

Giancarlo Magnaghi

STAMPA 3D. APPLICAZIONI DI UN'IDEA INNOVATIVA

Principi, utilizzi e opportunità di business



LIBRI ESTE

INDICE

Introduzione	7
Capitolo 1 Concetti di base della stampa 3D	9
Capitolo 2 Storia della stampa 3D e sviluppi futuri	17
Capitolo 3 Come funziona la stampa 3D	25
Capitolo 4 Strumenti e tecnologie per la stampa 3D	31
Capitolo 5 Software per la stampa 3D	59
Capitolo 6 Materiali per la produzione additiva	65
Capitolo 7 Utilizzi della stampa 3D	73
Capitolo 8 Ecosistema e mercato della stampa 3D	89
Capitolo 9 Nuove professionalità e opportunità di lavoro della stampa 3D	103
Capitolo 10 La stampa 3D e il Made in Italy	111

INTRODUZIONE

Poter disporre di macchine in grado di ‘creare’ oggetti è da sempre una delle maggiori aspirazioni umane. Gli alchimisti medievali si dilettavano a produrre oro e ‘omuncoli’ con la pietra filosofale e i loro alambicchi; i ‘medium materializzatori’ affermano di poter materializzare gli spiriti; moltissimi miti e leggende raccontano di fenomeni di materializzazione (dalle scappatelle di Giove nella mitologia greca agli Avatar dell’epica induista).

Anche nella letteratura italiana moderna abbiamo un illustre esempio di materializzatore: il Mimete, una macchina in grado di replicare qualsiasi oggetto grazie all’utilizzo di un materiale tuttofare chiamato *pabulum*, descritto da Primo Levi nel libro di racconti *Storie Naturali* – pubblicato nel 1966 con lo pseudonimo di Damiano Malabaila –, che in pratica anticipava la possibilità di riprodurre oggetti con scanner e stampanti 3D. Se in verità Gilberto, il protagonista del racconto, duplicava la moglie e persino se stesso, per arrivare a questo ci vorrà ancora un po’ di tempo, nonostante le bio-stampanti stiano facendo notevoli progressi.

Anche nei romanzi e nei film di fantascienza abbondano sistemi di teletrasporto e materializzatori di oggetti come il famoso “replicatore di materia a matrice molecolare” in dotazione alla famosissima astronave Enterprise di *Star Trek*.

Il legame tra stampa 3D e voli spaziali è comunque stretto anche nel mondo reale, tant’è vero che la NASA nel settembre 2014 ha messo in orbita nella stazione spaziale internazionale (International Space Station – ISS) un prototipo di stampante 3D in grado di funzionare in assenza di gravità per produrre parti di ricambio; e la stessa NASA sta sperimentando una stampante 3D per produrre cibo per gli astronauti. Inoltre seri studi sul *3D printing in space* descrivono come utilizzare le stampanti 3D per costruire le strutture che consentiranno di colonizzare la superficie della Luna e di Marte. Nel frattempo, l’astronauta italiana Samantha Cristoforetti effettua sull’ISS un esperimento di stampa 3D. I pionieri della stampa 3D sono già entrati nella leggenda, come dimostra il film documentario *Print the Legend*, presentato nel marzo 2014 al festival del cinema di Austin (Texas) con la seguente *logline*: “La stampa 3D sta cambiando il mondo. *Print the Legend* segue le persone che concorrono per portare questa nuova tecnologia nelle nostre case, documentando l’ascesa e la diffusione di questa rivoluzione ed esplorando ciò che serve per vivere il sogno americano. Questo film racconta come una rivoluzione industriale è cominciata e come cambierà le nostre vite”.

Al di là di questi argomenti altamente suggestivi e futuristici, questo libro si propone di illustrare in modo molto pragmatico i principi e le potenzialità tecniche delle nuove tecnologie, fornendo un chiaro quadro dello stato dell'arte e degli sviluppi futuri dell'ecosistema della stampa 3D, con particolare riguardo al mercato italiano e alle prospettive di business industriali e commerciali.

