

Desenvolvimento de módulo extrusor para manufatura aditiva com materiais poliméricos granulados ⁽¹⁾.

Victor Manoel Andrade dos Santos⁽²⁾; Gabrielli Laurindo⁽³⁾; Guilherme Bueno Silveira⁽⁴⁾; Leonardo Santana⁽⁵⁾; Rodrigo Acácio Paggi⁽⁶⁾ Aurélio da Costa Sabino Netto⁽⁷⁾

Resumo Expandido

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos do Edital nº 16/PROPPI/2013, da Pró-Reitoria de Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação

⁽²⁾ Bolsista; Instituto Federal de Santa Catarina; Florianópolis, SC; vector4100@gmail.com; ⁽³⁾ Bolsista; Instituto Federal de Santa Catarina; Florianópolis, SC; gabriellaurindo@hotmail.com; ⁽⁴⁾ Bolsista; Instituto Federal de Santa Catarina; Florianópolis, SC; guilherme094@hotmail.com; ⁽⁵⁾ Pesquisador; Universidade Federal de Santa Catarina; Florianópolis, SC; leonardosantana29@gmail.com; ⁽⁶⁾ Professor; Instituto Federal de Santa Catarina; Caçador, SC; rodrigo.paggi@ifsc.edu.br; ⁽⁷⁾ Professor; Instituto Federal de Santa Catarina; Florianópolis, SC; asabino@ifsc.edu.br.

RESUMO: Atualmente vive-se um momento de forte expansão das Impressoras 3D que utilizam a tecnologia de modelagem por fusão e deposição de materiais (FDM). A difusão desta tecnologia deve-se, sobretudo, ao uso de softwares livres, baixo custo de obtenção dos componentes para montagem da máquina e fácil operação da mesma. Porém o custo da matéria prima polimérica (PLA, ABS e etc.) que consiste em carretéis de polímero pré-fabricados, tornou-se um limitador na expansão e barateamento do processo. Este projeto tem como objetivo, desenvolver um módulo extrusor que permita a utilização de materiais termoplásticos na forma granulada. Foi utilizado metodologia PRODIP para realizar a seleção e escolha dos componentes mais adequados para constituir os módulos mecânico e eletroeletrônico. O resultado obtido é um projeto consistente e confiável, produzido com embasamento em pesquisas sobre extrusoras convencionais e, apesar do protótipo estar em fase de fabricação, acredita-se que a máquina atenderá a todas as expectativas.

Palavra Chave: Impressora 3D, extrusão, polímero granulado.

INTRODUÇÃO

O processo de Fusão e Deposição de Materiais (FDM) foi concebido em 1989 pela empresa norte-americana Stratasys (STRATASYS INC., 1992). Atualmente, é o processo de manufatura aditiva mais difundido no mundo e utiliza a matéria-prima na forma de filamento (VOLPATO et al., 2007). Isto limita o uso da tecnologia para a construção de peças com materiais comercialmente disponíveis. No mercado, geralmente, estão disponíveis à venda carretéis produzidos com os polímeros ABS e PLA.

O uso de diferentes conceitos para o módulo extrusor tem sido objeto de algumas pesquisas para viabilizar o uso de diferentes materiais poliméricos. Kretscheck (2012) notou que os conceitos mais estudados são os com extrusão por êmbolo e extrusão por rosca. Ambos conceitos apresentam aspectos positivos e negativos. A extrusão por êmbolo utiliza menos material, mas não permite o uso contínuo da máquina, uma vez que o material

contido no êmbolo precisa ser repostado. A extrusão por rosca permite o uso contínuo da máquina, mas apresenta uma solução construtiva mais complexa.

Existe grande interesse em avaliar o uso da tecnologia FDM com outros materiais poliméricos tais como: biopolímeros, polímeros de engenharia, polímeros de alto desempenho e compósitos poliméricos.

O objetivo deste trabalho foi desenvolver um módulo extrusor que permita a utilização de materiais termoplásticos na forma granulada.

