

PROCESSO DE PROTOTIPAGEM ATRAVÉS DE SOLDAGEM E USINAGEM *

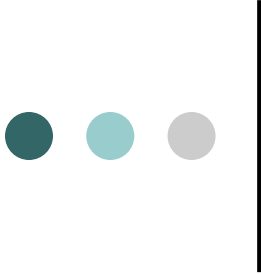


- **Autores:**

**Carlos Augusto Richter do Nascimento,
Alexandre Sbrissia Ribeiro.**

*** Apresentação do relatório do trabalho de
conclusão de curso TM-202, sob supervisão do
Professor Dalberto Dias da Costa.**

Curitiba, Agosto de 2010

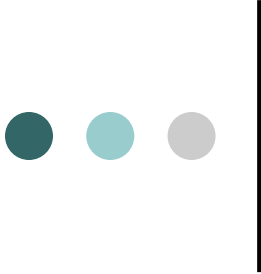


EQUIPAMENTO HÍBRIDO DE DEPOSIÇÃO POR CAMADAS (HLM)



➤ APRESENTAÇÃO DO PROCESSO

- O processo de soldagem utilizado para gerar sólidos metálicos a partir de camadas sobrepostas;
- Utilização de fontes de solda GMAW (Gas metal arc weld) como equipamento mais usual;
- Movimentos controlado por um centro de usinagem CNC;
- Usinagem posterior a soldagem para controle dimensional.



EQUIPAMENTO HÍBRIDO DE DEPOSIÇÃO POR CAMADAS (HLM)



➤ VANTAGENS E BENEFÍCIOS

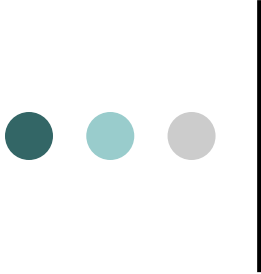
- Redução no tempo de produção;
- Redução nas tensões residuais provenientes do processo de usinagem convencional;
- Redução na quantidade de material removido;
- Prolongamento da vida das ferramentas de corte, pois serão menos requisitadas;
- Utilização de ligas de difícil usinagem.

EQUIPAMENTO HÍBRIDO DE DEPOSIÇÃO POR CAMADAS (HLM)



➤ LIMITAÇÕES DO PROCESSO

- Quando utilizado para elaboração de geometrias complexas, os custos elevam-se assim como o tempo do processo;
- Para processos longos de deposição, torna-se necessário um sistema de refrigeração;
- Programação mais elaborada e escassez de softwares direcionados para o processo;
- Necessidade de adaptação do equipamento de soldagem para otimizar o Setup.



MATERIAIS E MÉTODOS



- Controle dos movimentos executado por um centro de usinagem CNC ROMI DISCOVERY;
- Equipamento de soldagem MIG/MAG marca White Martins;
- Rele de acionamento da tocha METALTEX PRT7-2 10 A 250 V;
- Software EdgeCam para programação de geometrias complexas.

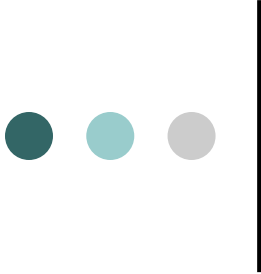


MATERIAIS E MÉTODOS



➤ Princípio de Funcionamento

- Ativação da fonte de soldagem através dos comandos NC M8;
- Controle do movimento da tocha através de programação CNC manual ou via software;
- Desativação da soldagem através do comando NC M9;
- Fresamento CNC para controle dimensional.



MATERIAIS E MÉTODOS



➤ Montagem do equipamento

- Suporte de fixação da tocha com regulagem de altura (Figura 1) ;
- Sistema elétrico de acionamento da tocha (Figura 2);
- Proteção contra eventuais respingos confeccionado em raspa de couro (Material comum de proteção em soldagens).

➤ Suporte de fixação da tocha

- Disponibiliza o movimento vertical para regulagem da altura da tocha ao substrato;
- Disponibiliza movimento horizontal para regulagem da distancia da tocha ao ponto de origem da sistema;
- Suporte fixado com auxílio de parafusos.



