sict SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA DO IFG

DESENVOLVIMENTO DE UMA ESTAÇÃO DE SECAGEM E CONDICIONAMENTO DE BAIXO CUSTO PARA FILAMENTOS DE IMPRESSÃO 3D

CUNHA, Pedro Henrique Borges
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Câmpus Goiânia.

SANTOS, Christiane Borges
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Câmpus Goiânia.

A integridade estrutural e a precisão dimensional na manufatura aditiva por Modelagem por Fusão e Deposição (FDM) são severamente degradadas pela higroscopia intrínseca de termoplásticos de engenharia, como poliamidas e PETG. A água ocluída na matriz polimérica vaporiza-se bruscamente no bloco aquecedor, originando porosidades, stringing e reações de hidrólise que podem reduzir em mais de 50% a resistência mecânica das peças acabadas. Como as soluções industriais e estufas comerciais apresentam custos restritivos para ambientes acadêmicos e de fabricação distribuída, este trabalho objetivou projetar e validar uma estação de secagem automatizada de baixo custo e arquitetura aberta. O sistema proposto fundamenta-se na instrumentação baseada no microcontrolador Arduino, sensor digital BME280 e atuadores termoelétricos Peltier acoplados à convecção forçada, operando com controle rigoroso de patamar térmico abaixo da temperatura de transição vítrea (Tg) dos materiais. Frente a restrições orçamentárias e cronológicas que impossibilitaram a execução de ensaios físicos destrutivos com filamentos nobres, adotou-se uma metodologia centrada na validação analítica e digital. A modelagem termodinâmica da câmara foi equacionada em Espaço de Estados

Linear e Invariante no Tempo (LTI de 3ª ordem), paralelamente ao cálculo da cinética de transferência de massa governada pela Segunda Lei de Fick em coordenadas cilíndricas. Para o acionamento térmico, aplicou-se algoritmo Proporcional-Integral-Derivativo (PID) com janela proporcional de tempo (Relay Windowing), além da condução de testes automatizados em malha fechada via Hardware-in-the-Loop (HIL) operando sob o protocolo SCPI em rede local para injeção programada de perturbações. As simulações demonstraram que o controle PID atingiu estabilidade em aproximadamente 710 segundos com sobressinal restrito a 1,8% (pico de 66,1 °C para setpoint de 65 °C) e erro em regime permanente inferior a 0,2 °C, eliminando as oscilações críticas características do controle On-Off (sobressinal de 13% e flutuações de ±4,5 °C). A modelagem da difusão fickiana projetou a extração de 92,9% da umidade retida em 4 horas a 65 °C, atingindo o teor residual de 0,085%, patamar plenamente seguro contra ebulição na extrusão. Adicionalmente, os testes de estresse em bancada atestaram a eficácia das rotinas de segurança lógica (failsafes). Conclui-se que o framework digital comprovou a viabilidade técnica e termodinâmica do equipamento orçado, estabelecendo diretrizes estruturadas para futura confecção do protótipo físico e ensaios mecânicos de tração padronizados.

Palavras-chave

Manufatura Aditiva; Secagem de Filamentos; Difusão Fickiana; Controle PID.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás.