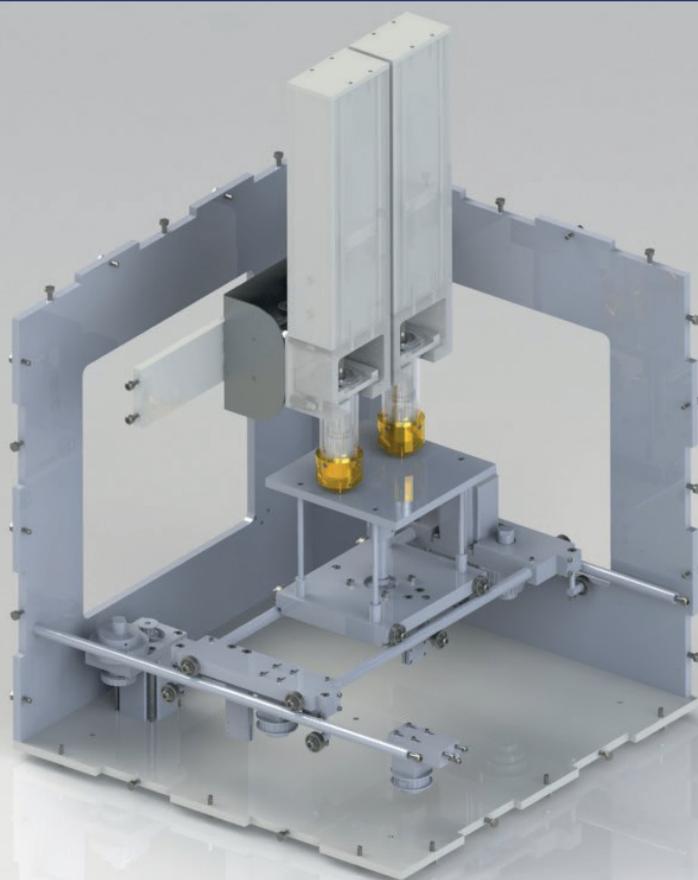


VALDEMIR MARTINS LIRA

PROCESSOS DE FABRICAÇÃO POR IMPRESSÃO 3D

Tecnologia, equipamentos, estudo de caso e projeto de impressora 3D



Blucher

Valdemir Martins Lira

PROCESSOS DE FABRICAÇÃO POR IMPRESSÃO 3D

Tecnologia, equipamentos, estudo de caso
e projeto de impressora 3D

Processos de fabricação por impressão 3D: Tecnologia, equipamentos, estudo de caso e projeto de impressora 3D

© 2021 Valdemir Martins Lira

Editadora Edgard Blücher Ltda.

Publisher Edgard Blücher

Editor Eduardo Blücher

Coordenação editorial Jonas Eliakim

Produção editorial Isabel Silva

Preparação de texto Maurício Katayama

Diagramação Roberta Pereira de Paula

Revisão de texto Beatriz Carneiro

Capa Leandro Cunha

Imagem da capa Arquivo do autor

Blucher

Rua Pedroso Alvarenga, 1245, 4º andar

04531-934 – São Paulo – SP – Brasil

Tel.: 55 11 3078-5366

contato@blucher.com.br

www.blucher.com.br

Segundo o Novo Acordo Ortográfico, conforme 5. ed. do *Vocabulário Ortográfico da Língua Portuguesa*, Academia Brasileira de Letras, março de 2009.

É proibida a reprodução total ou parcial por quaisquer meios sem autorização escrita da editora.

Todos os direitos reservados pela Editora Edgard Blücher Ltda.

Catálogo na publicação

Elaborada por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

L768

Lira, Valdemir Martins

Processos de fabricação por impressão 3D: tecnologia, equipamentos, estudo de caso e projeto de impressora 3D / Valdemir Martins Lira – São Paulo: Blucher, 2021.

136 p., il.; 17 x 24 cm

ISBN 978-65-5506-299-1 (impresso)

ISBN 978-65-5506-296-0 (eletrônico)

1. Processo de fabricação. 2. Impressão 3D. 3. Gestão de projetos. 4. Viabilidade econômica. 5. Manufatura aditiva. 6. Prototipagem. I. Lira, Valdemir Martins. II. Título.