METODOLOGIA

Para o desenvolvimento do módulo de extrusão, bem como dos sistemas elétricos do equipamento foi utilizada a metodologia PRODIP (BACK et al., 2008). A partir dos requisitos de projeto foi possível estabelecer a síntese funcional disposta na figura 1, em seguida definiram-se os componentes e arquitetura utilizada.

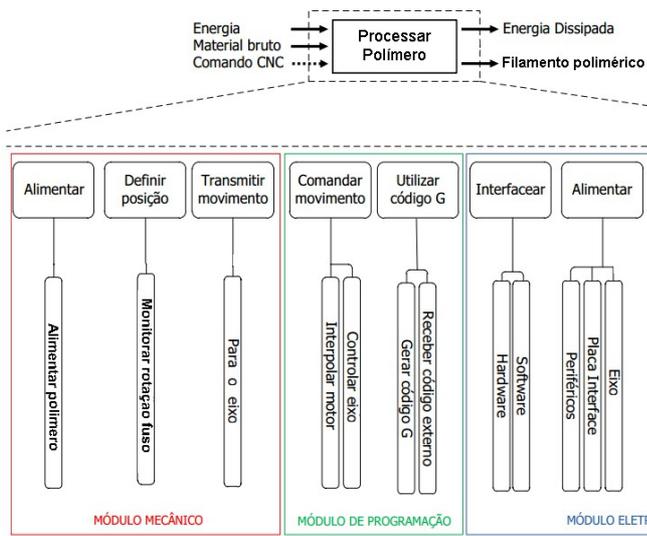


Figura 1: Síntese funcional para o módulo extrusor.

Desenvolvimento do módulo mecânico

O projeto do módulo mecânico foi baseado em algumas extrusoras de laboratório (Haake, Brabender e AXPlásticos). Um esquema do sistema proposto é apresentado na figura 2.

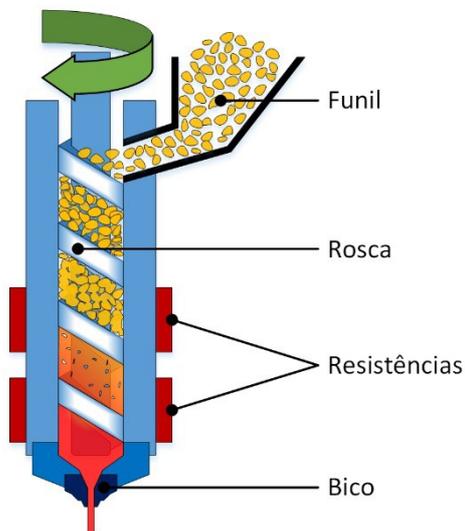


Figura 2: Esquema do módulo extrusor com os principais componentes.

Os materiais granulados são acondicionados em um funil que fica posicionado na parte superior do sistema. Uma rosca extrusora na posição vertical transporta o material granulado ao longo do cilindro que contém resistências elétricas em duas zonas. Após a segunda zona de aquecimento o material passa por uma matriz de extrusão que ajusta o diâmetro do filamento e mantém a temperatura do

material com uma terceira resistência.

Optou-se inicialmente por utilizar uma rosca apenas com a zona de transporte. O diâmetro escolhido para a rosca foi de 15 mm por permitir uma altura de filete compatível com a granulometria normal dos materiais virgens. O comprimento da rosca escolhido foi de 300 mm que configura uma relação de l/d de 20 que é normal na extrusão de termoplásticos. Para fabricar a rosca do protótipo foi utilizada uma broca para concreto de 18 mm de diâmetro. A ponta com a pastilha de metal duro foi removida e o diâmetro da rosca foi usinado para alcançar a medida final.

Com base na rosca, o cilindro da extrusora foi projetado a partir de um tubo de aço trefilado 36x16 sem costura que têm diâmetro interno de 15,3 mm. Ao corpo do cilindro foram montadas duas resistências tipo abraçadeira de mica e dois termopares tipo J.

