



MELHORIAS NO SUPORTE DE FIXAÇÃO DE UM SISTEMA DE CORTE À PLASMA EM UM ROBÔ PNEUMÁTICO TIPO GANTRY.

Cristiano Cardoso Locateli, João R. P. Barbieri, Antonio C. Valdiero, Edson Baal, Pedro L. Andrighetto e Genaro M. M. Gilapa.

UNIJUÍ – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul.

Av. Prefeito Rudi Frank, 540. Bairro Arco-Íris. Panambi/RS, CEP 98280-000.

cris_loc@yahoo.com.br; joaorecieri@hotmail.com; valdiero@unijui.edu.br; edson.baal@unijui.edu.br, pedro@unijui.edu.br e genaro@unijui.edu.br

Resumo: *Este trabalho tem por objetivo apresentar o desenvolvimento de uma adaptação para um sistema de corte a plasma (Plasmarc 30) em um robô cartesiano de acionamento pneumático e estrutura do tipo gantry. Partiu-se da análise das características do robô pneumático e do sistema de corte a plasma, assim como do levantamento dos parâmetros do processo, realizados em trabalhos anteriores. O desenvolvimento da adaptação consistiu do seu projeto detalhado, da construção do protótipo e dos testes de viabilidade física. Como resultados, têm-se um efetuator final robótico porta-ferramenta apropriado para a montagem da tocha de corte a plasma. Este trabalho tem permitido a sinergia de esforços entre acadêmicos de iniciação científica, de trabalhos de conclusão de curso e de mestrado no desenvolvimento de soluções inovadoras em robotização de baixo custo aplicada em tarefas insalubres da indústria metal-mecânica. Como perspectivas futuras, têm-se a realização dos testes experimentais de seguimento de trajetórias e do corte à plasma.*

Palavras-chave: *manipulador robótico, efetuator robótico, corte a plasma, robô pneumático.*

1. INTRODUÇÃO

O presente trabalho trata do desenvolvimento de uma adaptação para fixação da ferramenta de corte a plasma ao manipulador robótico cartesiano acionado pneumaticamente e de estrutura do tipo gantry, tendo por objetivo a robotização de baixo custo de tarefas insalubres presentes nas indústrias do setor metal-mecânica.

Valdiero et all (2006) apresenta os desafios e os resultados do projeto de pesquisa em mecatrônica na UNIJUÍ, além de definir a mecatrônica como a integração e sinergia de conhecimentos de mecânica, eletro-eletrônica e informática para o projeto de produtos e processos automáticos. O robô é um representante típico de sistemas mecatrônicos e seu uso tem como principal objetivo melhorar as condições de trabalho do ser humano, por meio da eliminação de atividades perigosas ou insalubres de seu contato direto, além de melhorar também a qualidade do produto, através de um controle mais racional dos parâmetros de produção. A seguir descrevem-se os antecedentes do grupo de pesquisa relacionados ao presente trabalho.

Gehrmann (2005) analisou as necessidades de automação de corte a plasma da empresa metalúrgica Yanksson e desenvolveu o projeto conceitual e detalhado de um manipulador cartesiano de dois graus, mas não realizou a construção do protótipo. Em Schneider et all (2006) foi apresentado o desenvolvimento de um robô pneumático para tarefas de acabamento superficial em painéis de aço inoxidável, o qual foi construído, testado, e seus resultados publicados em Schneider (2006). Bavaresco (2007) desenvolveu uma proposta de modelagem matemática e de controle de atuadores pneumáticos e aplicou nos testes experimentais de controle de dois graus de liberdade do manipulador robótico pneumático utilizado para acabamento de painéis.

Genaro et all (2006) realizou o estudo de um modelo matemático para soldagem GMAW, definindo quais são os parâmetros a serem analisados, tanto na soldagem quanto no manipulador robótico. Locateli et all (2007) estudou o corte a plasma e definiu quais são as influências dos principais parâmetros de corte na qualidade de corte e quais devem ser os parâmetros ótimos para utilizar no manipulador robótico pneumático através do sistema de corte a plasma Plasmar 30 para o corte de chapas de 2mm.