CDD 670

Índice para catálogo sistemático

I. Processo de fabricação

APRESENTAÇÃO

O objetivo deste livro é apresentar as tecnologias dos processos de fabricação que são realizados por meio da impressão 3D, enfatizando seu princípio, benefícios, principais processos do mercado, suas aplicações, estudo de caso, projeto de máquina impressora 3D e também esclarecendo a mente do leitor para que ele possa vislumbrar algo do assunto.

Além de servir como um texto básico para a formação de técnicos, engenheiros, *designers*, modeladores e tantos outros profissionais do setor, pretende-se com este material responder de forma detalhada àqueles profissionais iniciantes na área que, muitas vezes, nos procuram com um croqui ou um desenho técnico 2D querendo fazer um protótipo físico por meio do processo de impressão 3D.

De uma forma mais ampla, este livro se destina a profissionais que estejam direta ou indiretamente ligados ao desenvolvimento de uma grande variedade de produtos, desde *designers* a profissionais que utilizam biomodelos na área da saúde, como cirurgiões médicos ou dentistas, ou ainda profissionais ligados às artes, ao setor de joias, entre outros.

Valdemir Martins Lira

ESTRUTURA DOS CAPÍTULOS DO LIVRO

O Capítulo 1 ou Introdução apresenta uma visão geral do processo de fabricação de algum modelo físico via impressão 3D e da tecnologia envolvida.

O Capítulo 2 (“Histórico da impressão 3D”) apresenta uma revisão histórica do desenvolvimento das primeiras técnicas para realizar a produção de objetos em 3D.

No Capítulo 3 (“Tecnologia do processo de fabricação por meio da impressão 3D”), é apresentado o processo de fabricação de protótipo via impressão 3D e a tecnologia envolvida.

No Capítulo 4 (“Geração de arquivos de dados do modelo em 3D”), são apresentados vários *softwares* para fatiamento do modelo em 3D com interface baseada no STL e formatos neutros. Ainda nesse capítulo é descrito como se realiza a geração de arquivos de dados do modelo.

O Capítulo 5 (“Geração de arquivos para fatiamento”) resume vários tipos de formatos para o fatiamento do modelo. São descritos também os principais formatos de troca de dados para máquinas com Solid Free Form. Com isso pode-se ter uma visão geral de tais formatos e suas características, tanto em 3D quanto em 2D.

O Capítulo 6 (“Classificação dos processos de fabricação por meio da impressão 3D via material”) apresenta os materiais utilizados nos processos de fabricação por impressão 3D. Para tanto, foi feita uma classificação dos vários tipos de processos dando foco ao estado da matéria usada na fabricação do modelo do protótipo.

No Capítulo 7, intitulado “Processo de fabricação por meio da impressão 3D (PF3D)”, são descritos os processos de fabricação de peças por meio da impressão 3D e das tecnologias envolvidas nos equipamentos, como *laser*, resistência elétrica, entre outros.

O Capítulo 8 (“Geração da trajetória”) traz as diferentes estratégias de geração de trajetória do sistema extrusor ou do *laser* dos diferentes processos de fabricação de peças ou protótipo via impressão.

No Capítulo 9 (“Características de dispositivos dos processos de impressão 3D”), há duas grandezas de transformação de estado físico do material: por um lado, os sistemas a *laser* lançando luz acerca dos tipos de sistemas para direcionar o feixe de *laser* e, por outro lado, os sistemas por extrusão de material fundido a partir de filamento com ênfase em modelagem cinemática do sistema extrusor, a fim de determinar os valores limites dos parâmetros operacionais como velocidades ideais de deposição e da superfície de deposição e também analisar o sistema dinâmico da extrusão no FDM.

O Capítulo 10 (“Viabilidade econômica do PF3D”) apresenta de forma básica os critérios de utilização, tanto estratégico quanto operativo, do processo de fabricação de protótipo via impressão 3D. Com isso, pode-se entender um pouco mais acerca da seleção do tipo de tecnologia do PF3D a ser adotada.