A potência elétrica para o aquecimento do sistema foi dimensionada com base nas equações 1, 2 e 3.

$$(1)$$

$$Q = m \cdot c_p \cdot \Delta T \quad (2)$$

$$Q = m \cdot \Delta h \quad (3)$$

Onde: P = potência elétrica; Q = quantidade de calor; t = tempo; m = massa; c_p = calor específico; ΔT = variação entre as temperaturas final e inicial e Δh = variação entre as entalpias final e inicial.

Para este cálculo fez-se necessário considerar os diversos componentes e os diferentes materiais que compõe o conjunto. Por meio de aproximações estimadas da massa de cada componente, pelo software de CAD, obteve-se o valor necessário para que o conjunto alcançasse a temperatura de trabalho. Utilizando como base um tempo de aquecimento máximo de 10 minutos, obteve-se que a potência elétrica necessária seria de 300W. No entanto, foram utilizadas duas resistências de 200W cada como margem de segurança e permitir uma resposta mais rápida de aquecimento.

Como matriz de extrusão, adotou-se um bico para impressoras 3D, modelo Merlin, com 3 mm de diâmetro na entrada e 0,5 mm de diâmetro na saída. O bico contém uma resistência tipo cartucho de 12V e 30W de potência e um termistor 100k Ω para controle da temperatura de saída do filamento.

Para o acionamento da rosca foi concebido um sistema composto de polias/correia sincronizadora,

um redutor e motor de passo. O uso das polias foi escolhido para fornecer segurança no caso de um bloqueio na rosca. Foi utilizado um redutor planetário com 15:1 para conferir maior torque e precisão ao sistema. O motor de passo empregado foi um NEMA 23 com 15 kgf.cm.

Com base nos componentes supracitados, foi realizado o modelamento 3D do módulo extrusor no software Solidworks conforme é apresentado na figura 3.

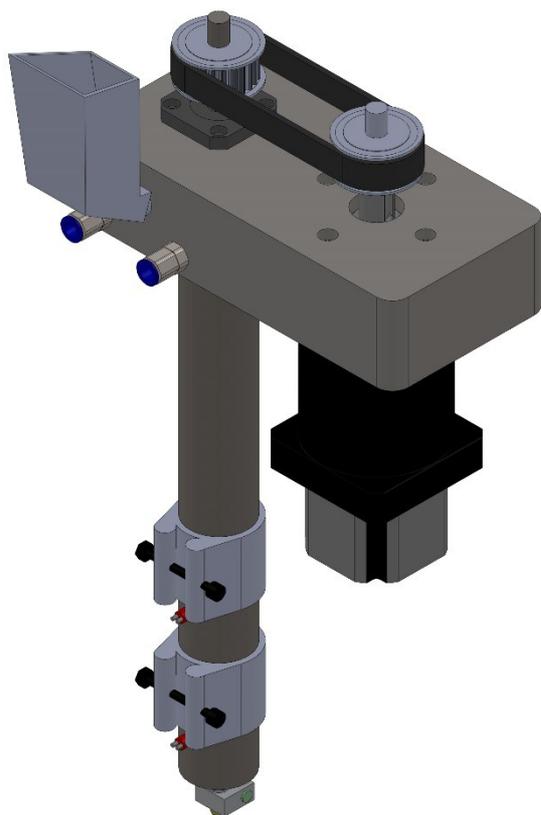


Figura 3: Montagem em CAD do módulo extrusor.

Desenvolvimento do Módulo Eletro-eletrônico

O sistema de controle do equipamento é responsável por fazer a interface entre programação e máquina. Para tanto, foi necessário desenvolver um gabinete de controle utilizando componentes eletrônicos com diversas funcionalidades.

Utilizaram-se no projeto quatro fontes de alimentação para os sistemas eletroeletrônicos, todas com saídas em corrente contínua.

A placa controladora C10 que é alimentada separadamente por meio de uma fonte 5V, foi escolhida por possuir baixo custo, utilizar porta

paralela e ser comumente utilizada para o desenvolvimento de máquinas CNC com interface de software Mach3. A segunda fonte possui saída de 36V e é utilizada para alimentar os drivers de controle de motor KL4030 da fabricante Keling Inc., capazes de acionar os mais diversos modelos de motores de passo, suas vantagens de utilização são a grande precisão de acionamento oferecida de micro passo de até 1/64 passos que proporciona maior resolução de movimentação e capacidade de potência de acionamento relativamente alta. Uma terceira fonte de 24V foi utilizada para alimentar uma contactora 24V/25A, que controla todo o circuito de intertravamento proporcionando maior segurança para o sistema. Foi utilizada também uma quarta fonte com saída 12V para energizar o bico extrusor.

