

II EDIZIONE

Stampa 3D professionale

Design, prototipazione e produzione industriale

Werner Stefano Villa



Sommario

L'autore	VII
Ringraziamenti	VIII
Contenuti del libro.....	IX
Contenuti aumentati.....	XI
Il booksite.....	XII
Come contattarci.....	XV
Prefazione - Creatività, Progetto e Industria 4.0	XVII

Capitolo 1 - La stampa 3D 1

I vantaggi della fabbricazione additiva	3
La prototipazione rapida	6
Verifiche formali	6
Test funzionali.....	7
Master per stampi.....	8
I prodotti finiti	8
La storia della prototipazione rapida	9
Il rapporto tra prototipazione rapida e produzione industriale.....	11
I settori industriali che maggiormente beneficiano della stampa 3D.....	13
Stampa 3D e sostenibilità ambientale.....	20
Conclusioni	21

Capitolo 2 - Il flusso di lavoro per la stampa 3D professionale23

La modellazione tridimensionale.....	24
La conversione del modello digitale nel formato STL	25
Lo slicing del modello.....	28
La stampa 3D del manufatto.....	29
Il post-processing: pulitura e finitura	30
Conclusioni.....	31

Capitolo 3 - Le tecnologie e i materiali per la manifattura additiva.....33

I processi a liquido	34
La stereolitografia (SLA, StereoLithographic Apparatus).....	35
Il procedimento Polyjet	42
Il procedimento Multi Jet Modelling (MJM) o Multi Jet Printing (MJP).....	47
Il procedimento Drop on Demand (DOP) o Sanders Prototype Inc. (SPI)	51
I processi a solido	54
Il sistema Laminated Object Manufacturing (LOM)	54
Il sistema Fused Deposition Modelling (FDM)	57
I processi a polvere	66
Il sistema Selective Laser Sintering (SLS).....	67
I sistemi Direct Metal Laser Sintering (DMLS) e Selective Laser Melting (SLM).....	74
Il sistema Electronic Beam Melting	79
Il sistema 3D Print.....	81
Conclusioni.....	88

Capitolo 4 - Il co-design e le stampanti consumer89

L'importanza del co-design	89
I FabLab.....	90
Il settore delle stampanti consumer.....	91
Conclusioni.....	94

Capitolo 5 - Stampa 3D e Computational design.....95

Il Design computazionale.....	95
Stampa 3D e Design computazionale	99
Conclusioni.....	100

Capitolo 6 - Creazione del modello tridimensionale ... 101

Considerazioni preliminari.....	102
Il software per la progettazione tridimensionale digitale	104
Autodesk Inventor Professional.....	105
Il progetto T4Toprint.....	106
I file di riferimento per gli esercizi e il booksite.....	107
Il vassoio-piattino	107
La tazza per la degustazione del tè	115
La teiera con coperchio	123
Conclusioni.....	165

Capitolo 7 - Preparazione alla stampa, esportazione STL e generazione dei supporti..... 167

Caratteristiche del formato STL.....	167
Correzione del file STL	172
Verifica del file STL con Magics.....	172
Verifica del file STL con Netfabb.....	178
Generazione dei supporti per la stampa 3D.....	184
Generare i supporti con Autodesk Inventor Professional.....	186
Generazione dei supporti con Autodesk Meshmixer.....	193
Conclusioni.....	203

Capitolo 8 - Dal bit all'atomo con slicing e stampa 3D 205

La porta del virtuale verso il reale	206
Lo slicing del prototipo con Slic3r per la tecnologia FDM	210
Slicing del coperchio della teiera.....	211
La stampa tridimensionale del prototipo.....	262
Repetier-Host	264
Operazioni di pulizia e finitura del prototipo.....	268
Stampare senza stampante: i servizi di produzione e prototipazione r	
apida on-line	271
Shapeways	272
Ponoko.....	272
Sculpteo	272
i.materialise.....	272
Altri servizi di stampa internazionali.....	273
Servizi di stampa italiani.....	273

Capitolo 9 - Il futuro e le stampanti 3D 275

Binder Jetting (BJ)	275
Come funziona.....	277
I punti di forza e le applicazioni.....	277
I materiali	278

Capitolo 5

Stampa 3D e Computational design

La progettazione odierna, nel suo vasto campo applicativo, che vede intrecciarsi e dialogare design, architettura, urbanistica, ingegneria civile e ingegneria industriale, ha ormai fatto proprio quel processo creativo, sottolineato nei capitoli precedenti, che definisce nella digitalizzazione l'affermarsi della forte continuità tra ideazione e realizzazione.