Dando continuidade as pesquisas realizadas, o presente trabalho apresenta os resultados desenvolvimento da adaptação do sistema de corte no manipulador robótico através do projeto e fabricação de um suporte para adaptar os dois sistemas a partir do estudo do funcionamento do manipulador robótico e do sistema de corte a plasma.

Este trabalho inicia com a descrição do manipulador robótico acionado pneumaticamente na seção 2. A seção 3 trata do corte a plasma. Os resultados obtidos são descritos na seção 4. Na seção 5 é realizada as conclusões, sendo nas seções 6 e 7 descrito os agradecimentos e referências bibliográficas, respectivamente.

2. O MANIPULADOR ROBÓTICO ACIONADO PNEUMATICAMENTE

O manipulador robótico acionado pneumaticamente (Schneider, 2006) é constituído de uma estrutura metálica, um cilindro pneumático de dupla ação e haste simples para o avanço longitudinal, um cilindro pneumático sem haste para o avanço transversal e um cilindro pneumático de dupla ação com haste simples junto com uma válvula de controle de pressão que irá permitir a regulação do *stand off* (altura) do corte a plasma. A Figura 1 traz a visão geral do manipulador robótico.

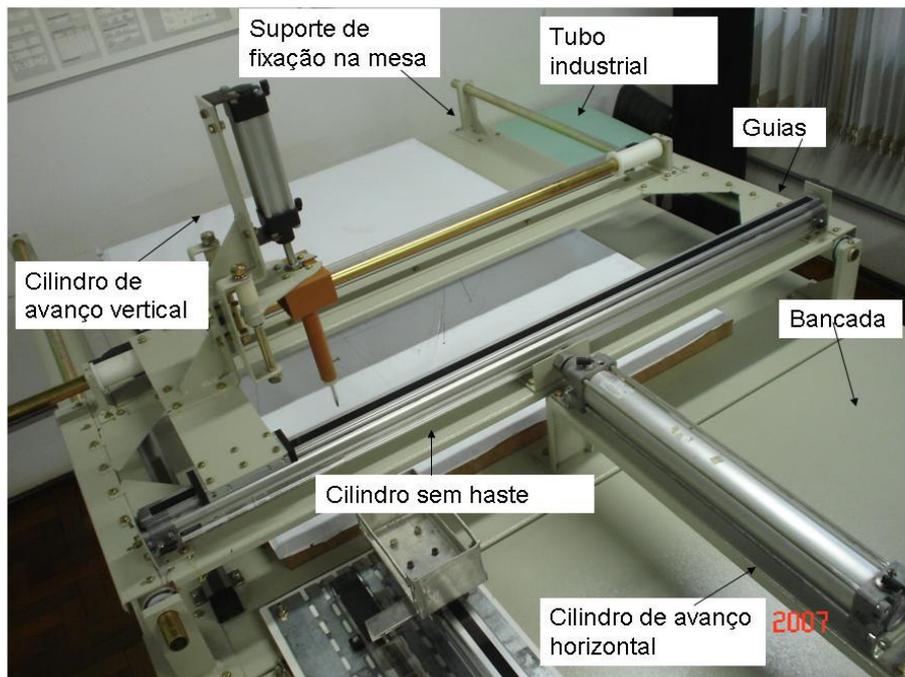


Figura 1: Manipulador robótico acionado pneumaticamente

2.1 Acionamento e sistema de controle

O sistema de acionamento pneumático do manipulador robótico é composto por três atuadores de ação dupla, sendo dois com cilindros diferenciais e um com cilindro sem haste, duas servoválvulas, uma unidade de conservação de ar comprimido, uma unidade de preparação do ar (lubrifil), uma válvula reguladora de pressão e um compressor. Os cilindros são responsáveis por transformar a energia do ar comprimido em energia mecânica e produzir o movimento do manipulador robótico através do movimento linear dos elos. As servoválvulas regulam a quantidade de ar comprimido a ser enviado para a movimentação dos cilindros. O “lubrifil” filtra, regula e lubrifica o ar comprimido. O compressor fornece o ar comprimido. Segue a Figura 2 que mostra o esquema do sistema pneumático.

