estão conectados a esta estrutura por pequenos braços.

Método para inspeção de solda

O método para inspeção de solda compreende as etapas de:

- 10 a) posicionar um sistema autônomo sobre o material compreendendo uma solda;
- b) escanear a superfície do material com o intuito de reconhecer o cordão de solda;
- c) inspecionar o cordão de solda por meios de sensores e/ou visual.

15 O método de inspeção é capaz de realizar a inspeção em dutos em locais de difícil acesso ou presentes em áreas de risco para o operador.

Reivindicações**SISTEMA AUTÔNOMO E MÉTODO PARA INSPEÇÃO DE SOLDA**

- 5 1. Sistema autônomo para inspeção de solda caracterizado por compreender:
- a) Meios para isolar componentes sensíveis;
 - b) Motores;
 - c) Meios para deslocamento;
 - d) Meios para processar informação;
 - 10 e) Mecanismo de varredura;
 - f) Base de sensores para inspeção;
 - g) Meios para visualização; e
 - h) Meios para controle.
- 15 2. Sistema autônomo, de acordo com a reivindicação 1 caracterizado por compreender um sistema de varredura por relevo, sensores de proximidade, sensores de inspeção não destrutiva, sistema de locomoção, sistema de aquisição de dados, microcomputador, sistema eletrônico para acionamento de válvulas e comunicação de dados, caixa a prova de explosão e base auto ajustável.
- 20 3. Sistema autônomo, de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo sistema de varredura ser capaz de escanear o relevo do cordão de solda lateralmente, de lado a lado, com a finalidade de medir continuamente o desalinhamento do veículo respeito ao meio do cordão de solda.
- 25 4. Sistema autônomo, de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelos sensores de proximidade serem utilizados no sistema de varredura para medir o relevo do cordão de solda.
- 30 5. Sistema autônomo, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por compreender a capacidade de inspecionar soldas de forma autônoma utilizando arranjos de sensores não destrutivos com a finalidade de localizar defeitos.

6. Sistema autônomo, de acordo as reivindicações 1, 2 e 5, caracterizado pelo sistema de aproximação ser denominado base auto ajustável onde arranjos de sensores de inspeção são montados.
7. Sistema autônomo, de acordo com as reivindicações 5 e 6,
5 caracterizado pela base auto ajustável contornar o cordão de solda, corrigindo pequenos desalinhamentos do veículo de inspeção.
8. Sistema autônomo, de acordo com as reivindicações 6 e 7, caracterizado pelas duas placas paralelas de um mecanismo de molas manterem-se próximas sobre as bordas da solda em análise.
- 10 9. Sistema autônomo, de acordo com a reivindicação 6, caracterizado pelas sapatas manterem contato com a solda na direção da aproximação e passar por cima de soldas transversais a esta.
10. Sistema autônomo, de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo sistema de locomoção ser constituído por rodas ou esteiras, visando o
15 deslocamento do veículo sobre a superfície a ser inspecionada sem importar as inclinações.
11. Sistema autônomo, de acordo com a reivindicação 10, caracterizado pelo sistema de locomoção possuir aderência por princípio magnético ou por vácuo, o que permite percorrer superfícies em qualquer inclinação.
- 20 12. Sistema autônomo, de acordo com a reivindicação 10, caracterizado pelos motores para áreas classificadas (áreas com risco de explosão, alagamento, contaminados, radiativos, ou corrosivos), tracionarem o mecanismo de locomoção.
13. Sistema autônomo, de acordo com as reivindicações 2, 3, 4, 10 e 12,
25 caracterizado pelo controle de trajetória ser composto por um meio de informação que ajusta a trajetória do veículo controlando os motores em função ao desalinhamento medido através do mecanismo de varredura por relevo.
14. Sistema autônomo, de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pela caixa a prova de explosão transportar aqueles componentes que não podem
30 ter contato com áreas classificadas como: o sistema eletro-eletrônico de

comando para locomoção, sistema de comunicação, sistema de aquisição, microcomputador e as baterias

15. Método para inspeção de solda caracterizado por compreendendo as etapas de:

- 5 a) posicionar um sistema autônomo sobre o material compreendendo uma solda;
- b) escanear a superfície do material com o intuito de reconhecer o cordão de solda;
- c) inspecionar o cordão de solda por meios de sensores e/ou visual.