Non è un caso se i principali analisti di mercato sono concordi nell'affermare che la seconda metà di questo decennio sarà caratterizzata da profonde innovazioni nel modo di produrre, con pesanti ripercussioni non solo per le aziende manifatturiere ma anche per la creazione di nuovi ecosistemi di domanda-offerta e di nuovi modelli di business e di distribuzione. Si tratta di un potere talmente dirompente che già si parla di 'terza rivoluzione industriale', dove il manifatturiero diventa prevalentemente digitale.

Le nuove tecnologie dirompenti che sono alla base dei nuovi strumenti hardware e software e dei nuovi materiali che si affacciano sul mercato, rendono sempre più facile passare dal mondo dei bit al mondo degli atomi (stampanti 3D) e dal mondo degli atomi al mondo dei bit (scanner 3D); è quindi possibile sconvolgere gli attuali modelli produttivi e distributivi, con un forte impulso alla delocalizzazione e all'auto-produzione di molti oggetti.

Poiché il massimo vantaggio della stampa 3D si ottiene nella produzione di oggetti unici o in piccola serie, questo strumento si presta in modo ottimale a migliorare la competitività delle aziende del *Made in Italy*: auto o moto sportive di alta gamma, artigianato, oreficeria, oggetti di design e arredamento, accessori per l'abbigliamento, protesi ortopediche e strumentazione medicale, prototipi di prodotti industriali. Perfino nel campo della pasticceria e del food esistono stampanti in grado di decorare torte e realizzare sculture di cioccolato, zucchero e di ghiaccio.

Anche nel campo del marketing e della pubblicità esistono, e sono già state realizzate, applicazioni innovative, come i *mini-me*, il cui unico limite è la fantasia di chi utilizza questi strumenti.

Inoltre, la possibilità di condividere online i processi di design (*crowd-design*) e in genere di trovare in rete qualunque tipo di servizio (*crowd-sourcing*) offre la possibilità anche a PMI e ad aziende artigiane di accedere a competenze e servizi finora riservati alle grandi aziende multinazionali; mentre i costi contenuti delle macchine di fascia bassa e una conoscenza diffusa del CAD 3D da parte dei giovani periti, designer e ingegneri favoriscono l'imprenditorialità giovanile e le *start-up*, poiché si abbassano le barriere di ingresso dovute ai costi dei mezzi di produzione.

La possibilità di produrre oggetti e parti di ricambio in modo semplice ed economico e senza elevati investimenti iniziali causerà non solo opportunità ma anche nuovi rischi nel campo della difesa delle proprietà intellettuali.

Nei prossimi capitoli saranno affrontati ordinatamente tutti questi argomenti, con l'obiettivo di fornire un panorama sintetico e aggiornato delle reali potenzialità del nuovo modo di produrre.

Capitolo 1

Concetti di base della stampa 3D

Da alcuni anni è venuta alla ribalta, in modo sempre più massiccio, una serie di argomenti relativi alle innovazioni nel modo di produrre; innovazioni rese possibili dall'applicazione delle tecnologie digitali al mondo della fabbrica.

In questo capitolo presentiamo una rapida panoramica dei concetti fondamentali e della terminologia del nuovo settore.

1. Terminologia di base

Le tecnologie digitali sono già presenti da anni in tutte le fabbriche. Basti pensare ai sistemi di controllo di produzione computerizzati, ai sistemi SCADA (*Supervisory Control And Data Acquisition*) per il controllo degli impianti industriali, ai robot di produzione e a tutte le applicazioni della meccatronica, ai sistemi per la gestione automatica dei magazzini e il riconoscimento automatico dei materiali tramite codici a barre o tag RFID.