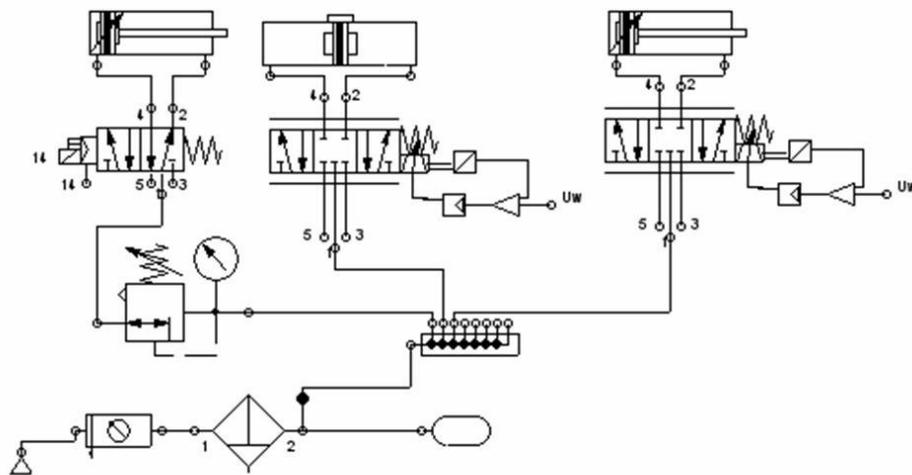


Figura 2: Esquema pneumático do manipulador robótico

O sistema de controle consiste em uma placa alemã dSPACE DS 1102, especialmente projetada para facilitar o desenvolvimento e a implementação de controladores, instalada em um computador interligado ao software Simulink/Matlab. O sistema de controle é a inteligência do robô e é utilizado para comandar o manipulador robótico. A dSPACE DS 1102 recebe os sinais do sistema de controle pelos sensores de posição linear das juntas e processa o controle. Desse processamento são gerados os sinais de controle das servo-válvulas. Ela possui quatro conversores analógico-digital (entrada ADC) e quatro conversores digital-analógico (saídas DAS). A seguir a Figura 3 traz o esquema da configuração do sistema de controle.