Una vera e propria progettazione digitale che, a partire dai prodromi dell'ultimo decennio del secolo scorso, ha avuto conferma e diffusione in questi anni del nuovo millennio: una progettazione basata su modelli tridimensionali realizzati non come semplice rappresentazione di un oggetto o di un manufatto, bensì come sistema conoscitivo di simulazione e prototipazione che permette di specificare gli strumenti appropriati utili sia per un'analisi predittiva sia per una produzione attenta e puntuale.

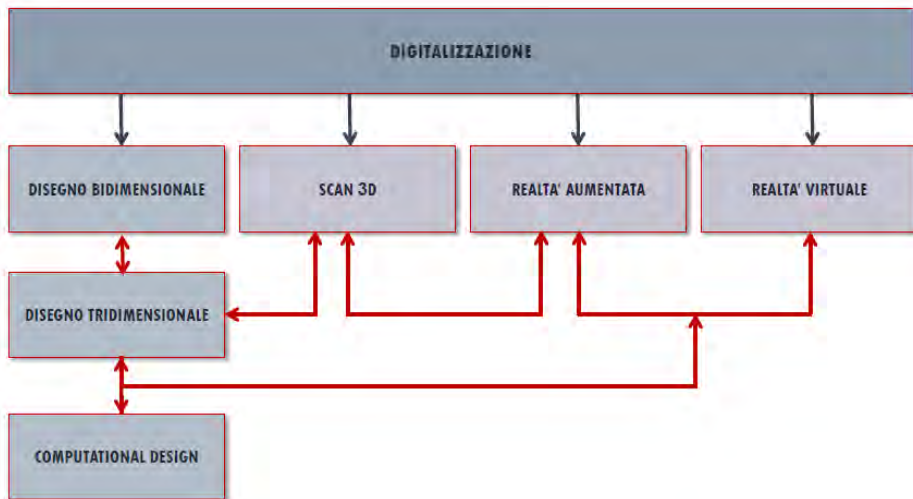


Figura 5.1

Gli strumenti che permettono la definizione del modello progettuale digitale.

II Design computazionale

Oggi i modelli tridimensionali digitali consentono al progettista non solo di essere "ideatore", ma anche "costruttore" della propria idea; i dati digitali, infatti, non solo rappresentano l'oggetto immaginato, ma anche i codici alfanumerici che ne permettono ormai la diretta realizzazione.

Questa vera e propria “tecnologia progettuale”, capace di fornire previsioni sugli stati futuri del sistema-prodotto e che consente azioni preventive che permettono di correggerne o influenzarne l'evoluzione realizzativa, è possibile grazie ai software cosiddetti parametrici, che, attraverso le relazioni dei dati che definiscono tutti gli elementi bi e tridimensionali che compongono il modello (i dati alfanumerici digitali appunto), aiutano il creativo nel definire coerentemente e correttamente il proprio oggetto progettuale.

La gestione dei dati parametrici applicati al modello tridimensionale digitale permette di realizzare un vero e proprio “gemello digitale” che, a qualsiasi scala realizzativa, permette di rendere reale il virtuale e viceversa. Infatti la progettazione può iniziare da idee creative “nuove” o da interventi su elementi esistenti, rilevati e digitalizzati da scanner tridimensionali (procedura tecnologica che prende il nome di Reverse Engineering).



Figura 5.2

Tuta da ciclismo customizzata realizzata in due ore tramite Reverse Engineering e Stampa 3D. Fonte Vorteq.

Questa (nuova) modalità progettuale digitale vede la sua espressione più accurata e puntuale in un insieme di conoscenze, chiamate **Computational design**, che consentono l'uso attento degli strumenti e delle tecniche informatiche (programmazioni algoritmiche) per tradurre in procedure e regole tutti gli elementi che definiscono un progetto sia dal punto di vista informativo (**Parametric design**) sia dal punto di vista formale (**Generative design**).