O Capítulo 11 se intitula “Estudo de caso entre PF3D”. Tal estudo de caso refere-se a um comparativo dos processos de prototipagem rápida via *stereolithography* e *fused deposition modeling* com prototipagem convencional no desenvolvimento de produtos com uso de material plástico.

O Capítulo 12 traz o “Projeto de impressora 3D”. Tal projeto permite ao leitor replicar, caso deseje, a máquina em questão, pois estão disponíveis todas as informações e desenhos. Por meio desse projeto pode-se realizar a impressão de peças e a usinagem de peças via fresamento.

Em muitas seções dos capítulos do livro existem QR *codes*, imagens em forma de códigos para leitura via aplicativo instalado em celular, *tablet* e outros aparelhos. Ao serem acessados, tais códigos conduzem a um vídeo explicativo relativo ao item em questão. Este recurso possibilita uma melhor compreensão do tema em estudo.

Por fim, em todos os capítulos são indicadas referências sobre o tema para aprofundamento dos conhecimentos.

CONTEÚDO

1. INTRODUÇÃO	17
Referências	18
2. HISTÓRICO DA IMPRESSÃO 3D	21
2.1 Histórico da representação de objetos em 3D	21
Referências	23
3. TECNOLOGIA DO PROCESSO DE FABRICAÇÃO POR MEIO DA IMPRESSÃO 3D	25
3.1 Aplicação do PF3D	27
3.2 Visão geral da tecnologia do PF3D	29
Referências	32
4. GERAÇÃO DE ARQUIVOS DE DADOS DO MODELO EM 3D	35
4.1 <i>Software</i> para fatiamento	35
4.2 Interface STL e formatos neutros	37
Referências	42

5. GERAÇÃO DE ARQUIVOS PARA FATIAMENTO	43
5.1 Formato de arquivo para fatiamento	43
Referências	47
6. CLASSIFICAÇÃO DOS PROCESSOS DE FABRICAÇÃO POR MEIO DA IMPRESSÃO 3D VIA MATERIAL	49
6.1 Materiais utilizados no PF3D	51
Referências	55
7. PROCESSO DE FABRICAÇÃO POR MEIO DA IMPRESSÃO 3D (PF3D)	57
7.1 PF3D via <i>stereolithography</i>	57
7.2 <i>Solid ground curing</i> (Cubital)	60
7.3 PF3D via <i>laser sinter</i>	63
7.4 PF3D via <i>layer laminate manufacturing</i> (LLM)	66
7.5 PF3D via <i>fused layer modeling</i> (FLM)	71
7.6 Extrusora prototipadora (Mühlacker)	78
7.7 <i>Three dimensional printing</i> (3DP)	81
7.8 PF3D via <i>laser-generation</i> (LG)	83
Referências	84
8. GERAÇÃO DA TRAJETÓRIA	87
8.1 Estratégias de geração de trajetória no PF3D	87
Referências	89
9. CARACTERÍSTICAS DE DISPOSITIVOS DOS PROCESSOS DE IMPRESSÃO 3D	91
9.1 Introdução	91
9.2 Sistemas a <i>laser</i>	92
9.3 Sistemas por extrusão de material	96
Referências	111

10. VIABILIDADE ECONÔMICA DO PF3D	113
Referências	116
11. ESTUDO DE CASO ENTRE PF3D	119
11.1 Introdução ao estudo de caso	119
11.2 Geração dos protótipos	121
11.3 Comparação dos custos dos equipamentos e materiais para SLA e FDM	121
11.4 Comparação dos parâmetros de preparação e operação dos equipamentos utilizados na PR via FDM e SLA	122
11.5 Comparação das características das máquinas e dos processos de FDM e SLA	123
11.6 Comparativo de custos	125
Referências	127
12. PROJETO DE IMPRESSORA 3D	129
12.1 Introdução	129
12.2 Desenho técnico e impressora 3D montada	129
Referências	132
ÍNDICE REMISSIVO	133

CAPÍTULO 1

Introdução

Neste capítulo é apresentada uma visão geral do processo de fabricação de algum modelo físico via impressão 3D e da tecnologia envolvida. Por fim são indicadas referências acerca do tema para aprofundamento dos conhecimentos.