Figura 1: Suporte de fixação da Tocha.

MATERIAIS E MÉTODOS

➤ Sistema elétrico de acionamento da tocha

- Captação do sinal para início da soldagem através dos contatos da bomba de fluido de corte (Figura 2) ;
- Acionamento do cabeçote de soldagem através do Relé de contato (Figura 3);



Figura 2: Conector para saída de sinal

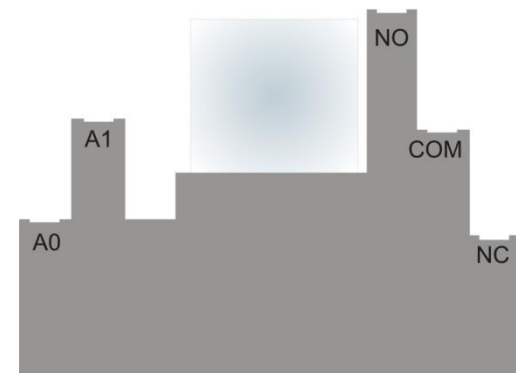


Figura 3: Relé de acionamento do cabeçote de soldagem.

MATERIAIS E MÉTODOS

- **Sistema elétrico de acionamento da tocha**
 - O sistema é alimentado por uma tensão de 220V, acionando o relé que por sua vez dispara o cabeçote de soldagem;

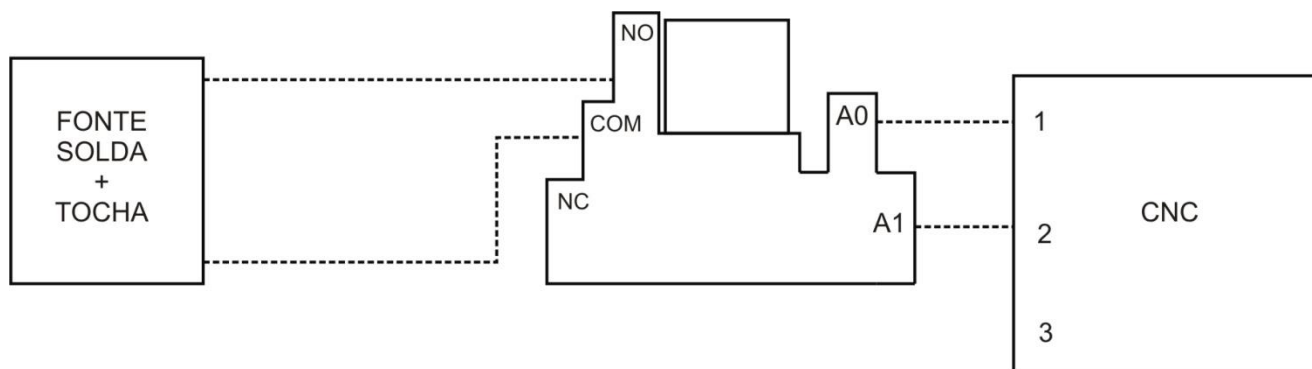


Figura 4: Diagrama elétrico do equipamento.

MATERIAIS E MÉTODOS

➤ Proteção contra respingos

- Proteção das guias;
- Proteção da estrutura da morça;
- Proteção de mangueiras plásticas;
- A fixação dos elementos de proteção foi realizada através de imãs.



Figura 5: Elementos de proteção

Testes Realizados

➤ Parâmetros preliminares

- Sobreposição de 60% entre cada cordão de solda (Karunakaran et al., 2008);
- No programa CAM a tocha foi referenciada como uma ferramenta de 2mm de diâmetro (Karunakaran et al., 2008);