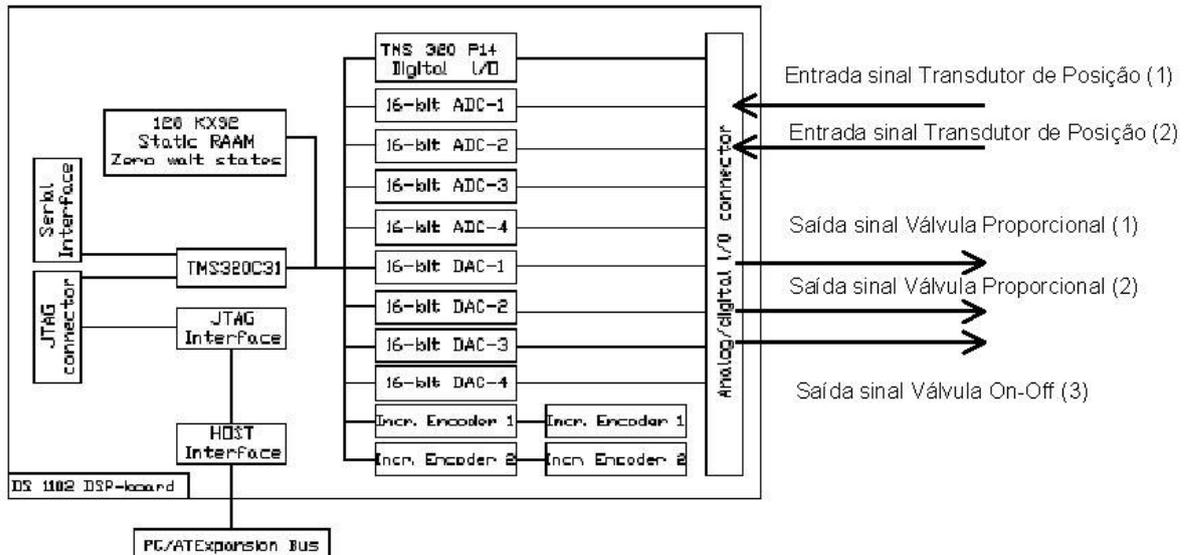


Figura 3: Desenho esquemático da placa eletrônica utilizada no sistema de controle.

Através da pneumática convencional, o posicionamento do atuador linear se restringe a dois pontos bem definidos, o início e o fim do curso dos cilindros. Já com o servoposicionador pneumático é possível posicionar o sistema com uma carga em um determinado ponto do curso do cilindro ou seguir uma trajetória variável em função do tempo. O servoposicionador é composto pelo atuador pneumático e o sistema de controle.

O atuador pneumático é composto pelo cilindro pneumático e pela servoválvula. O sistema de controle é composto pelo hardware, software e pelos sensores de medição do estado do sistema. O hardware e o software são necessários para o desenvolvimento e aplicação dos algoritmos da lei de controle proposta. No presente robô, utiliza-se atualmente o controlador PID.

A servoválvula também permite a passagem proporcional do ar comprimido para o cilindro pneumático. O deslocamento do carretel da válvula é provocado por uma tensão aplicada no solenóide, porém o posicionamento é difícil de ser controlado devido as não linearidades associadas ao escoamento do ar na servoválvula.

As servoválvulas utilizadas são do tipo MPYE-5-1/8 e alimentadas com uma tensão de 24V. O sistema de controle envia um sinal de 0V a 10V para a servoválvula, que desloca o carretel conforme a necessidade de avanço ou recuo do cilindro.

Na operação, a partir de uma pressão de suprimento regulada, o ar comprimido é fornecido a servoválvula. Com o objetivo de seguir as referências e a partir dos sinais das malhas de realimentação, o controlador gera uma tensão de controle, que energiza as bobinas dos solenóides da servoválvula e produz um deslocamento do carretel. O carretel, ao ser deslocado gera orifício de passagem, fornecendo o ar comprimido para uma das câmaras do cilindro e permitindo que o ar da outra escoe para a atmosfera. Consequentemente tem-se a variação das pressões nas câmaras do cilindro, resultando numa força que movimento o êmbolo do cilindro gerando um deslocamento.

O transdutor de posição mede deslocamento do cilindro e as posições assumidas pelo mesmo. Ele é acoplado ao cursor do atuador, sendo que é enviado um sinal de tensão ao controlador para cada posição que o transdutor assume. Já o controlador compara o sinal recebido com um sinal padrão referente à posição desejada para a parada do atuador, e realimenta o solenóide da servoválvula de maneira a corrigir a posição assumida pelo cursor do atuador.

Um dos cilindros utilizados é simétrico e sem haste. Seu movimento é realizado através de uma fita conectada ao seu êmbolo que movimentada a carga acoplada. O atuador é responsável por aplicar a força sobre a carga para conduzi-la até a posição desejada. A servoválvula controla o escoamento de ar sob pressão de forma que o carretel seja deslocado em um determinado sentido, sendo uma das câmaras conectada a pressão de suprimento e a outra a pressão atmosférica.

2.2. Área de trabalho do manipulador

O volume de trabalho do robô (Gonçalves, 2007) é definido como o conjunto de todos os pontos que podem ser manipulados pelo efetuador durante a sua movimentação. Ele é determinado pelo número e tipos de juntas do manipulador, as dimensões físicas das juntas e barras.