FIGURAS

FIGURA 1

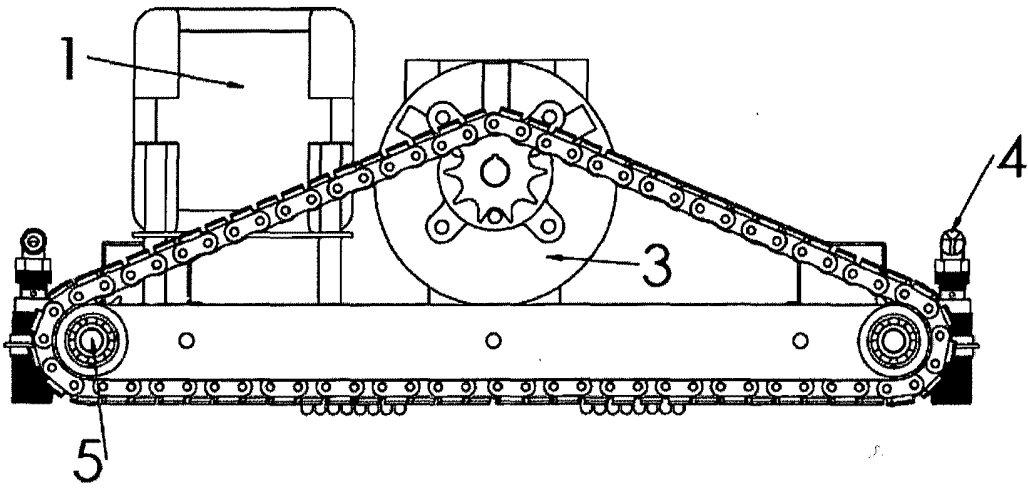


FIGURA 2

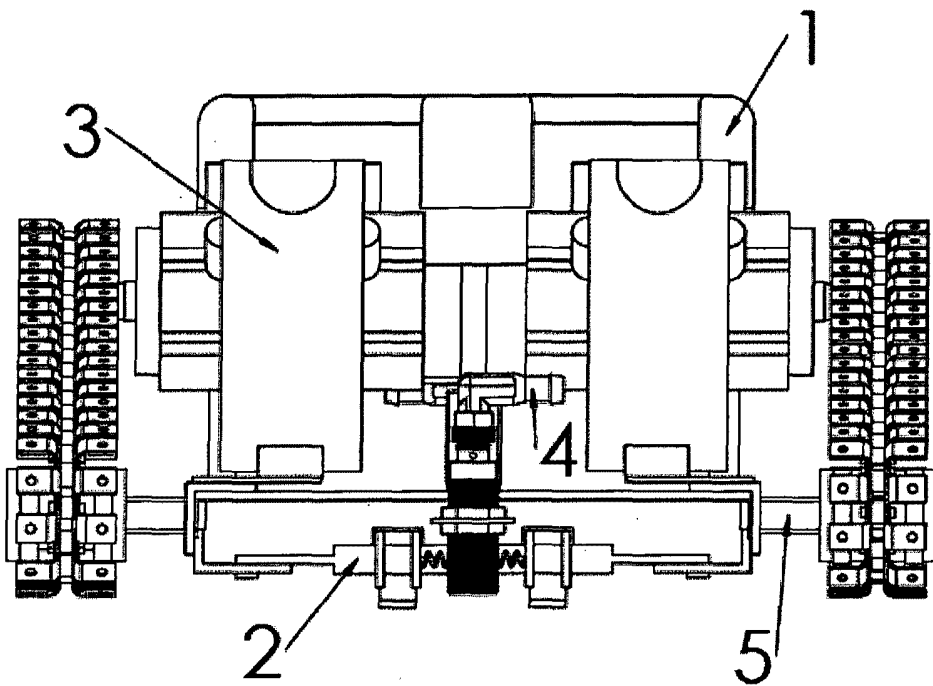


FIGURA 3

FIGURAS

FIGURA 1

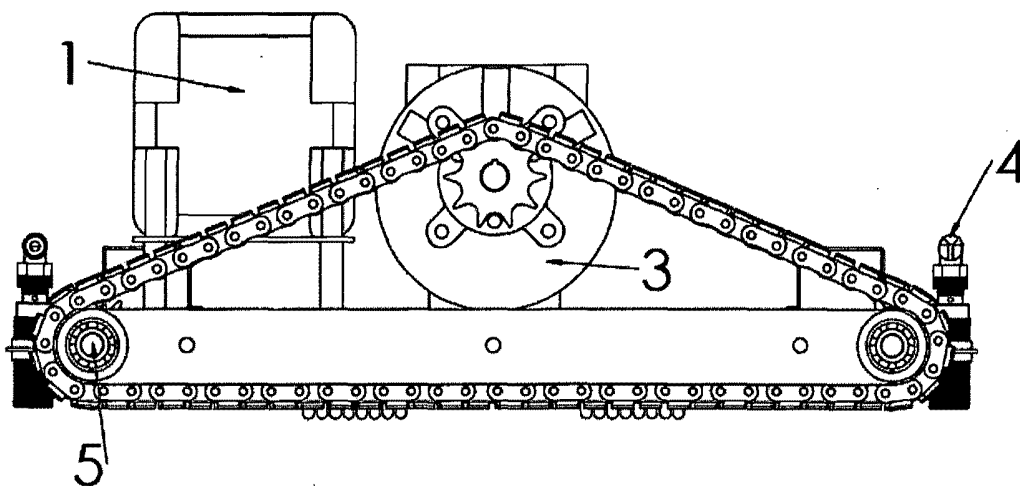


FIGURA 2

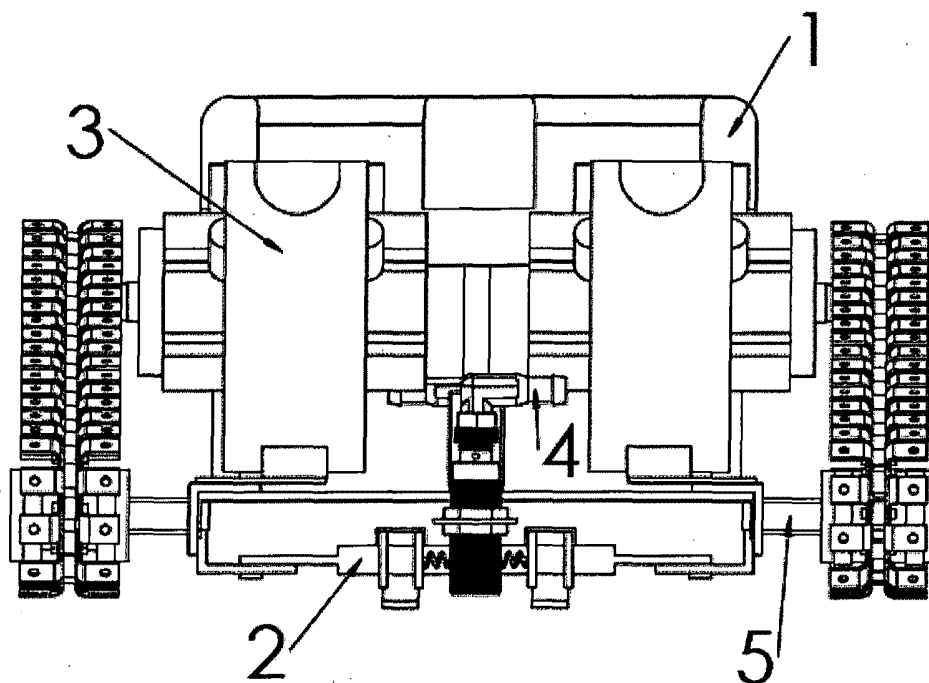