Para controlar as temperaturas nas duas zonas do cilindro e no bico, foram empregados três controladores PID C304 da fabricante Contemp, que possui tecnologia baseada em micro controlador RISC de alto desempenho que possibilita execução de operações matemáticas e algoritmos em 32 bits e ponto flutuante, garantindo velocidade e precisão no controle do processo.

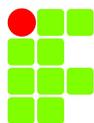
A opção de software para controle e IHM do equipamento foi o Mach3, por possuir flexibilidade, qualidade e baixo custo, o software em questão é amplamente utilizado em desenvolvimento de máquinas CNC independentes. Outro fator que levou a escolha foi pelo mesmo ser utilizado como plataforma didática para ensino de construção de máquinas, desta forma os pesquisadores estavam mais familiarizados com esta plataforma.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O auxílio da metodologia PRODIP foi fundamental para realizar a seleção e escolha dos componentes mais adequados para constituir os módulos mecânico e eletro-eletrônico.

Adotou-se um projeto conservador devido as incertezas geradas pela utilização de conceitos de extrusão em pequena escala. Testes realizados com bicos convencionais indicam que a taxa de extrusão necessária gira em torno de 0,7g /5min. Acredita-se que o uso de uma rosca de perfil único, apenas com a zona de transporte, seja adequado para atender esta necessidade.

O protótipo está em fase de fabricação e entende-se que os módulos mecânico e eletro-eletrônico funcionarão de forma adequada. Todavia não foram realizados testes para verificar a precisão e exatidão da máquina como um todo, devido a



atrasos no cronograma de execução do projeto.

Os testes de validação da máquina propostos consistem em averiguar a uniformidade e densidade do filamento resultante ao final do processo, além da repetitividade, a fim de definir a precisão e confiabilidade do equipamento desenvolvido.

Testes para validação da interface do gabinete de controle e intertravamento com o módulo mecânico também foram realizados, estes apresentaram desempenho satisfatório por corresponderem às expectativas quanto ao sistema de segurança e de controle. O sistema de intertravamento apresentou ótimo desempenho, interrompendo o sistema quando solicitado.

CONCLUSÕES

O protótipo que está em fase de fabricação, tem as características iniciais para realizar estudos de extrusão de termoplásticos em escala reduzida. Ele será controlado por meio de um computador utilizando o software Mach3 e será capaz de processar o material na forma granulada através de uma matriz para uma forma final de filamento com diâmetro aproximado de 0,5 mm.

A próxima etapa será integrar o módulo de extrusão a um equipamento de movimentação XYZ para realizar estudos em manufatura aditiva e, dessa forma, comprovar a finalidade final do projeto. Tendo em vista que o objetivo foi apenas o desenvolvimento do módulo extrusor conclui-se que o mesmo foi um sucesso.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o Instituto Federal de Santa Catarina pelo apoio fornecido para a realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS

BACK, N.; OLIGARI, A.; DIAS, A.; SILVA, J. Projeto Integrado de Produtos: Planejamento, Concepção e Modelagem. Manole, 2008.

KRETSCHEK, D. Desenvolvimento de um cabeçote de extrusão por êmbolo para polipropileno granulado visando a manufatura aditiva. 127f. Dissertação (Mestrado). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curso de Pós-graduação em Engenharia Mecânica e de Materiais, Curitiba, 2012.

STRATASYS INC. (Minneapolis). Steven Scott Crump. Apparatus and method for creating three-dimensional objects. US n. 5121329, 30 out.1989, 09 junho 1992.

VOLPATO, N.; et al. Prototipagem Rápida: Tecnologias e Aplicações. São Paulo: Edgard Blücher, 2007.