A distância máxima da garra à base é chamada o alcance (*reach*) do robô. Os pontos que não podem ser alcançados pela garra formam o espaço morto (*deadspace*). Alguns robôs permitem programar o limite do movimento das juntas. Pode-se também, definir zonas proibidas para o deslocamento do robô, evitando-se desta forma possíveis colisões com objetos existentes na zona de trabalho. Segue a Figura 4 com a área de trabalho do manipulador robótico.

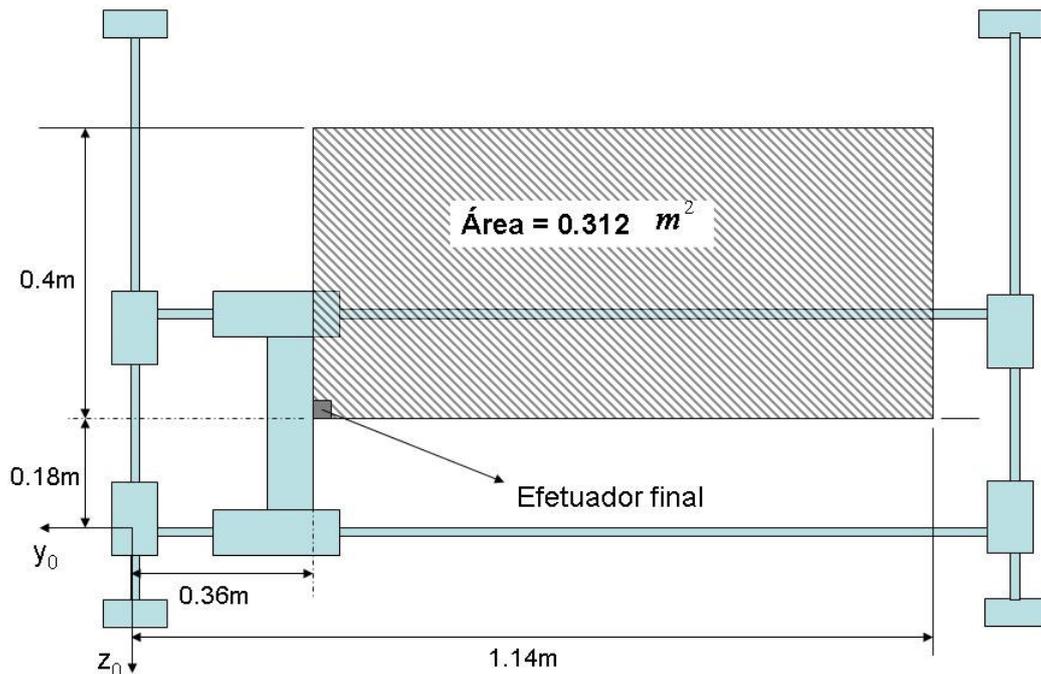


Figura 4: Área de trabalho do manipulador robótico

3. CORTE A PLASMA

O corte a plasma (Locateli et al, 2007) surgiu na metade da década de 50 a partir de uma evolução do processo de soldagem TIG. A partir desse momento tornou-se uma ferramenta muito importante dentre os processos de corte. Entretanto, o corte a plasma possuía uma reputação duvidosa devido ao seu alto consumo de componentes e por apresentar em certos casos má qualidade de corte. Reputação que melhorou muito devido às novas tecnologias empregadas no processo de corte a plasma nos últimos anos.

Sua facilidade de mecanização popularizou muito o seu processo de corte, tornando-o acessível às pequenas e médias empresas. Com o passar dos anos tem substituído gradativamente os processos de corte por laser, em chapas finas ou metais não ferrosos, e oxi-corte, em chapas de maior espessura.

3.1. Como funciona o corte a plasma

O arco elétrico sofre constrição, forma o plasma e funde a peça, sendo que o próprio jato desse gás, altamente ionizado, remove o material por arraste ou também utilizando um gás auxiliar (muitas vezes oxidante).

Pode ser utilizado um ou dois fluxos gasosos. Em alguns casos utiliza-se a água como gás de proteção. Pode cortar qualquer material, inclusive não condutores, de espessuras que variam de 0,5mm a 250mm.