FIGURA 3

FIGURA 4

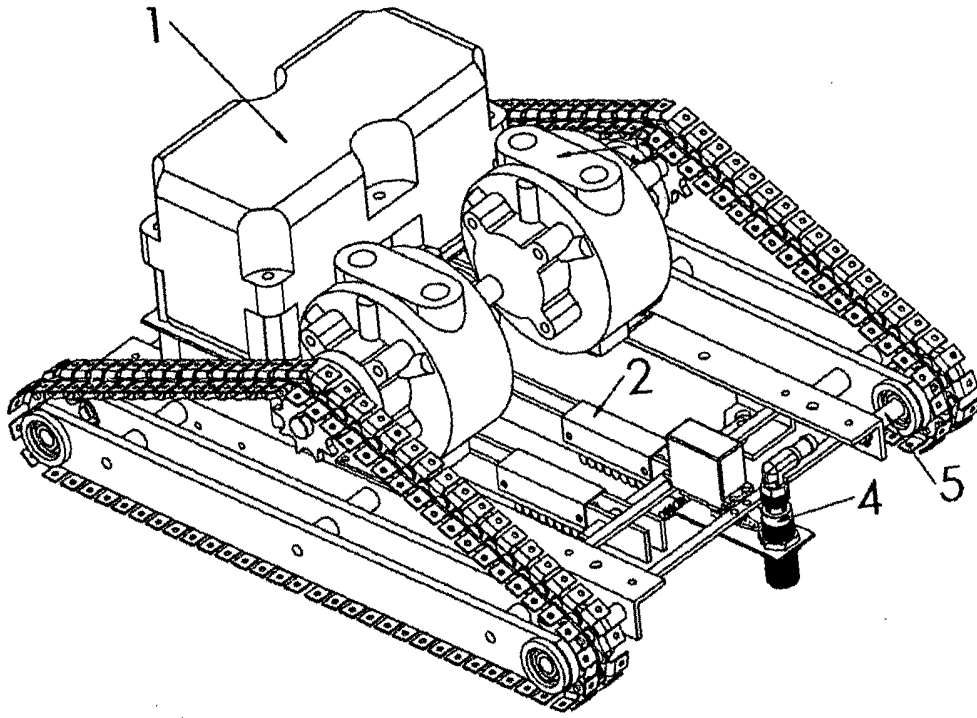


FIGURA 5

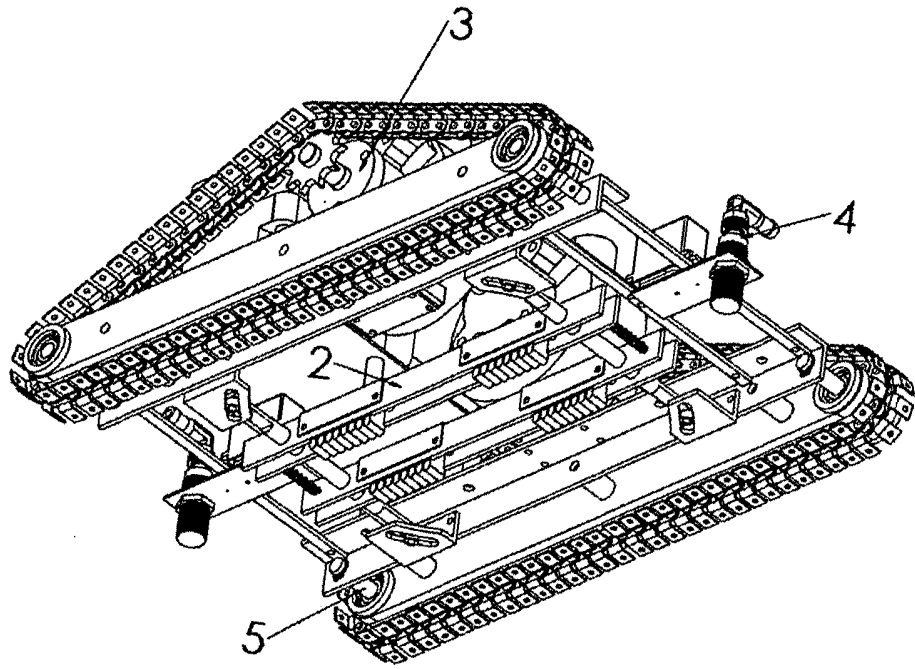


FIGURA 6

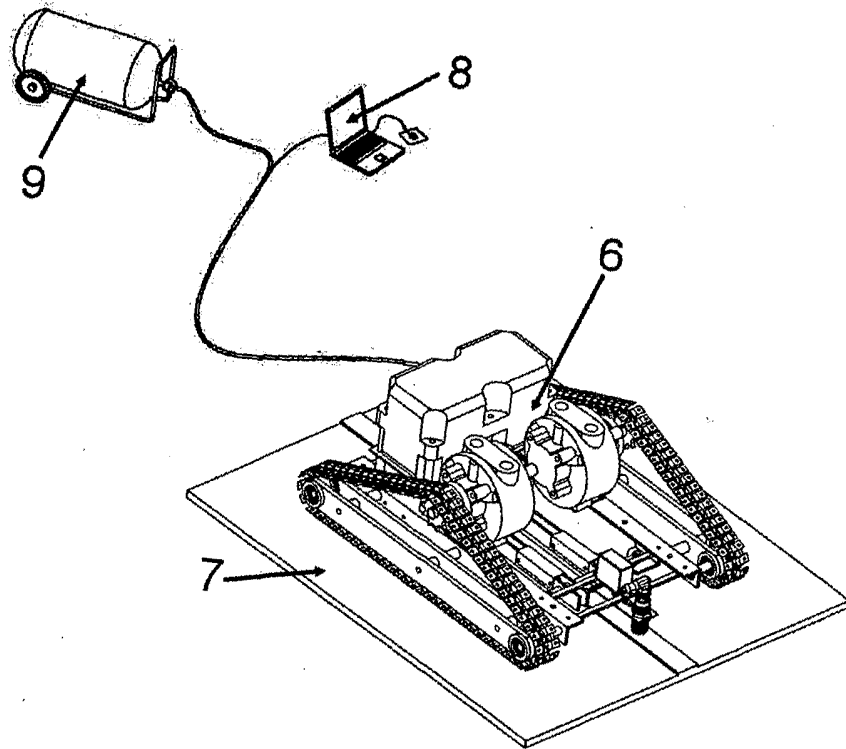
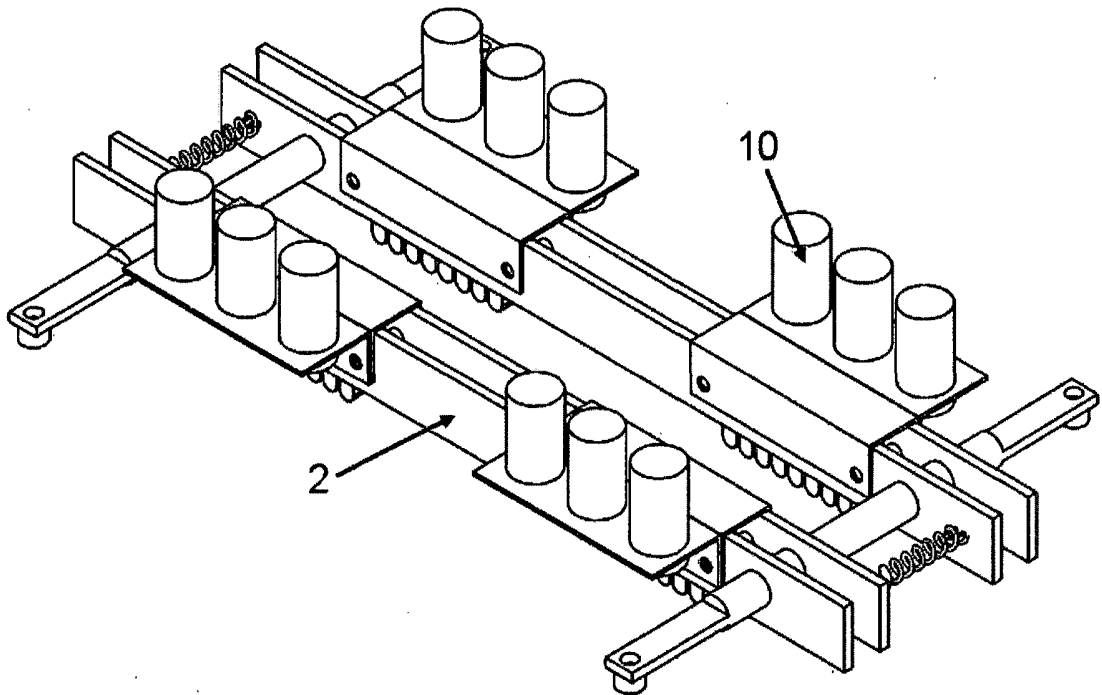
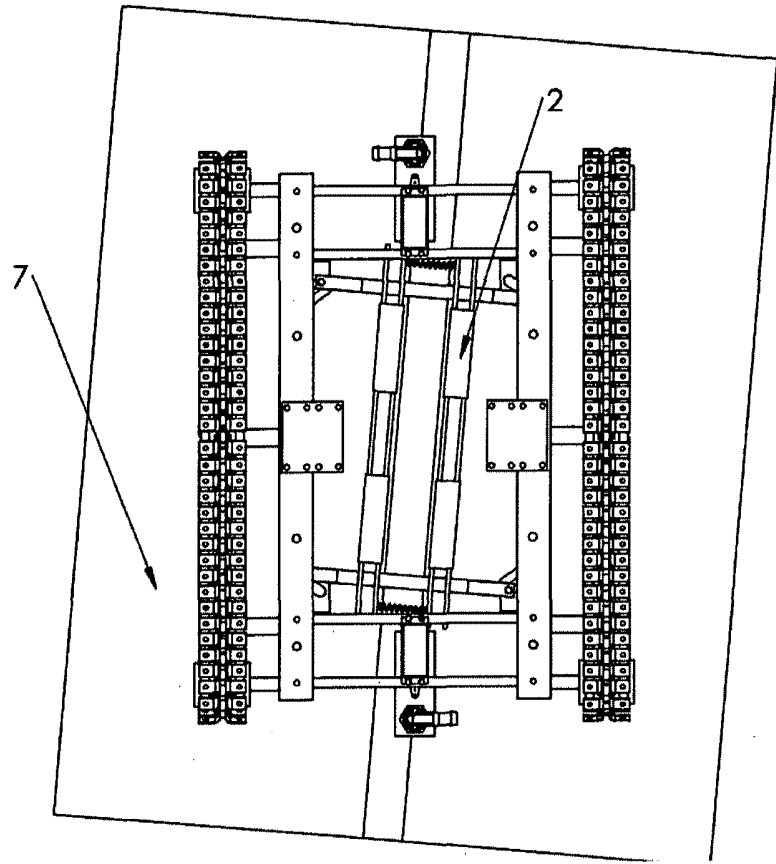


FIGURA 7



Resumo**SISTEMA AUTÔNOMO E MÉTODO PARA INSPEÇÃO DE SOLDA**

Sistema autônomo e método para inspeção de solda que possui a
5 capacidade de seguir de forma autônoma um cordão de solda, transportando
arranjos de sensores de inspeção em uma base auto ajustável. A finalidade da
presente invenção é localizar, de modo autônomo, defeitos no cordão de solda.
Um sistema de aquisição de dados registra a posição e a informação dos
sensores de inspeção. Esta informação é posteriormente analisada para
10 determinar a presença e posição dos defeitos. Um mecanismo de varredura por
relevo, montado sobre o sistema de inspeção, mede o desalinhamento entre o
sistema e o meio do cordão de solda.