A globalização do mercado e das indústrias possibilita a disseminação do *know-how* dos processos de fabricação de produtos e intensifica a concorrência nacional e internacional. Na produção industrial, o desenvolvimento de produtos e processos está em constante aprimoramento, de tal forma que envolve prazos mais curtos e maior qualidade dos produtos. Nesse contexto de alta exigência de inovação e também de redução do ciclo de vida do produto, as empresas podem obter, com o processo de fabricação por meio da impressão 3D (PF3D), maior economia de custos e de tempo, na fase inicial do desenvolvimento de produtos (WESTKÄMPER, 2003).

A concepção de produtos com apoio do PF3D contribui indubitavelmente para a automação e a informatização do fluxo de informações e, conseqüentemente para sua racionalização entre os departamentos de uma empresa, pois envolve intensa troca de informações na fase de desenvolvimento do produto (WESTKÄMPER, 2003).

Anteriormente ao surgimento do PF3D, as peças e os protótipos eram feitos, de posse do desenho do produto, por meio de máquinas convencionais usadas no chão de fábrica, como tornos, fresadoras, furadeiras, entre outros. Tais processos, de uma maneira geral, encareciam o produto final. Com o PF3D, a fabricação de peças protótipos necessita de integração de tecnologias mecânica, eletrônica e informática em um processo produtivo, de modo a conceber e construir uma peça ou um protótipo em um curto período (FRITZ; NOORANI, 1999; GONÇALVES, 2000; HALLER, SIEGERT, 2000).

As empresas têm buscado no PF3D um meio para diminuir ainda mais o tempo e os custos na introdução de produtos no mercado (BREINTINGER, 2002). Essa tecnologia proporciona a identificação e a correção de erros já no estágio de esboço, durante o processo inicial de desenvolvimento, e ainda a previsão, sem restrições, de formas e geometrias para a construção de protótipos (HELD, 1996).

Especificamente os processos de manufatura necessitam da elaboração de protótipos antes da produção final de uma ferramenta (molde de injeção) ou peças em alta escala. O protótipo é a primeira representação física e sólida do que foi concebido e tem como finalidade confirmar que esse seja o produto desejado antes da sua produção final. A peça ou protótipo deve contribuir com o processo de desenvolvimento do produto, com a redução dos custos e do tempo de projeto, bem como explicitar a interação necessária entre os departamentos da empresa (MACHT, 1999).

A expressão “rápido é melhor” é verdadeira em muitas áreas produtivas (WESTKÄMPFER, 2003). Tudo o que contribui para a redução do *time-to-market*¹ merece atenção especial.

O PF3D, nos dez primeiros anos, desde a introdução da primeira máquina em 1987, alcançou um nível relativamente alto de atividade econômica. Nessa época ele era denominado *rapid prototyping*. O termo *rapid* era usado como palavra-chave para indicar a concepção e a manufatura moderna de produtos de vários segmentos.

O PF3D vem sendo amplamente estudado nos últimos anos (BIRKE, 2002; BREINTINGER, 2002; GEBHARDT, 2000; KASCHKA, 1999; PIEVERLING, 2002; EBENHOCH, 2001; GEIGER, 2000), sobretudo a viabilização econômica da aplicação de máquinas específicas direcionadas para a automação desse processo, melhoria de processos e utilização de novos materiais etc.

REFERÊNCIAS

BIRKE, C. *Der Einsatz von Rapid-Prototyping-Verfahren im Konstruktionsprozess*. 2002. Tese (Doutorado) – Institut für Maschinenkonstruktion, Universität Magdeburg, Magdeburg, 2002.

BREINTINGER, F. *Ein ganzheitliches Konzept zum Einsatz des indirekten Metall-Lasersinterns für das Druckgießen*. 2002. Tese (Doutorado) – Lehrstuhl Montagesystemtechnik und Betriebswissenschaften, Technischen Universität München, München, 2002.

EBENHOCH, M. *Eignung von additiv generierten Prototypen zur frühzeitigen Spannungsanalyse im Produktentwicklungsprozess*. 2001. Tese (Doutorado) – Fakultät Konstruktion und Fertigungstechnik, Universität Stuttgart, Stuttgart, 2001.