Os eletrodos mais utilizados são os de tungstênio. Entretanto, principalmente quando é utilizado o ar comprimido, esse eletrodo desgasta-se muito rápido. As alternativas são eletrodos de háfnio ou ligados.

Os equipamentos utilizados no corte a plasma são basicamente os mesmo utilizados na solda a plasma. Os equipamentos consistem em uma fonte de energia, uma tocha de corte e fonte de gases e água. Apresentam uma tensão em vazio maior que a da soldagem, sendo em média de 120V a 400V. A corrente pode varia de 17A à 1000A.

A direção de corte pode influenciar decisivamente na qualidade do corte apresentada. Há uma tendência de arredondamento da aresta superior de corte de um dos lados.

3.2. Equipamento de corte a plasma utilizado

O equipamento de corte a plasma a ser adaptado no manipulador robótico acionado pneumaticamente consiste em uma máquina Plasmarc 30 onde foi adaptada uma tocha de corte mecanizada, substituindo a manual que veio com o equipamento. Segue abaixo a Figura 5 com a tocha de corte mecanizada adaptada.



Figura 5: Tocha de corte mecanizada

4. RESULTADOS OBTIDOS O SUPORTE

Percebeu-se que o corte a plasma realizado por operador é uma atividade muito insalubre e de perigosa, assim como a baixa precisão de corte. Verificou-se a possibilidade de automatizar o processo de corte, constatando a possibilidade de adaptar o processo de corte ao manipulador robótico.

A partir do estudo do projeto e funcionamento do manipulador robótico acionado pneumaticamente do tipo *gantry*, e também do estudo do processo de corte a plasma presente na universidade (Plasmarc 30), constatou-se que é possível adaptar o sistema de corte no manipulador robótico.

Apesar de parecer o componente mais simples, o suporte para a tocha de corte é muito importante. Ele é responsável por garantir rigidez ao corte, proporcionar pequenas fontes de erro no deslocamento do robô e garantir que nenhum dos componentes seja quebrado em caso de má programação do manipulador robótico.

Para movimentar o suporte, há um cilindro de ação dupla com haste simples, que é responsável pela regulagem da altura (*stand off*) do corte.

4.1. Projeto e construção do efetuator final porta-ferramenta de corte a plasma

O suporte é composto por duas partes: uma cantoneira e uma garra. Esses dois componentes foram produzidos na faculdade.

A cantoneira serve para adaptar o suporte ISO 9409-1 presente no manipulador robótico ao fixador de ferramentas. A seguir segue a Figura 6 que traz o projeto da cantoneira e sua foto após a construção.

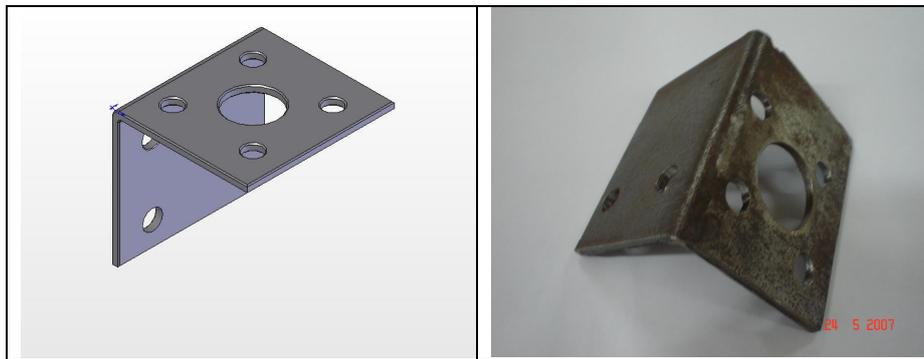


Figura 6: A cantoneira

O fixador de ferramentas é construído de alumínio e serve para segurar a tocha de corte mecanizada. Ela é presa na cantoneira. Abaixo segue a Figura 7 que mostra o projeto da garra e sua foto após sua construção.