In questa ottica possiamo dire che il design parametrico permette di operare sulle interconnessioni tra le parti cosicché alterando una dimensione la ricaduta su tutte le altre sia immediata (serve, a esempio, per verificare e definire cambi di progetto in tempo reale), mentre il design generativo consente di creare la forma di un oggetto fornendo al software informazioni definite (i dati o parametri – i cosiddetti Big Data) e facendo sì che, all'interno di queste, generi un insieme di soluzioni tra le quali scegliere.

Per esempio, si può “dire” a una macchina di progettare una seduta che rispetti determinati limiti ergonomici e/o che utilizzi la minor quantità possibile di materiale (Figura 5.3).



Figura 5.3

La sedia A.I. progettata da Philippe Starck per Kartell realizzata grazie al Design computazionale. Fonte: Kartell.

Il Design computazionale permette perciò di gestire il prodotto creativo come un progetto sistemico, dove i singoli elementi, così come nella realtà, interagiscono tra loro, dove, se uno cambia, devono cambiare, necessariamente, tutti gli altri (Figura 5.4).



Figura 5.4

Attraverso il Design computazionale, è possibile generare centinaia, se non migliaia di opzioni, tutte valutabili sulla base di criteri specifici (le regole di progettazione) che consentono di determinare la soluzione migliore.

Tutto questo permette, usando regole matematicamente anche complesse (le regole algoritmiche), ma definite da una strategia progettuale estremamente semplice che suddivide infatti un problema complesso in un insieme controllato di problemi più piccoli (il pensiero algoritmico), di realizzare geometrie formali estremamente composite e articolate a qualsiasi scala progettuale (Figura 5.5).

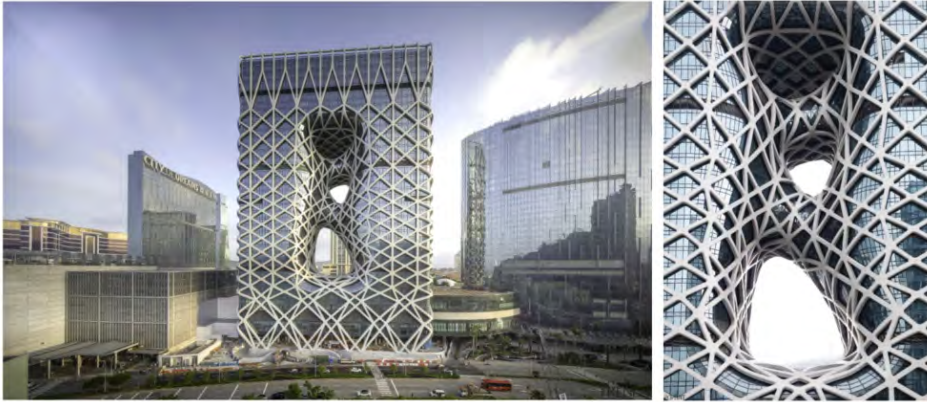


Figura 5.5

Morpheus, hotel a Macau progettato grazie all'utilizzo attento del Computational design. Fonte: Zaha Hadid Architects.

Nota

Il pensiero algoritmico non è né di derivazione informatica (lo ha infatti teorizzato un matematico persiano del IX secolo, Al-Khwarizmi) né lontano dal modo di pensare dell'essere umano poiché nasce e cresce attraverso il "semplice" ragionamento.

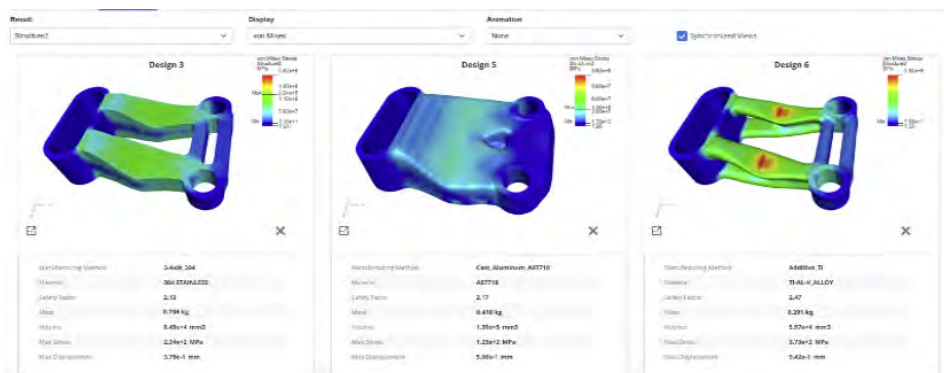


Figura 5.6

Ottimizzazione topologica di una parte generata con Computational design. Il sistema digitale ha ottimizzato i due progetti a sinistra per fresatura a tre assi e fusione in alluminio, mentre a destra per l'additive manufacturing, che non ha problemi di angoli di sforno e quindi richiede meno vincoli produttivi.