Oggi si sta diffondendo una nuova famiglia di tecnologie di stampa 3D che non limitano la loro applicazione a funzioni di controllo, finitura, montaggio e logistica – come era successo finora con le tecnologie digitali –, ma vanno a toccare il cuore dei sistemi di produzione della maggior parte dei prodotti, come lo stampaggio e la produzione tramite macchine utensili, con enormi ripercussioni potenziali su tutto il ciclo produttivo. Non è un caso se da qualche anno si parla di ‘terza rivoluzione industriale’ (*Third Industrial Revolution*).

La stampa 3D (*3D printing* o 3D-P) è un processo di produzione di oggetti tridimensionali a partire da un modello digitale che permette di creare oggetti completi o parti di oggetti e macchine, attraverso una stratificazione sequenziale (*layering*), ottenuta deponendo in sequenza vari strati di materiali che sovrapponendosi compongono via via l'oggetto da produrre. È una tecnica di produzione additiva detta anche fabbricazione additiva (FA) o manifattura additiva (*additive manufacturing* – AM), caratterizzata dal fatto che costruisce gli oggetti aggiungendo materiale invece di asportare porzioni di materiali esistenti (produzione sottrattiva) come fanno le tradizionali macchine utensili ad asportazione di truciolo (torni, frese, trapani).

Mentre la produzione sottrattiva è paragonabile alla scultura di marmo e legno, la produzione additiva è paragonabile alla realizzazione degli oggetti di argilla, vetro o porcellana.

È curioso notare che questa differenza era già stata illustrata da Michelangelo, il

quale affermava che la scultura si fa “per via di levare” e non “per via di porre”, come accade, invece, per la pittura, per la modellazione dell’argilla e per le statue bronzee. Lo scultore elimina la materia che nasconde la forma, essendo quest’ultima già idealmente presente nel marmo.

2. La stampa 3D da prototipazione rapida a produzione di oggetti finiti

Nata nella seconda metà degli anni ’80 per produrre in modo veloce prototipi di oggetti, questa tecnologia era inizialmente classificata come uno strumento di prototipazione rapida (*rapid prototyping*).

Grazie ai progressi compiuti negli anni ’90 e all’apparizione di nuove macchine in grado di trattare i metalli, le stampanti 3D furono poi impiegate anche per produrre stampi e utensili e si iniziò a parlare di ‘attrezzaggio rapido’ (*rapid tooling*), definito anche ‘produzione digitale indiretta’ poiché con la fabbricazione additiva vengono prodotti stampi e/o utensili che a loro volta sono impiegati per fabbricare i prodotti finiti.

Gli ulteriori progressi delle tecnologie di produzione additiva e la disponibilità di materiali sempre più performanti ha reso possibile, più o meno a partire dal 2010, la fabbricazione digitale diretta (*direct digital manufacturing*) di prodotti finiti.

Infine, la disponibilità di stampanti 3D e di materiali a basso costo a partire dall’inizio di questo decennio ha reso accessibili queste macchine anche agli artigiani (artigianato digitale, artigiani 2.0) e agli appassionati di bricolage (*personal fabrication*) e ha favorito la nascita del movimento dei *maker* (termine britannico), detti anche *fabber* (termine americano) e la nascita dei FabLab (*fabrication laboratory*), che offrono l’opportunità di apprendere e sperimentare le basi della stampa 3D.

3. Produzione di un oggetto tramite stampa 3D

Per produrre un oggetto tramite un processo di stampa 3D si seguono i seguenti passaggi (che saranno approfonditi nei capitoli 3, 4, 5 e 6):

