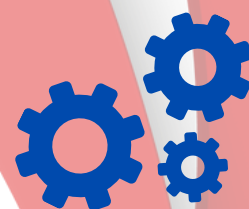


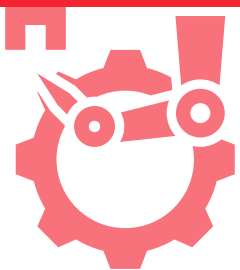
LA MANIFATTURA ADDITIVA



A cura della Struttura
**"Orientamento al lavoro
e digitalizzazione"**
Giugno 2024

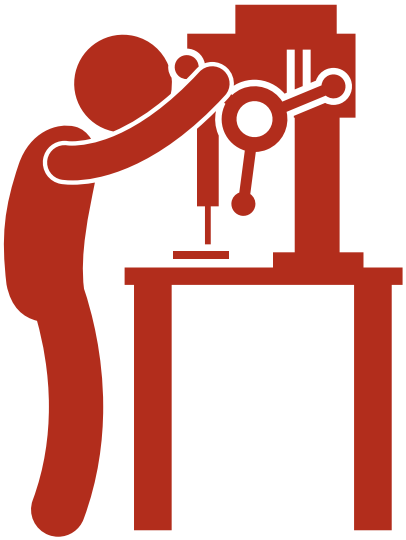


**Camera di Commercio
Roma**



INDICE

.....



3

Introduzione

4

**Differenze con la
manifattura *standard***

5

L'evoluzione

12

Le tecnologie

16

Vantaggi e opportunità

18

Svantaggi e sfide

19

**La personalizzazione di
massa**

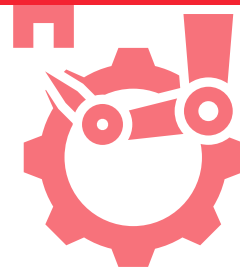
20

La sfida della sostenibilità

21

Il mercato





Introduzione

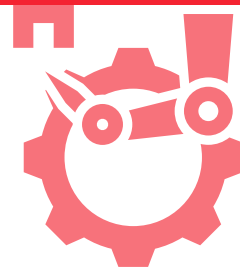
La manifattura additiva, chiamata anche ***additive manufacturing***, è una modalità produttiva avanzata usata per realizzare oggetti tridimensionali.

Questo tipo di manifattura utilizza tecnologie che, partendo da un modello digitalizzato, sono in grado di creare oggetti tridimensionali uno strato alla volta: ogni strato successivo si lega a quello precedente di materiale fuso o parzialmente fuso.

La manifattura additiva rientra tra le tecnologie 4.0 identificate dal Piano Nazionale Impresa 4.0 come una delle principali innovazioni responsabili della quarta rivoluzione industriale in atto e può diventare uno strumento prezioso per le imprese.

La Legge n. 232/2016, come integrata dall'art. 1, co. 32, della Legge n. 205/2017, qualifica la manifattura additiva come uno dei ***“Beni strumentali il cui funzionamento è controllato da sistemi computerizzati o gestito tramite opportuni sensori e azionamenti”***.

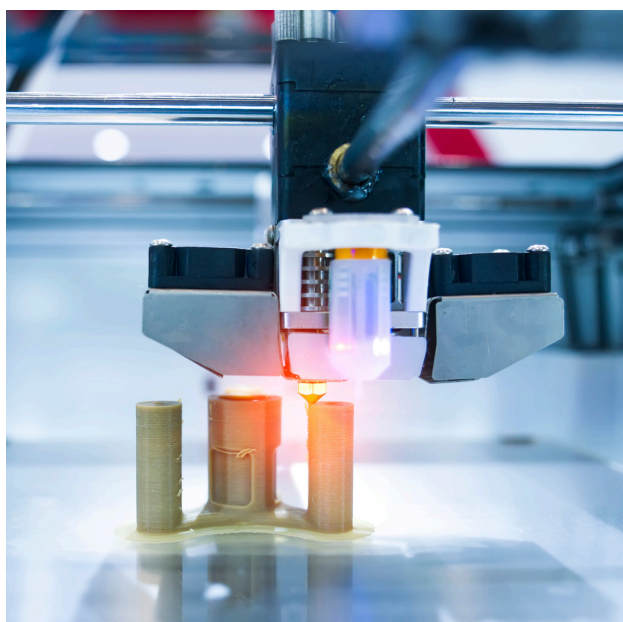




Differenze con la manifattura standard

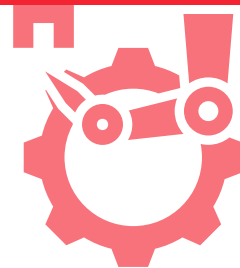
Le tecniche della **manifattura tradizionale** si basano su processi di modifica di **materiali preesistenti** attraverso la:

- asportazione di materiale;
- deformazione plastica;
- fusione.