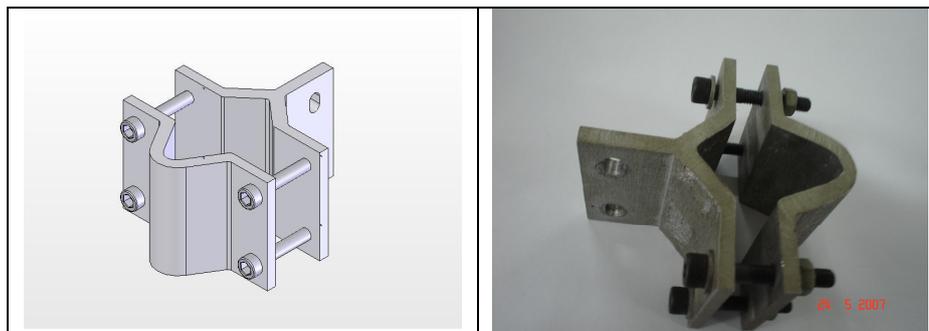


Figura 7: O fixador de ferramentas

4.2. O suporte montado

Com os dois componentes, garra e cantoneira montados, conseguiu-se uma adaptação perfeita no manipulador robótico. Consequentemente a tocha de corte mecanizado não irá ter problemas quando a fixação ou erros na trajetória devido a pequenos deslocamentos oriundo do suporte. A seguir, a Figura 8 traz a foto com o projeto do suporte e a montagem real do sistema.

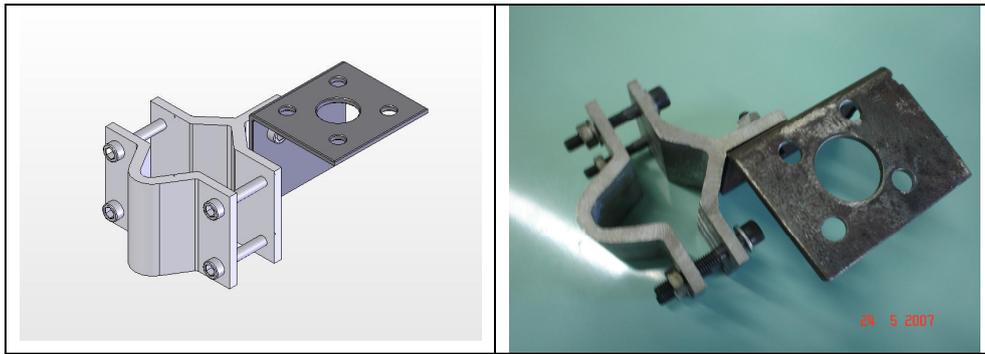


Figura 8: O suporte montado

4.3. Testes com o manipulador robótico

O suporte desenvolvido no campus foi satisfatório. Ele ocupa um espaço bem reduzido, é simples, enquadra-se bem nos requisitos de adaptação do robô e irá garantir uma boa qualidade de corte. Nos teste realizados com a tocha de corte no suporte, movimentado o robô, percebe-se uma grande rigidez no sistema, ou seja, o que era esperado. A seguir segue a Figura 9 com o suporte montado no manipulador robótico, já com a tocha de corte presente.



Figura 9: O sistema de corte adaptado no manipulador robótico

5. CONCLUSÕES

A partir do presente trabalho, pode-se utilizar o sistema de corte a plasma Plasmac 30 no manipulador robótico acionado pneumaticamente do tipo gantry. Com a realização dos testes de viabilidade física, percebeu-se que o suporte construído serviu perfeitamente para a adaptação da tocha de corte no suporte do robô, garantindo uma boa rigidez e baixas margens de erro no deslocamento do robô.

Para futuros trabalhos, pretende-se realizar testes com o corte a plasma no manipulador robótico, avaliar a qualidade de corte e estudar a possibilidade de aplicação desse sistema automatizado de corte na indústria metal-mecânica voltado para pequenas e médias empresas.

6. AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer a todos que participaram da elaboração deste trabalho e ao CNPq que possibilitou que esses estudos fossem realizados. Um agradecimento especial a UNIJUÍ, Universidade do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, que sempre forneceu todo o material necessário as pesquisas e a UERGS, Universidade do Estado do Rio Grande do Sul, que está possibilitando a graduação em engenharia mecânica pela UNIJUÍ.

8. REFERÊNCIAS

- Valdiero, A.C., Gilapa, G.M.M. e Bortolaia, L.A., 2006, “Ensino de engenharia mecânica orientado aos desafios da sociedade”.. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO DE ENGENHARIA, 2006, Passo Fundo. Anais do XXXIV Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia (COBENGE’2006). São Paulo : Associação Brasileira de Ensino de Engenharia (ABENGE).
- Gehrmann, D., 2005, “Design and development of a gantry manipulator with electric drives and a plasma torch”. 33 f. Relatório de estágio. UNIJUÍ.
- Schneider, C., Gonçalves, A., Valdiero, A.C. e Andrighetto, P.L., 2006, “Desenvolvimento de um robô pneumático para escovar painéis inoxidáveis”. In: Congresso Regional de Iniciação Científica e Tecnológica em Engenharia, 21., Feira de Protótipos, 6., 2006, Ijuí. Anais do CRICTE 2006. Ijuí : UNIJUÍ.
- Schneider, C., 2006, “Desenvolvimento e construção do protótipo de um manipulador robótico para acabamento de painéis”. Trabalho de Conclusão de Curso. UNIJUÍ.
- Bavaresco, D., 2007, “Modelagem matemática e controle de um atuador pneumático”. Dissertação. UNIJUÍ.
- Gilapa, G.M.M., Valdiero, A.C., Andrighetto, P.L. e Locateli, C.C., 2006, “Bases para o desenvolvimento de um modelo matemático para a soldagem GMAW a ser utilizada no manipulador robótico”. In: Jornada de Pesquisa da UNIJUÍ, 11., 2006, Panambi. Anais do XI JP/UNIJUÍ.
- Locateli, C.C., Gilapa, G.M.M.; Andrighetto, P.L. e Valdiero A.C., 2007, “Parâmetros do corte a plasma para serem adaptados no manipulador robótico”. Trabalho submetido a ABM – Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais.
- Gonçalves, A., 2007, “Mecatrônica orientada para os desafios da sociedade”. Relatório parcial de estágio CNPQ. UNIJUÍ.

DEVELOPMENT OF THE PLASMA CUTTING ADAPTATION SYSTEM IN A GANTRY PNEUMATIC ROBOT

Cristiano Cardoso Locateli, João R. P. Barbieri, Antonio C. Valdiero, Edson Baal, Pedro L. Andrighetto e Genaro M. M. Gilapa.

UNIJUÍ – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul.

Av. Prefeito Rudi Frank, 540. Bairro Arco-Íris, Panambi/RS, CEP 98280-000.

cris_loc@yahoo.com.br; joaorecier@hotmail.com; valdiero@unijui.edu.br; edson.baal@unijui.edu.br, pedro@unijui.edu.br e genaro@unijui.edu.br

Abstract: *This paper present the development of an adaptation for a plasma cutting system (Plasmarc 30) in a gantry robot of pneumatic drive. The work begins with characteristics analysis of the pneumatic robot and of the plasma cutting system, as well as the process parameters survey, carried through in previous works. The used methodology consists of following steps: the detailed design, the prototype construction and the tests of physical viability. As results, it was obtained a robotic end effector appropriate for the assembly of a plasma cutting torch. This work has allowed*

the efforts synergy among scientific initiation academics, course conclusion works and of master course students in the development of innovative solutions in low cost automation applied in unhealthy tasks of the metal-mechanics industry. As future perspectives, they intend to realize experimental tests of motion control.

Keywords: *robotic manipulator, robotic end effector, plasma cutting tool, pneumatic robot.*