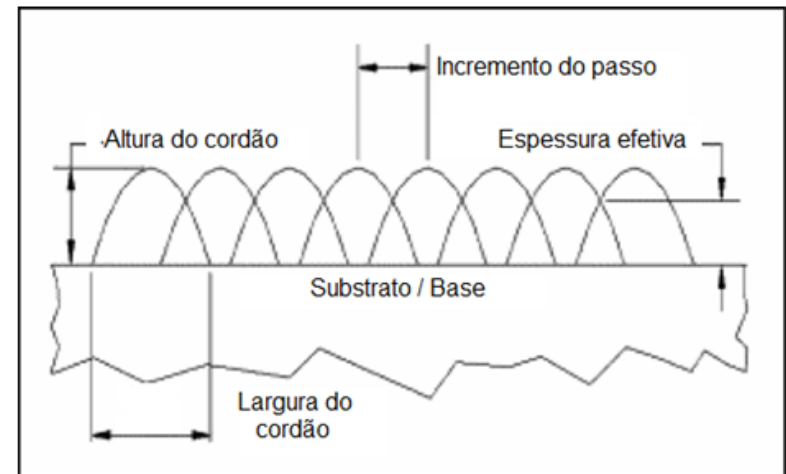
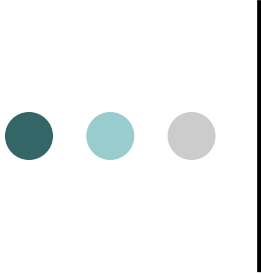


Figura 6: Morfologia dos cordões depositados (Karunakaran et al., 2008).



Testes Realizados



- **Teste A – Avaliação dos parâmetros de soldagem**
 - Sobreposição de cordões retilíneos de 90mm em um substrato de aço carbono com dimensões 150x50x20mm;
 - Velocidade da tocha fixada em 500 mm/min;
 - Distância entre o substrato e a tocha fixada em 5mm (5 a 10mm - Karunakaran et al., 2008);
 - Utilização de argônio como gás de proteção e arame de solda com diâmetro de 0,8mm;

Testes Realizados

➤ Teste A – Avaliação dos parâmetros de soldagem

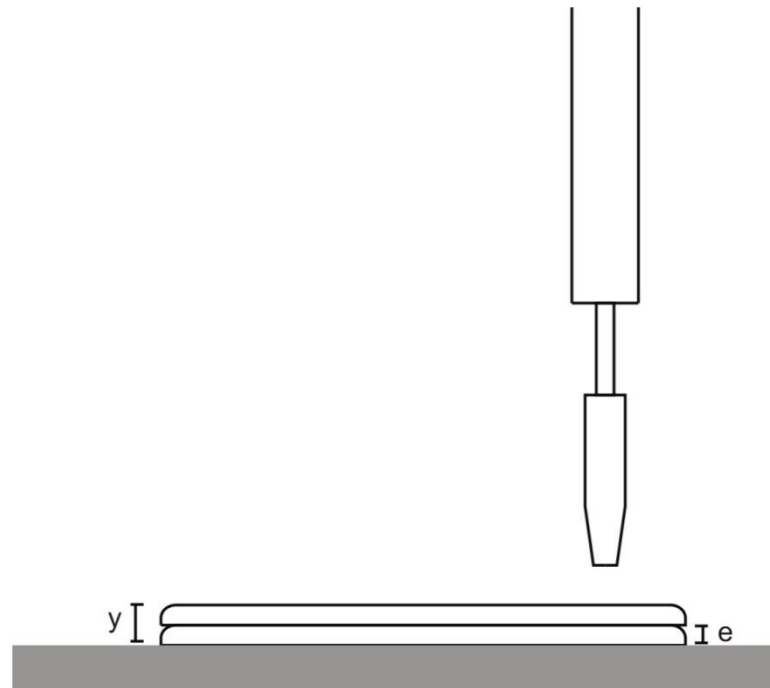


Figura 7: Sobreposições dos cordões no teste A

Testes Realizados



➤ Teste A – Avaliação dos parâmetros de soldagem

- A variação dos parâmetros da fonte MIG/MAG possibilitou a regulagem otimizada do sistema;

Cordão	Vel. Arame (mm/min)	Tensão da fonte (V)	Avaliação do respingo	Altura do cordão acumulada (mm)
1	100	17	Muito	3,0
2	60	17	Pouco	4,7
3	60	15	Pouco	6,0
4	70	15	Pouco	7,4
5	60	15	Pouco	9,0
6	60	15	Pouco	10,5