- mediante strumenti di progettazione CAD (*Computer Aided Design*) 3D – o scanner 3D se si vuole riprodurre un oggetto esistente – si crea un modello digitale dell’oggetto (contenuto in un file di computer, il cui formato dipende dal programma di modellazione utilizzato, per esempio Step o Igés);
- si esporta il modello a una stampante 3D tramite un file in formato standard STL (*Standard Tessellation Language*), AMF (*Additive Manufacturing File Format*) o simili, che descrive la geometria del pezzo come un insieme di triangoli (*mesh*);
- il file viene analizzato da un programma CAM (*Computer Aided Manufacturing*), detto *slicer* (affettatore), che ‘affetta’ il modello tridimensionale e prepara la descrizione dei singoli strati (*layer*) che saranno prodotti dalla stampante 3D e tutti i comandi per la stampante nel linguaggio macchina della stampante stessa (*G-Code*);
- la stampante 3D ‘legge’ il *G-Code* e produce il pezzo strato per strato (*layer by layer*);
- l’oggetto prodotto viene sottoposto a eventuali operazioni di finitura (pulitura, verniciatura, trattamenti superficiali, infiltrazioni, ecc.).

La stampa 3D presenta diversi vantaggi rispetto ai metodi di produzione conven-

zionali: un’idea si può trasformare direttamente in un prototipo o in un prodotto finito partendo da un file sul computer di un progettista, evitando intermediari e molti stadi della produzione tradizionale.

La produzione additiva può inoltre ridurre la quantità di materiale sprecata nei processi di fabbricazione e creare oggetti che è difficile o impossibile ottenere con le tecniche tradizionali.

4. Le tecnologie della stampa 3D

Per la stampa 3D sono disponibili numerose tecnologie (vedi capitolo 4), che si differenziano per il modo in cui sono costruiti gli strati che creano gli oggetti. Alcune tecnologie, come la sinterizzazione laser selettiva (*selective laser sintering* – SLS) e la fusione laser selettiva (*selective laser melting* – SLM) usano materiali in polvere; la modellazione a deposizione fusa (*fused deposition modeling* – FDM) utilizza bobine di filamenti che si fondono o si ammorbidiscono per produrre gli strati; mentre altre tecnologie, come PolyJet e *stereolitografia* (SLA) utilizzano materiali liquidi (per esempio i fotopolimeri) che vengono induriti con diverse tecnologie. Nei sistemi di laminazione (*laminated object manufacturing* – LOM), fogli sottili di materiali vari o comune carta vengono tagliati, uniti insieme ed eventualmente colorati per ottenere la forma voluta.

Poiché ogni metodo offre i propri vantaggi ma soffre anche di limitazioni, alcuni produttori offrono più di una tecnologia per soddisfare la domanda di diversi tipi di produzione. Per esempio, un’azienda può avere la necessità di realizzare prototipi estetici in plastica o gesso e prototipi funzionali o prodotti finiti in metallo. Poiché attualmente non esistono stampanti in grado di trattare contemporaneamente plastica e metalli, per produrre questi due tipi di prototipi sono necessarie due stampanti diverse.

I prezzi delle stampanti 3D variano da poche centinaia di euro per le stampanti amatoriali, in grado di produrre piccoli oggetti in plastica o argilla, alle decine e centinaia di migliaia di euro per le stampanti industriali, che producono grandi parti metalliche.

Le principali considerazioni per scegliere una macchina sono generalmente i materiali disponibili e la possibilità di utilizzare vari colori e materiali, le dimensioni, la velocità di produzione e il costo della macchina.

Anche gli scanner 3D giocano un ruolo fondamentale nei processi di stampa 3D, quando è necessario acquisire le geometrie di oggetti esistenti.

5. Software per la stampa 3D

Per la creazione di modelli 3D per prototipazione digitale, prototipazione rapida e manifattura additiva esistono moltissimi strumenti software, prodotti commerciali, *shareware*, *freeware* e *open source* adatti alle esigenze più diverse.