Nella **manifattura additiva**, invece, si parte dal nulla e mediante la deposizione di strati successivi si va a “**creare**” materia solo e soltanto **dove** essa **serve**, eliminando gli sprechi.

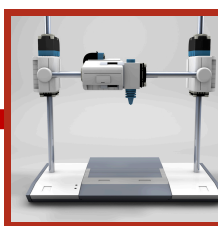
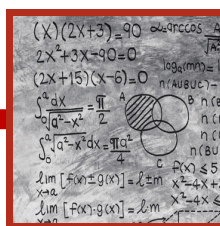
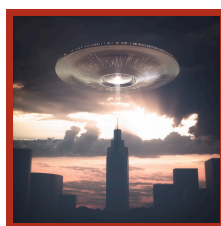




L'evoluzione

1980
gli albori

2000
il boom



1945
la fantascienza

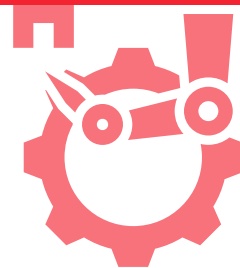
1990
lo sviluppo

2000
nel futuro

Era il **1945** quando lo scrittore di **fantascienza** Murray Leinster descrisse nell'opera "Things Pass By" il processo di creazione di oggetti **estrudendo la plastica nel vuoto**, con un braccio meccanico che seguiva disegni scansionati tramite fotocellule.

Ci vollero poi una trentina d'anni per avere i primi veri e propri esperimenti di produzione additiva. Nel **1971** Johannes F. Gottwald brevettò il *Liquid Metal Recorder*, uno strumento capace di estrarre metallo liquido e ottenere forme grazie alla stratificazione del materiale seguendo un disegno predeterminato.

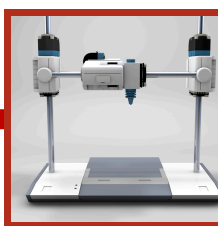
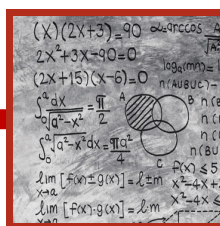
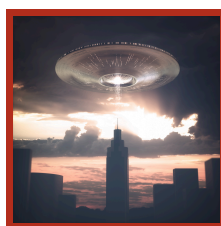




L'evoluzione

1980
gli albori

2000
il boom



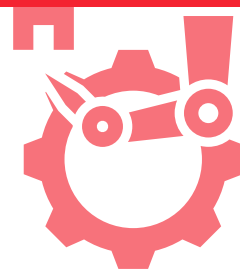
1945
la fantascienza

1990
lo sviluppo

2000
nel futuro

Negli anni 80 si iniziarono ad approfondire e mettere in pratica le idee innovative della decade precedente:

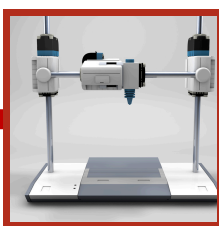
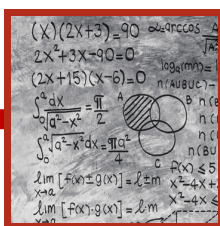
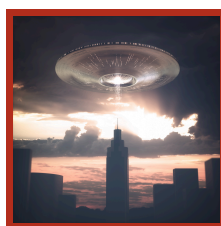
- in Giappone il Dr. Kodama ipotizzò di utilizzare lo strumento di Gottwald con delle **termoplastiche indurenti**;
- in Francia tre ricercatori, Le Méhauté, de Witte e André, svilupparono il primo processo per la stereolitografia;
- negli Stati Uniti Charles Hull brevettò un sistema di fabbricazione a mezzo di **stereolitografia** e soprattutto la possibilità di creare modelli 3D attraverso **dati digitali**, con file in formato "STL" (*Standard Triangulation Language*).