Tabela1: Resultados obtidos para o teste A

Testes Realizados

➤ Teste B – Avaliação de cordões circulares

- Utilização dos parâmetros de soldagem obtidos nos cordões 5 e 6 do teste A, assim como a geometria do substrato;
- O sentido de deposição de cada cordão foi realizada de forma alternada;



Figura 8: Deposição obtida no teste B

Testes Realizados

- **Teste C – Sincronismo entre os processos**
 - Desenvolvimento do programa CNC através do software EdgeCam;
 - Divisão do programa em 3 rotinas:
 - Programa principal;
 - Programa da solda;
 - Programa da usinagem.
 - Deslocamento da região de usinagem no programa CNC mostrado na figura 9;

Testes Realizados

➤ Teste C – Sincronismo entre os processos

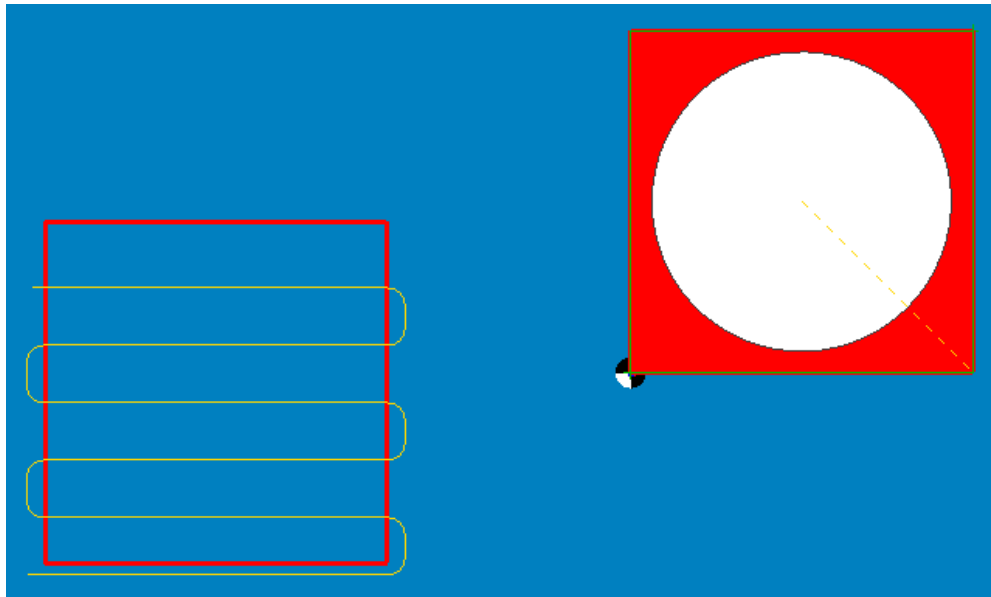
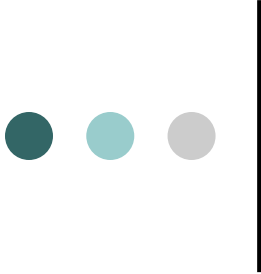


Figura 9: Região deslocada para realização da usinagem



Testes Realizados



➤ **Teste C – Sincronismo entre os processos**

- O substrato utilizado foi uma chapa de aço carbono quadrada 170X170mm com espessura de 12.7mm;
- Manteve-se uma distância de 5mm entre o início da peça e as extremidades do substrato;
- Foi utilizado a altura média de 1,4mm obtida no teste A e fixado a altura de cada camada em 1mm, ou seja, foi removido de 0,4mm por camada depositada;

Testes Realizados

➤ Teste C – Sincronismo entre os processos

- O fresamento foi realizado com uma fresa de topo com diâmetro de 63mm e composta por 8 pastilhas;