Per creare e stampare i modelli 3D sono necessari quattro tipi di software (vedi capitolo 5):

- i programmi di modellazione 3D, utilizzati per realizzare i prototipi di oggetti fisici;
- gli editor STL, che verificano la realizzabilità fisica del modello, correggono gli

errori più semplici e segnalano le anomalie che non sono in grado di risolvere automaticamente;

- i programmi di *slicing*, che ‘affettano’ il modello creando la descrizione degli strati che saranno realizzati fisicamente dalla stampante;
- il software di controllo della stampante (*client*), che trasmette queste istruzioni alla stampante e allo stesso tempo fornisce un’interfaccia in tempo reale alle impostazioni della macchina.

6. Materiali per la produzione additiva

Con la stampa 3D si possono creare oggetti utilizzando vari materiali: plastica, metalli, leghe e super-leghe, ceramiche, argilla, sabbia, vetro, carta, cioccolato, zucchero, amido e persino cellule viventi (bio-printing). Queste materie prime sono utilizzate dalle stampanti 3D sotto forma di polveri, filamenti, liquidi o lamine. Alcune macchine permettono di produrre oggetti multi-colori, composti da materiali diversi, anche con alcune parti a geometria variabile o rotanti, come cerniere, cuscinetti a sfera, molle, ecc. (vedi capitolo 6).

7. Applicazioni e impatti sul mercato

Secondo i principali osservatori delle tecnologie – come Gartner Group, Frost&Sullivan, McKinsey e Wohlers – la stampa 3D è una delle tecnologie emergenti che rivoluzioneranno le nostre vite nei prossimi 10-20 anni. Wohlers prevede che il mercato mondiale delle stampanti e dei servizi 3D, che nel 2012 valeva 2 miliardi di dollari, dovrebbe superare i 10 miliardi di dollari entro il 2021. Secondo McKinsey, a partire dal 2025 l’ecosistema della stampa 3D produrrà un impatto economico globale dai 230 ai 550 miliardi di dollari l’anno.

Le opportunità di mercato sono notevoli sia nel campo hobbistico/artigianale dei *maker* (modellismo, giocattoli, accessori, gioielleria, calzature, moda, ceramica, scultura, parti per restauri, pasticceria) per realizzare oggetti unici o personalizzati (con produzione diretta nei FabLab o tramite centri servizi, presenti anche in Italia), sia nel campo industriale (dalla realizzazione di prototipi alla produzione di parti funzionali). I mercati più promettenti sono, oltre al *rapid prototyping*, quello della produzione artigianale, dell’industria aerospaziale, della meccanica di precisione, delle protesi e degli altri dispositivi medicali, che richiedono un alto livello di personalizzazione e complessità.

La possibilità di costruire molti prodotti tramite produzione additiva con le stampanti 3D permetterà di incrementare la flessibilità rispetto alle esigenze del cliente e la velocità di consegna, con significative riduzioni di inventario. Non sarà più necessario spedire il manufatto da una fabbrica centrale, ma si potrà scaricare il file con il modello digitale e fabbricare il prodotto in un luogo vicino al cliente.