L'evoluzione

1980
gli albori

2000
il boom



1945
la fantascienza

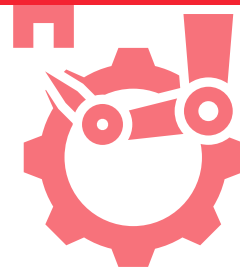
1990
lo sviluppo

2000
nel futuro

Pochi anni dopo, Carl Deckard brevettò il suo innovativo sistema di manifattura additiva chiamandolo *Selective Laser Sintering* (SLS), o **sinterizzazione laser selettiva**, che utilizzava un laser per fondere polvere di polimero.

Quasi contemporaneamente, Scott e Lisa Crump brevettarono la tecnologia *Fused Deposition Modeling* (FDM), o **modellazione a deposizione fusa**, la più utilizzata a oggi tra hobbisti e aziende oltre che la più accessibile.

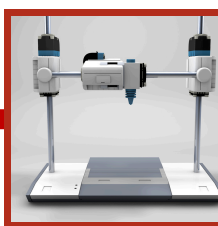
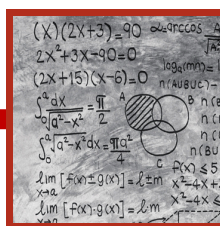
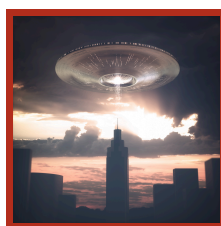




L'evoluzione

1980
gli albori

2000
il boom



1945
la fantascienza

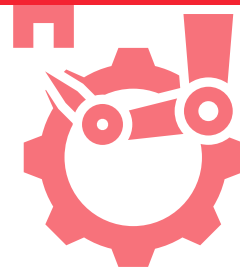
1990
lo sviluppo

2000
nel futuro

Negli anni '90 le nuove tecnologie di manifattura additiva iniziarono a diffondersi e svilupparsi: viene fondata in Belgio "Materialise", la prima **agenzia di servizi** di stampa 3D; viene introdotta la prima **stampante a cera**; viene lanciata sul mercato una **stampante 3D a metallo** utilizzando la tecnologia Laser Additive Manufacturing (LAM).

Le frontiere del mercato si iniziano a espandere verso la **stampa multimateriale** e di **grandi** dimensioni.

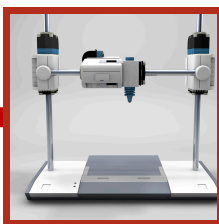
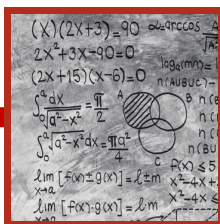
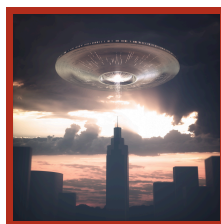
Il Wake Forrest Institute for Regenerative Medicine crea il **primo organo stampato 3D**, una vescica creata con le cellule stesse del paziente riducendo i rischi di rigetto.



L'evoluzione

1980
gli albori

2000
il boom



1945
la fantascienza

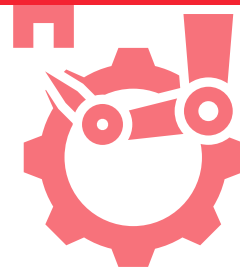
1990
lo sviluppo

2000
nel futuro

Negli anni 2000 diverse aziende iniziano a utilizzare la manifattura additiva nei loro impianti industriali e i software CAD 3D diventano disponibili per un pubblico più ampio: nel 2006 viene messa in commercio la prima stampante 3D a **uso hobbistico**.

Laika Animation realizza il primo **film d'animazione** stampato in 3D "producendo i personaggi" di Coraline. Viene fondata la Bespoke Innovation Inc., azienda che crea **protesi personalizzate** stampate in 3D.

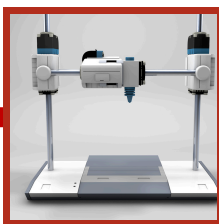
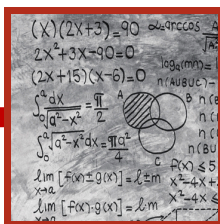
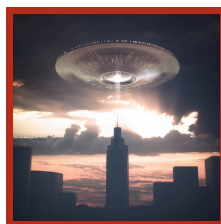
Vengono creati i **primi abiti flessibili** e si iniziano a usare come materiali anche i **metalli preziosi**.