Capitolo 7

Preparazione alla stampa, esportazione STL e generazione dei supporti

Come sottolineato nel secondo capitolo, nel quale abbiamo parlato del flusso di lavoro per arrivare alla stampa 3D del prodotto, l'accesso del mondo digitale a quello reale necessita di un ulteriore e fondamentale passaggio: la conversione del modello in coordinate macchina, per il quale è necessario un formato standardizzato, che sia leggibile e utilizzabile in modo univoco da tutti i processi di prototipazione rapida.

Questo standard è stato identificato nel formato STL, permettendo così ai software CAD, ognuno dei quali utilizza le proprie tipologie di algoritmi per rappresentare un oggetto, di rendere i disegni tridimensionali universalmente compatibili con i software di gestione delle stampanti 3D.

Caratteristiche del formato STL

Lo Standard Triangulation Language, o anche STereo Lithography interface format, consente la generazione di un file che permette la rappresentazione semplificata della superficie esterna di un solido virtuale.

Ogni faccia viene infatti discretizzata, ovvero scomposta in un insieme di triangoli elementari (facce), generando così un file che raccoglie per ognuno di essi sia le coordinate XYZ per ciascuno dei tre vertici, sia il vettore che ne descrive l'orientamento della normale alla superficie.

Nota

La normale è utilizzata per determinare la parte interna e la parte esterna del poligono. Se la normale punta verso il lato interno dell'oggetto, la parte esterna e la parte interna vengono invertite causando errori di stampa.

La semplificazione in superfici triangolari del formato STL genera necessariamente un'approssimazione della forma geometrica originale, creando un fenomeno chiamato *facetting*, *sfaccettatura*, il cui effetto può essere contenuto aumentando il numero dei triangoli della discretizzazione, che, però, appesantiscono non solo le dimensioni del file, ma anche e soprattutto il tempo necessario alla sua elaborazione da parte della macchina prototipatrice (Figura 7.1).

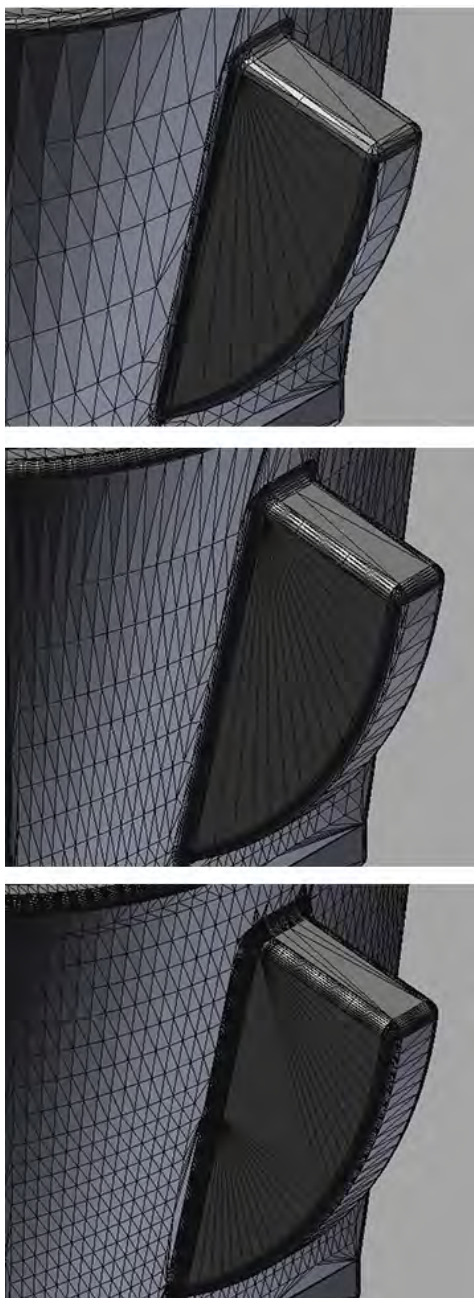


Figura 7.1

Il fenomeno di faceting insito nel file STL. In alto è possibile visualizzare una discretizzazione con risoluzione Bassa, al centro Media, in basso Alta.