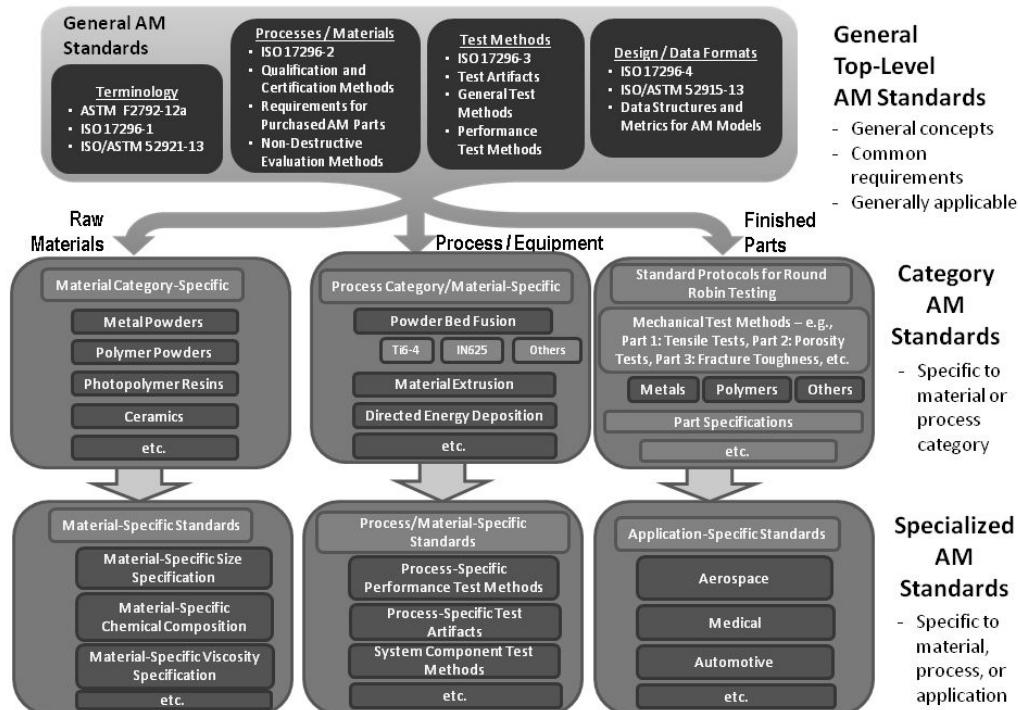
La produzione additiva può richiedere un cambiamento profondo della filiera produttiva, modificando i ruoli degli attori e proponendo nuovi modelli di business. Questo cambiamento porterà opportunità e sfide all’industria italiana, permettendo produzioni flessibili e localizzate vicino agli utilizzatori.

8. Standard relativi alla produzione additiva

Nel momento in cui le stampanti 3D hanno iniziato a produrre non solo prototipi ma prodotti finiti e sono spuntati come funghi nuovi fornitori di stampanti e di materiali, si è imposta la necessità di creare un *corpus* di standard specifici relativi alla terminologia, ai processi di produzione e alle schede tecniche dei materiali, come già avviene per i processi di produzione e i materiali tradizionali.

La American Society for Testing Materials (ASTM) ha iniziato da qualche anno a emettere una serie di norme che definiscono e regolano i principali aspetti della fabbricazione additiva; norme che sono state adottate a livello mondiale dall'International Standard Organisation (ISO) e quindi valide anche a livello europeo.

Structure of AM Standards



Standard per la produzione additiva.
Fonte: ASTM

In particolare, la norma ASTM F2792 definisce la terminologia standard per le tecnologie di additive manufacturing ed è disponibile con tutte le altre all'indirizzo www.astm.org.

Estratto della Norma ASTM F2792

Terminologia standard per le tecnologie di additive manufacturing

Ambito di applicazione

Questa terminologia comprende termini, definizioni dei termini, descrizioni di termini, nomenclatura e acronimi associati alle tecnologie di produzione additiva (AM) nel tentativo di uniformare la terminologia utilizzata dagli utenti dell'AM, produttori, ricercatori, educatori, stampa/media e altri.

Documenti di riferimento

Standard ISO: ISO 10303 – 1: 1994 Sistemi di automazione industriale e di integrazione – Rappresentazione e scambio dei dati di prodotto – Parte 1: Descrizione e principi fondamentali

Significato e utilizzo

Questa norma non pretende di affrontare i problemi di sicurezza connessi con l'uso delle tecnologie AM. È responsabilità dell'utilizzatore di questo standard stabilire opportune procedure di sicurezza e di salute e determinare l'applicabilità dei limiti normativi prima di utilizzare la fabbricazione additiva.

Categorie dei processi di additive manufacturing

I seguenti termini forniscono una struttura per raggruppare tecnologie attuali e future per le macchine di AM. Questi termini sono utili per scopi didattici e per sviluppare nuovi standard e sono destinati a chiarire quali tipi di macchine utilizzano processi di produzione simili.