L'evoluzione

1980
gli albori

2000
il *boom*



1945
la fantascienza

1990
lo sviluppo

2Q00
nel futuro

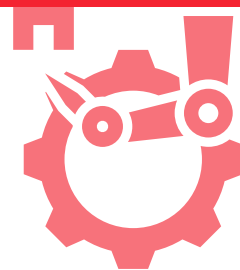
All'Università di Southampton viene creato il **primo aereo stampato in 3D** in soli sette giorni.

Viene sviluppato l'ibrido Urbee, prototipo della **prima auto** ad avere l'intera carrozzeria e il vetro stampati in 3D.

Nell'Università della California del Sud nasce il Contour Crafting, una tecnologia di costruzione automatizzata, che può realizzare un'intera **unità abitativa in un giorno**.

Le stampanti 3D iniziano a essere usate in campo alimentare: si va dal progetto **NASA** per creare cibo per gli astronauti ai **prodotti alimentari** di largo consumo.

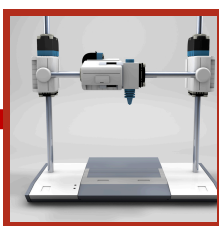
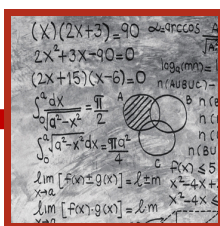
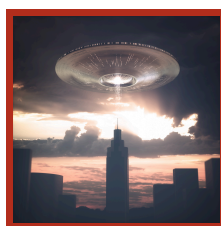




L'evoluzione

1980
gli albori

2000
il boom



1945
la fantascienza

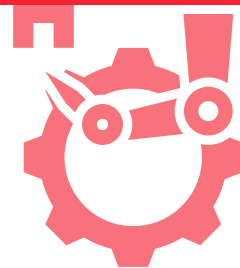
1990
lo sviluppo

2000
nel futuro

Grazie alla scadenza dei brevetti e ai progetti open source, il mondo della manifattura additiva oggi serve i settori più disparati, dagli hobbisti fino alle multinazionali del medicale, dai progetti di edilizia ai colossi dell'automotive.

E non solo: Niki Werkheiser, direttore dello sviluppo tecnologico della NASA, ha recentemente parlato dei **piani** dell'Agenzia per la costruzione di **case sulla Luna** per astronauti e civili **entro il 2040**.