Capitolo 9

Il futuro e le stampanti 3D

A cura di Moreno Soppelsa
moreno@soppelsa.it

Dalla prima alla seconda edizione di questo libro ciò che era il futuro delle stampanti 3D è diventato presente (per esempio le stampanti a resina). Cosa ci aspetta nei prossimi anni in questo settore rimane un tema sempre aperto. Per questa edizione del libro abbiamo scelto una tecnologia che, pur esistendo dal 1998, avrà un grande sviluppo nel breve termine: la Binder Jetting.

Binder Jetting (BJ)

La tecnologia è stata inventata e brevettata dal Massachusetts Institute of Technology. La società Extrude Hone ha ottenuto dal MIT i diritti di utilizzo esclusivo di questa tecnologia e nel 1998 ha lanciato la prima macchina per la stampa 3D diretta in metallo commerciale che utilizza la binder jetting, la ProMetal RTS-300. Extrude Hone è stata poi venduta a Kennametal, mentre le attività legate alla produzione additiva sono passate, tramite altre vicissitudini alla, ExOne (<https://www.exone.com>), che ora è stata acquisita dalla Desktop Metal (<https://www.desktopmetal.com>) che produce a sua volta stampanti 3D per metalli con questa tecnologia.



Figura 9.1

La stampante 3D Shop System della società americana Desktop Metal, progettata per l'officina meccanica, impiega la tecnologia Binder Jetting. Credit foto: Desktop Metal.

Anche HP ha introdotto questa tecnologia per metalli l'anno scorso con il nome Metal Jet (<https://www.hp.com/it-it/printers/3d-printers/products/metal-jet.html>) e GE Additive l'impiega nella gamma Binder Jet Line (https://www.ge.com/additive/sites/default/files/2022-11/GEA_Binder%20Jet%20Brochure_US_11_10.pdf).



Figura 9.2

HP ha presentato nel 2022 la stampante 3D Metal Jet S100, che impiega una variante della tecnologia Binder Jetting. Credit foto: HP.

Stampa 3D professionale

La Stampa 3D permette di realizzare prodotti industriali usando un processo in cui gli aspetti progettuali e produttivi diventano un unico soggetto, secondo l'integrazione di aspetti gestionali e costruttivi.

Per questo motivo l'industria manifatturiera ha iniziato, già da diversi anni, a considerare la progettazione dei prodotti anche dal punto di vista dell'ottimizzazione per la stampa 3D.

Adattandosi a ogni sistema di progettazione, questa guida tratta tutto il flusso di lavoro, dall'analisi della tecnologia da utilizzare, passando per la progettazione con un CAD professionale, fino all'ottimizzazione del file STL e alla produzione del G-Code per la stampa 3D.

I contenuti di questa seconda edizione sono stati aggiornati all'uso di sistemi attuali, quali il DLS (Digital Light Synthesis) che nel frattempo è diventato sempre più utilizzato dai progettisti di tutto il mondo. I processi affrontati sono stati realizzati per tutti i designer e progettisti industriali che si avvicinano per la prima volta a questa tecnologia e che vogliono imparare a produrre in modo corretto prototipi tecnici o prodotti finali.

Questo libro vi spiegherà come:

- Affrontare il flusso di lavoro per la creazione di prodotti di design stampati in 3D
- Gestire la progettazione in base ai materiali e alla tecnologia di stampa da utilizzare
- Progettare prodotti di design con il CAD parametrico Autodesk Inventor Professional
- Ottimizzare la conversione del modello in un file STL adatto alla stampa
- Effettuare lo slicing e creare il G-Code per la macchina
- Stampare il prodotto con tecnologia DLS o macchine industriali con un servizio professionale

Werner Stefano Villa, architetto e designer, si occupa di progettazione architettonica, progettazione d'interni, design, space planning, comunicazione grafica e gestione del workflow lavorativo. È Istruttore certificato Autodesk e ha scritto diversi manuali sui software Autodesk.