Per molti anni, l'industria della manifattura additiva è stata priva di categorie per raggruppare le tecnologie AM e questo ha reso difficile insegnare e comunicare le informazioni in ambienti tecnici e non tecnici.

Queste categorie di processi permettono di discutere di categorie di macchine, piuttosto che dover spiegare un ampio elenco di varianti commerciali di una metodologia di processo.

- *Binder jetting* (getto di legante), un processo di fabbricazione additiva in cui un agente liquido adesivo è depositato selettivamente per unire materiali in polvere.
- *Directed energy deposition* (depositazione di energia), un processo di fabbricazione additiva in cui un'energia termica concentrata viene utilizzata per fondere i materiali mentre questi vengono depositati.
- *Material extrusion* (estrusione di materiale), un processo di fabbricazione additiva in cui il materiale viene erogato selettivamente attraverso un ugello o un orifizio.
- *Material jetting* (getto di materiale), un processo di produzione additiva in cui sono depositate selettivamente goccioline di materiale (fotopolimeri e cera).

- *Powder bed fusion* (fusione su letto di polvere), un processo di produzione additiva in cui l'energia termica fonde selettivamente porzioni di un letto di polvere.
- *Sheet lamination* (laminazione di fogli), un processo di produzione additiva in cui fogli di materiale sono legati per formare un oggetto.
- *Vat photopolymerization* (fotopolimerizzazione in vasca), un processo di produzione additiva in cui un foto-polimero liquido posto in una vasca è solidificato selettivamente da un processo di polimerizzazione attivato dalla luce.

Terminologia

- **3D printer** (stampante 3D), una macchina usata per stampare in 3D.
- **3D printing** (stampa 3D), la fabbricazione di oggetti attraverso la deposizione di un materiale, utilizzando una testina di stampa, un ugello, o un'altra tecnologia di stampa.
- **CAM, Computer-Aided Manufacturing** (produzione assistita da computer). In genere si riferisce a sistemi che utilizzano i dati relativi alle superfici per guidare macchine a controllo numerico, come macine e torni con controllo digitale, per la produzione di parti, stampi e matrici.
- **CNC, Computer Numerical Control** (Controllo Numerico Computerizzato). Controllo computerizzato di macchine per la produzione, come mulini, torni, rettifiche e macchine da taglio a fiamma, laser e getto d'acqua.
- **IGES, Initial Graphics Exchange Specification**. Formato di scambio di dati tecnici indipendente dalle piattaforme CAD, per scambiare informazioni sulla geometria dei prodotti e annotazioni sulla geometria sostituito da ISO 10303, STEP nel 2006.
- **PDES, Product Data Exchange Specification o Product Data Exchange using STEP**.
- **STEP, Standard for the Exchange of Product Model Data**. Denominazione comune dello standard ISO 10303 che fornisce una rappresentazione delle informazioni di prodotto, insieme con i meccanismi e le definizioni necessarie per consentire di scambiare dati di prodotto. La norma si applica alla rappresentazione delle informazioni di prodotto, compresi i componenti e gli assiemi; lo scambio di dati di prodotto, compresa la memorizzazione, il trasferimento, l'accesso e l'archiviazione.
- **STL**, il formato di file per i modelli 3D dei dati utilizzati dalle macchine di produzione additiva per costruire parti fisiche; STL è l'interfaccia standard di fatto per i sistemi di produzione additiva. L'acronimo STL trae origine dal termine stereolitografia (*stereolithography*). Il formato STL, in forma binaria e ASCII, utilizza sfaccettature triangolari per approssimare la forma di un oggetto. Il formato elenca i vertici dei triangoli, ed esclude gli attributi del modello CAD.

**Se sei interessato a proseguire la lettura
di questo romanzo
puoi prenotarlo presso la casa editrice ESTE,
telefonando al numero: 02.91434440**

**Puoi anche consultare il sito: www.este.it
per consultare e avere informazioni
su tutte le pubblicazioni**