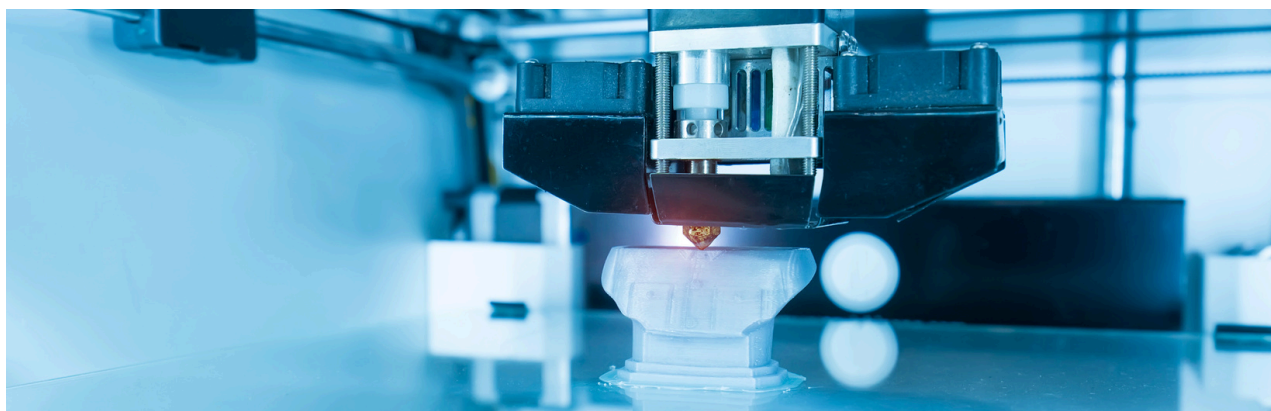
Le tecnologie

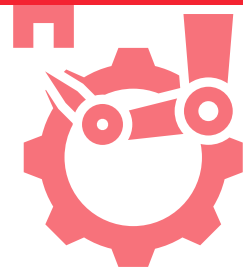
Fotopolimerizzazione

Prima tecnologia additiva, nata con la stereolitografia. Si basa sul concetto di far **indurire** selettivamente, con una fonte di calore, strato dopo strato, un **fotopolimero liquido** contenuto in un serbatoio. Il pezzo finito si ottiene con un processo di radiazione luminosa oppure con un laser puntando l'illuminazione sulle parti dello strato che si vogliono indurire.

Estrusione di materiale

Questa tecnologia (affine alla FDM) utilizza un filamento continuo di materiale termoplastico: il **materiale fuso** viene spinto fuori dall'ugello dell'estrusore e **depositato** su una piattaforma di stampa 3D. Una volta completato il primo strato, le fasi successive depositano gli altri direttamente sul pezzo in crescita. La testa dell'estrusore si muove grazie al controllo del *computer*.





Le tecnologie

Material Jetting

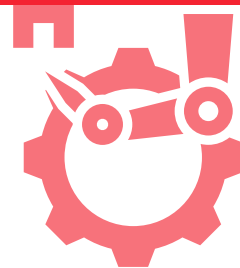
Questa tecnologia utilizza fotopolimeri, metalli o cera che si **solidificano** se esposti alla **luce** o al **calore** (come nella stereolitografia). Nel material jetting la stampante deposita **gocce** di materiale direttamente sul pezzo tramite centinaia di **minuscoli ugelli**; le gocce depositate sono poi polimerizzate e solidificate dalle luci UV. Il processo richiede un supporto, che spesso viene stampato in 3D contemporaneamente alla costruzione con un materiale dissolvibile rimosso poi in fase di post-elaborazione.

Binder Jetting

Questa tecnica consiste nella **deposizione di un legante** adesivo (binder) su strati sottili di **materiale in polvere**.

Durante il processo, la testina di stampa si muove sulla piattaforma di costruzione depositando gocce di binder, **stampando ogni strato**. Quando uno strato è completo, il letto di polvere si sposta verso il basso e la stampante sparge un nuovo strato di polvere sull'area di costruzione. Dopo la stampa, i pezzi sono in uno stato semilavorato e richiedono un'**ulteriore post-elaborazione** prima di essere pronti per l'uso.





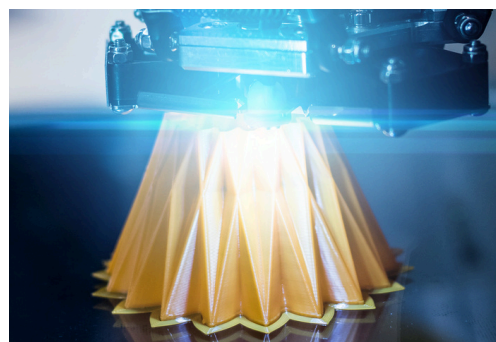
Le tecnologie

Fusione in letto di polvere (*Powder Bed Fusion*)

Nata negli anni 80 con la tecnologia SLS, questa tecnica consente di fabbricare prodotti geometricamente complessi utilizzando una **fonte di calore**, principalmente fasci laser o di elettroni, per **fondere le particelle di polvere** strato per strato, formando un pezzo solido.

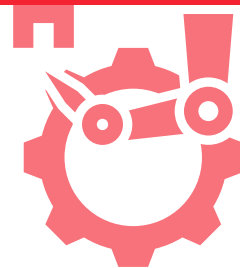
Deposizione di energia diretta

Questa tecnologia crea parti **fondendo** direttamente i **materiali** e depositandoli sul pezzo, strato per strato; viene usata per materiali in **polvere metallica** o in filo.



La maggior parte delle stampanti di questo tipo richiedono impronte molto grandi e un ambiente chiuso e controllato. Il processo è simile in linea di principio alla tecnica di stampa a estrusione di materiale. Con questa tecnologia possono essere gestiti **fino a cinque assi** diversi per **direzionare** l'ugello di stampa, rispetto ai soli tre della maggior parte delle macchine a estrusione di materiale.