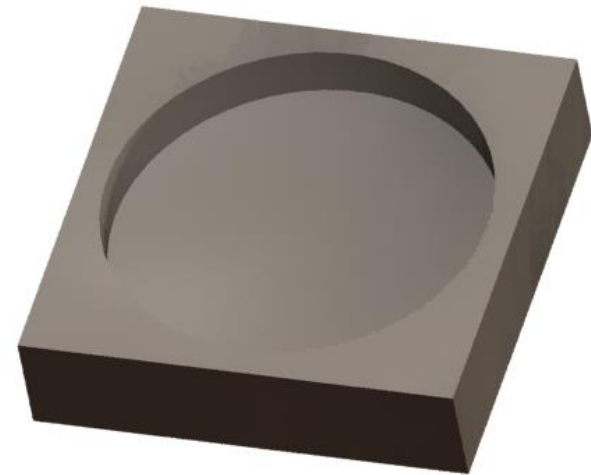


Figura 10: Peça proposta para realização do teste C.

Análise dos resultados

- **Teste A – Avaliação dos parâmetros de soldagem**
 - O processo apresentou-se estável, com uma quantidade insignificante de respingos quando regulado apropriadamente;
 - A sobreposição dos cordões gerou uma região de maior concentração de material, devido à baixa temperatura do substrato que fundiu parcialmente no início de cada cordão figura 11 (a);
 - No final de cada cordão ocorreu uma deficiência de material ocasionado pela interrupção antecipada da alimentação do arame figura 11 (b).

Análise dos resultados

➤ Teste A – Avaliação dos parâmetros de soldagem



(a)

(b)

Figura 11: (a) detalhe do início dos cordões e (b) detalhe do fim dos cordões.



Figura 12: Resultado do teste A.

Análise dos resultados

➤ **Teste B – Avaliação de cordões circulares**

- O teste B apresentou uma solução para o problema de excesso e falta de material ocorrido no teste A, ao inverter o sentido de deposição de cada cordão, ocorreu uma compensação na altura inicial e final dos cordões
- Como a literatura relatou, o excesso e a falta de material em cada cordão equivale a aproximadamente 50% a espessura de cada deposição (Karunakaran et al., 2008);

Análise dos resultados

➤ Teste B – Avaliação de cordões circulares



Figura 13: Resultado obtido para o teste B

Análise dos resultados

➤ **Teste C – Sincronismo entre os processos**

- Devido ao tempo elevado para realização de cada camada, apenas um ciclo foi realizado;
- Durante a deposição o processo manteve-se estável, os contornos circulares e as áreas descontínuas tiveram um bom acabamento;
- No fresamento, observaram-se cavacos curtos e uma ductilidade do material, a superfície após a usinagem não apresentou poros.

Análise dos resultados

- **Teste C – Sincronismo entre os processos**
 - As discontinuidades observadas nas figura 12 ocorreram devido à interrupção no processo de deposição;



Figura 14: Regiões de descontinuidade

Análise dos resultados

- **Teste C – Sincronismo entre os processos**
 - Durante a deposição ocorreu um deslocamento da tocha, ocasionado pelo contato da mesma com um respingos sobre o cordão inicial:



Figura 15: Região do deslocamento da tocha

Análise dos resultados

➤ Teste C – Sincronismo entre os processos



Figura 16: Resultado do teste C.