¹ *Time-to-market* é o tempo necessário para se introduzir um produto no mercado.

FRITZ, B.; NOORANI, R. Conformação de materiais utilizando ferramental rápido. *Revista Máquinas e Metais*, n. 407, p. 10, dez. 1999.

GEBHARDT, A. *Rapid Prototyping – Werkzeuge für die schnelle Produktentwicklung*. München: Hanser, 2000. 409 p.

GEIGER, M. *Prozeßplanung und Prozeßführung bei Generativen Fertigungsverfahren*. 2000. Tese (Doutorado) – Fraunhofer Institut für Produktionstechnik und Automatisierung (IPA), Stuttgart, Stuttgart, 2000.

GONÇALVES, A. C. Injeção a baixa pressão de peças metálicas com geometria complexa. *Revista Máquinas e Metais*, n. 410, p. 14, fev. 2000.

HALLER, B.; SIEGERT, K. Produção de protótipos de peças e de ferramentas. *Revista Máquinas e Metais*, n. 410, p. 104-119, mar. 2000.

HELD, M. *Compilergenerierung aus Hardwarebeschreibungen und deren Anwendung für den Entwurf anwendungsspezifischer programmierbarer Prozessoren*. 1996. Tese (Doutorado) – Vom Fachbereich 19 der Technischen Hochschule Darmstadt, Darmstadt, 1996.

KASCHKA, U. *Methodik zur Entscheidungsunterstützung bei der Auswahl und Bewertung von konventionellen und Rapid Tooling-Prozeßketten*. 1999. Tese (Doutorado) – Fakultät für Maschinenbau und Verfahrenstechnik, Technischen Universität Chemnitz, Aachen, 1999.

MACHT, M. A. *Ein Vorgehensmodell für den Einsatz von Rapid Prototyping*. 1999. Tese (Doutorado) – Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften (IWB), Technischen Universität München, München, 1999.

PIEVERLING, J. C. *Ein Vorgehensmodell zur Auswahl von Konturfertigungsverfahren für das Rapid Tooling*. 2002. Tese (Doutorado) – Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaft (IWB), Fakultät für Maschinenwesen der Technischen Universität München, München, 2002.

WESTKÄMPER, E. How many rapid technologies does a company need. In: *International User's Conference & Exhibition on Rapid Prototyping & Rapid Tooling & Rapid Manufacturing*, 4., Frankfurt, 2003. p. 7.

WOHLERS, T. T. *Wohlers report 2001. Rapid prototyping & tooling state of the industry annual worldwide progress report*. [S. l.]: Collins; Wohlers Associates, 2001.

Este livro apresenta e classifica os processos de fabricação por impressão 3D a partir de um breve levantamento histórico das primeiras técnicas para realizar a produção de objetos em 3D, posteriormente são apresentados vários *softwares* para fatiamento do modelo em 3D com interface baseada no STL e outros formatos, proporcionando a compreensão da geração de arquivos para fatiamento em que são descritos os principais formatos de troca de dados para máquinas com Solid Free Form.

Também é apresentado um estudo de caso que permite compreender e selecionar o processo de fabricação por 3D mais adequado. Para o leitor ávido em fabricar um equipamento para impressão 3D, é disponibilizado um projeto com todas as informações e desenhos, permitindo replicar a máquina em questão.

Para o suporte na formação e no aprendizado existem códigos QR que conduzem a um vídeo explicativo relativo ao processo ou a uma informação sobre a impressão 3D. O livro se destina a profissionais que estejam direta ou indiretamente ligados ao desenvolvimento de uma grande variedade de produtos, desde *designers* a profissionais que utilizam biomodelos na área da saúde, como cirurgiões médicos ou dentistas, ou ainda aos profissionais ligados às artes, setor de joias, entre outros.



www.blucher.com.br

Blucher



Clique aqui e:

VEJA NA LOJA

Processos de Fabricação por Impressão 3D

Tecnologia, equipamentos, estudo de caso e projeto de impressora 3D

Valdemir Martins Lira

ISBN: 9786555062991

Páginas: 136

Formato: 17 x 24 cm

Ano de Publicação: 2021

Peso: 0.230 kg