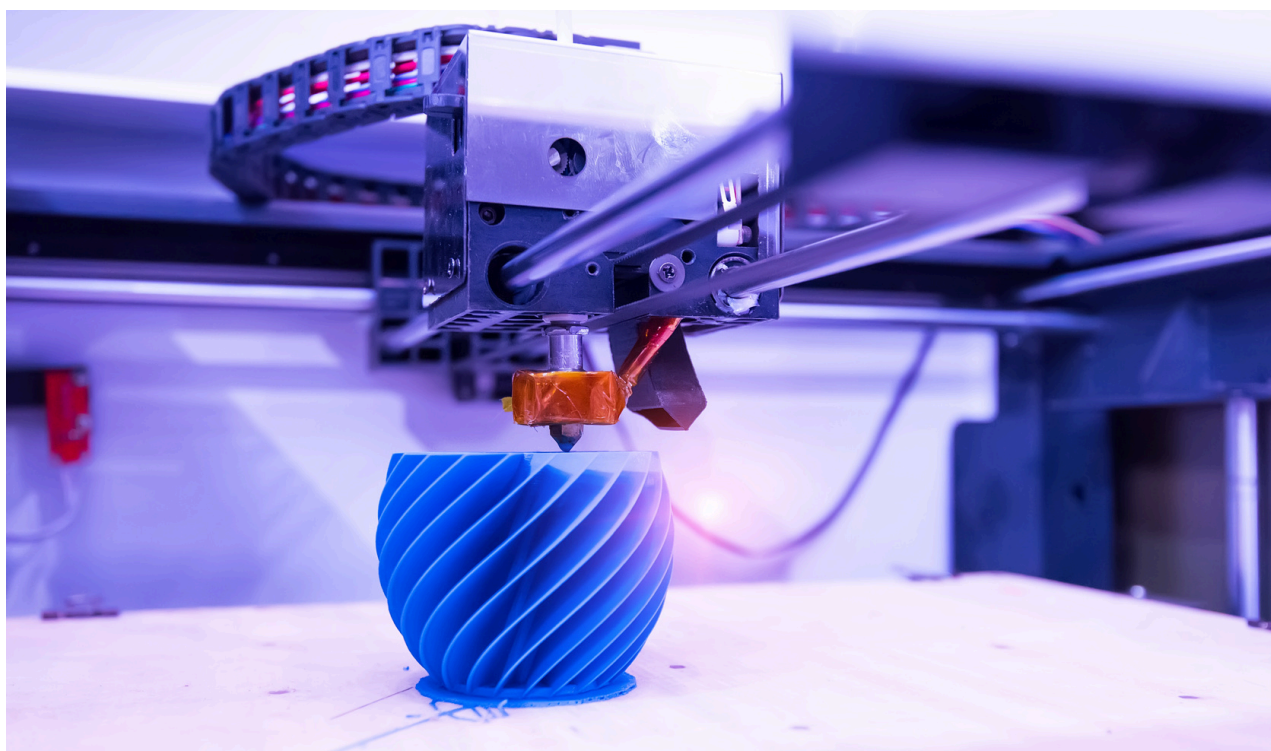


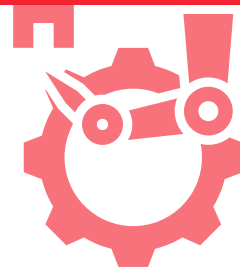


Le tecnologie

Laminazione

Questa tecnica consiste nel **sovrapporre** diversi strati di **materiale** composto da **fogli** per fabbricare un oggetto. L'operatore **taglia** ogni foglio con un coltello o un laser per adattarlo alla **sezione trasversale** dell'oggetto. Con questa tecnica vengono quindi prodotti materiali di scarto, tuttavia, visto che il processo non richiede la polverizzazione dei metalli o la produzione di materiali particolari, questa tecnologia risulta una delle più ecosostenibili e a basso costo.





Vantaggi e opportunità

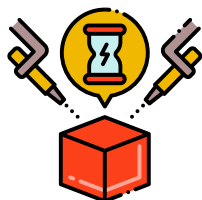
Produzione su misura



La manifattura additiva permette di offrire soluzioni su misura, con possibilità di offrire **pezzi unici in volumi ridotti**, senza aumenti di costo o di tempi produttivi.