Análise dos resultados

➤ Teste C – Sincronismo entre os processos

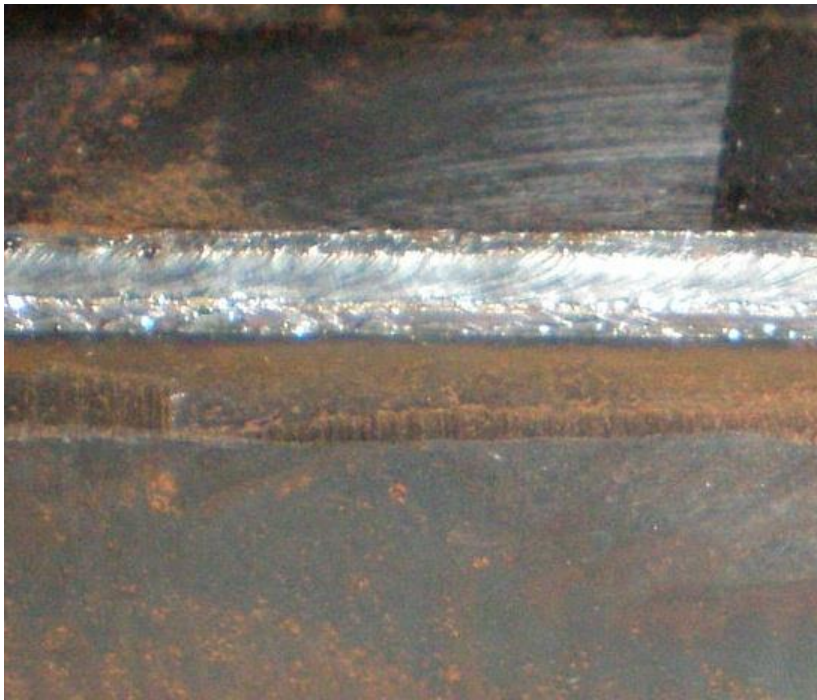


Figura 17: Acabamento lateral do cordão

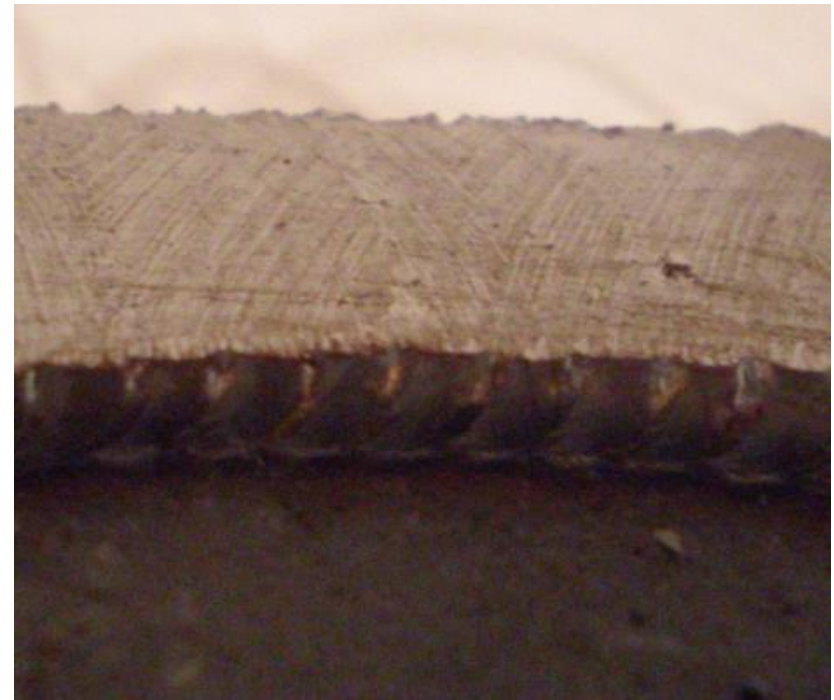
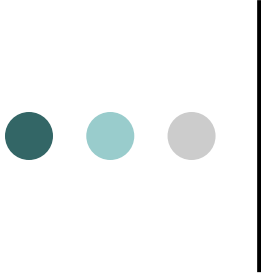


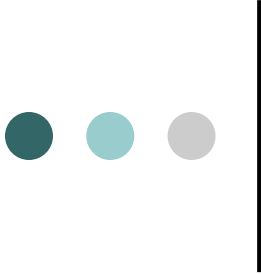
Figura 18: Acabamento interno da região circular.



Conclusões



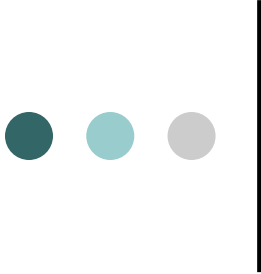
- O objetivo do trabalho era integrar dois processos de fabricação de forma que o resultado do funcionamento de ambos crie um objeto de geometria complexa, pode-se afirmar que o mesmo foi atendido;
- Através das etapas descritas nos testes A e B, os parâmetros de funcionamento da rotina de soldagem foram estabelecidos e através do software EdgeCam as rotinas de movimentação e trocas de processos foram criadas;



Conclusões



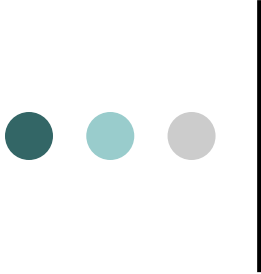
- O resultado foi um sólido de pequena espessura com contornos complexos. A quantidade de material depositado foi baixa devido ao elevado tempo necessário para formar cada camada do sólido e também devido ao grande quantidade de calor gerado pelo processo de soldagem.



Proposta para trabalhos futuros



- Desenvolvimento de um equipamento fixo que diminuirá o tempo de setup do processo atual;
- Análise micro estrutural do material depositado;
- Aprimoramento dos componentes de proteção;
- Obtenção de novos parâmetros de soldagem e usinagem para otimizar o processo;
- Desenvolvimento de um sistema de refrigeração para produção de peças de maior porte;
- Desenvolvimento de um sistema remoção de cavacos residuais sobre a área usinada;



Agradecimentos

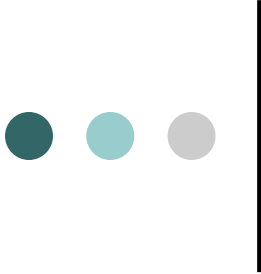


Aos familiares, colegas e as pessoas que possibilitaram a realização do presente trabalho:

Professor Dalberto Dias da Costa

Professor Paulo César Okimoto

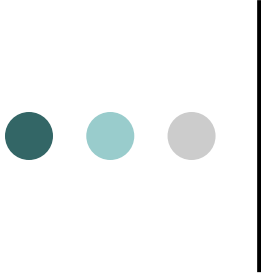
Funcionário Wesley de Oliveira Carvalho



Referências



1. Jandric, Z., Labudovic, M. and Kovacevic, R., 2004, “Effect of heat sink on microstructure of three-dimensional parts built by welding-based deposition”, *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, Vol. 44, pp.785–796.
2. Karunakaran, K.P.; Pushpa V.; Akula, S. B.; Suryakumar S., 2008, “Techno-economic analysis of hybrid layered manufacturing”, *Int. J. Intelligent Systems Technologies and Applications*, Vol. 4.
3. Kovacevic, R.; Beardsley, H.E., 1998, “Process Control of 3D Welding as a Droplet- Based Rapid Prototyping Technique”, *Proc. of the 9th Annual Solid Freeform Fabrication Symposium*.
4. Siminski, M., 2003, “Weld Path Optimization for Rapid Prototyping and Wear Replacement by Robotic Gas Metal Arc Welding”, *University of Wollongong*.



Referências



5. Song, Y.; Park, S.; Hwang, K.; Choi, D.; Jee, H., 1998, “ 3D Welding and Milling for Direct Prototyping of Metallic Parts”, Proc. of the 9th Annual Solid Freeform Fabrication Symposium.
6. Spencer, J.D., Dickens, P.M. and Wykens, C.M., 1998 “Rapid prototyping of metal parts by 3D Welding”, *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers*, Vol. 212, pp.175–182.
7. Stenbacka, N.; Persson, K. A., 1989, “ Shielding Gases for Gas Metal Arc Welding , *Welding Journal*”, vol. 68, no 11, pp. 41 – 47.
8. Wang, H., Jiang, W., Ouyang, J. and Kovacevic, R., 2004, ”Rapid prototyping of parts of 4043 al-alloy by VP-GTAW”, *Journal of Materials Processing Technology*, Vol. 148, No. 1, pp.93–102.
9. YuMing, Z., Yiwei, C., Pengjiu, L. and Alan, T.M., 2003, “Weld deposition based rapid prototyping: a preliminary study”, *Journal of Materials Processing Technology*, Vol. 135, pp.347–357.