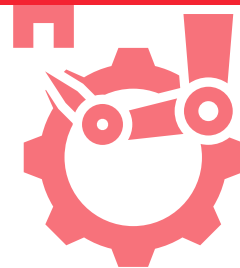
Questo rende possibile realizzare, ad esempio, non solo oggetti di **design unici** e limitati, ma anche **protesi** o ausili medici completamente customizzati.

Prototipazione rapida



Con la stampa 3D è possibile **accelerare** il ciclo di **produzione** di un prodotto. La tecnologia unita a un work-flow semplice e rapido permette di ottimizzare notevolmente i **tempi di realizzazione** di un prototipo 3D, accelerando in questo modo il time to market.





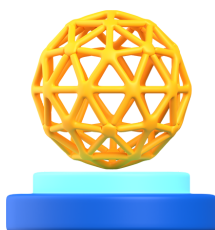
Vantaggi e opportunità

Elasticità del mercato



Con la capacità di produrre piccole quantità in tempi rapidi, le aziende possono **sperimentare nuovi mercati** o prodotti di nicchia con un investimento iniziale ridotto, testando tutte le possibilità prima di impegnarsi in produzioni su larga scala.

Progettazione senza limiti



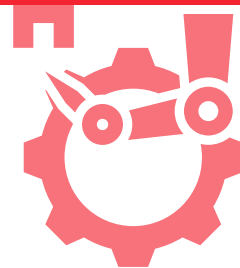
La manifattura additiva permette di produrre oggetti con **geometrie complesse** non altrimenti realizzabili in un pezzo unico con le tecniche tradizionali. È possibile per esempio creare dei vuoti all'interno di un pezzo per **alleggerirne** il peso (motivo importante per cui la stampa 3D è popolare nei settori aerospaziale, della difesa e automobilistico). Inoltre, con materiali costosi come i metalli, i vuoti interni consentono di risparmiare sui **costi**.

Gestione inventario



La produzione on-demand riduce la necessità di mantenere grandi quantità di **stock, diminuendo** i costi e minimizzando il rischio di invenduti.





Svantaggi e sfide

Spese in conto capitale



L'**investimento** iniziale per le apparecchiature e per le materie prime è notevole, anche in considerazione della dinamicità e capacità innovativa del settore.

Disponibilità dei materiali



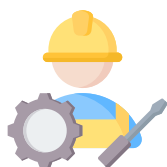
I materiali utilizzabili per la stampa 3D sono **limitati** se confrontati con la gamma disponibile per altri processi.

Proprietà intellettuale e copyright



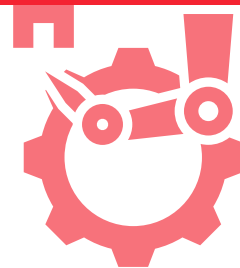
La stampa 3D consente di **replicare** facilmente oggetti sollevando problemi di **violazione** del copyright. I progetti potrebbero essere scaricati e usati senza riguardo della proprietà intellettuale.

Carenza di manodopera



Per gestire il processo e far funzionare le attrezzature sono necessarie **competenze tecniche** attualmente poco presenti sul mercato.



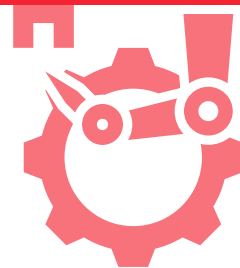


La personalizzazione di massa

L'evoluzione delle tecnologie di produzione additiva degli ultimi anni sta permettendo il superamento dei vincoli legati alla disponibilità di materie prime e alla gestione del processo, rendendo possibile l'avvio della transizione, nel mondo industriale, **dalla produzione in serie alla personalizzazione di massa**, in linea con le aspettative del mercato.

La personalizzazione di massa rappresenta il futuro della produzione. Consente infatti ai produttori di soddisfare le esigenze in continua evoluzione dei clienti, fornendo prodotti altamente personalizzati, essendo convenienti, efficienti e flessibili.





La sfida della sostenibilità

La manifattura additiva presenta **caratteristiche** di processo intrinsecamente **sostenibili**:

-  viene eliminato l'uso di materiale in eccesso e quindi la produzione di rifiuti inutili;
-  viene ridotta l'emissione di CO2 grazie alla produzione su richiesta che elimina la necessità di lunghi percorsi di trasporto e aree di stoccaggio.

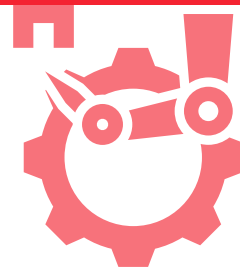
Tuttavia, la manifattura additiva ha anche un **impatto sull'ambiente**:

-  ha un elevato fabbisogno energetico;
-  produce degli inquinanti interni.

Per ridurre l'impatto ambientale della manifattura additiva le aziende stanno fronteggiando le seguenti **sfide**:

- sviluppo di **materiali innovativi** con un più alto tasso di riciclabilità;
- **compatibilità** di materiali sostenibili con le attrezzature;
- ottimizzazione del **consumo** energetico delle macchine;
- creazione delle **infrastrutture** necessarie per un migliore **riciclaggio**.

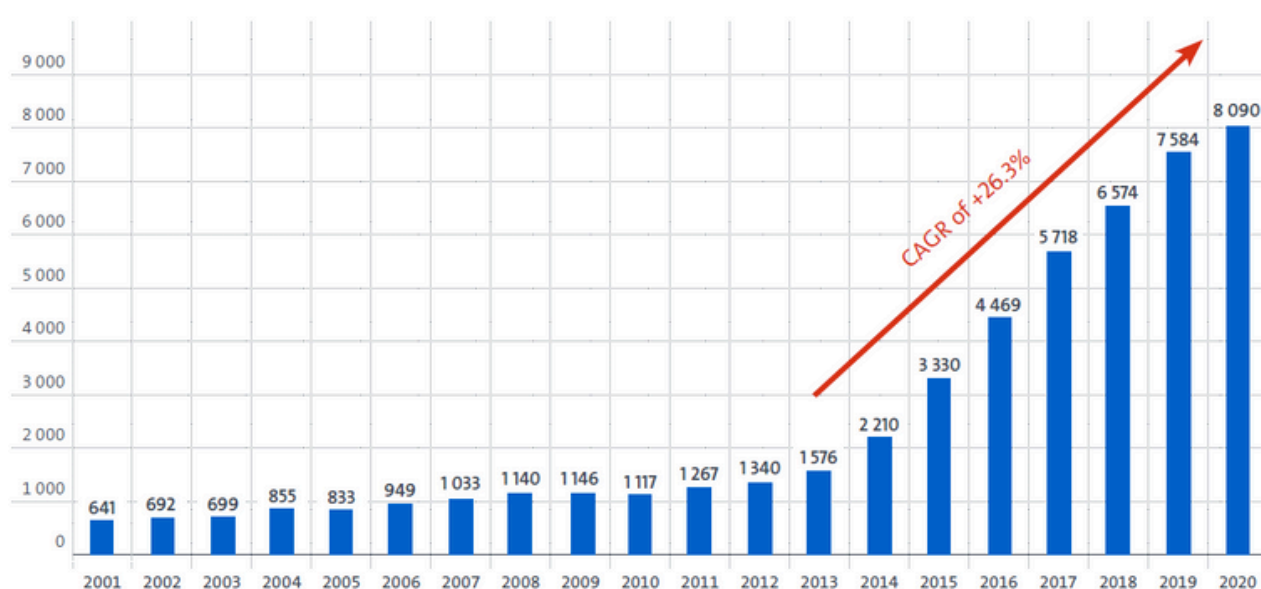




Il mercato

Il rapporto rilasciato a Settembre 2023 dall'**Ufficio Europeo dei Brevetti** (EPO) rileva una **spinta innovativa** molto forte nel settore nell'ultimo decennio. Tra il 2013 e il 2020 è stato registrato un **aumento** medio annuo di **domande** di brevetto per tecnologie di stampa 3D a livello mondiale del **26,3%**.

Trends in IPFs in all additive manufacturing technologies, by earliest publication year

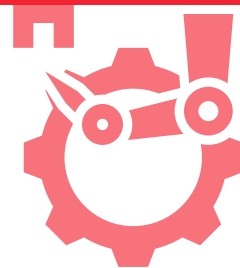


IPF: International Patent Family

Source: EPO

Stati Uniti ed Europa guidano questa corsa globale per l'innovazione, con il 40% e il 33% di brevetti internazionali depositati tra il 2001 e il 2020.

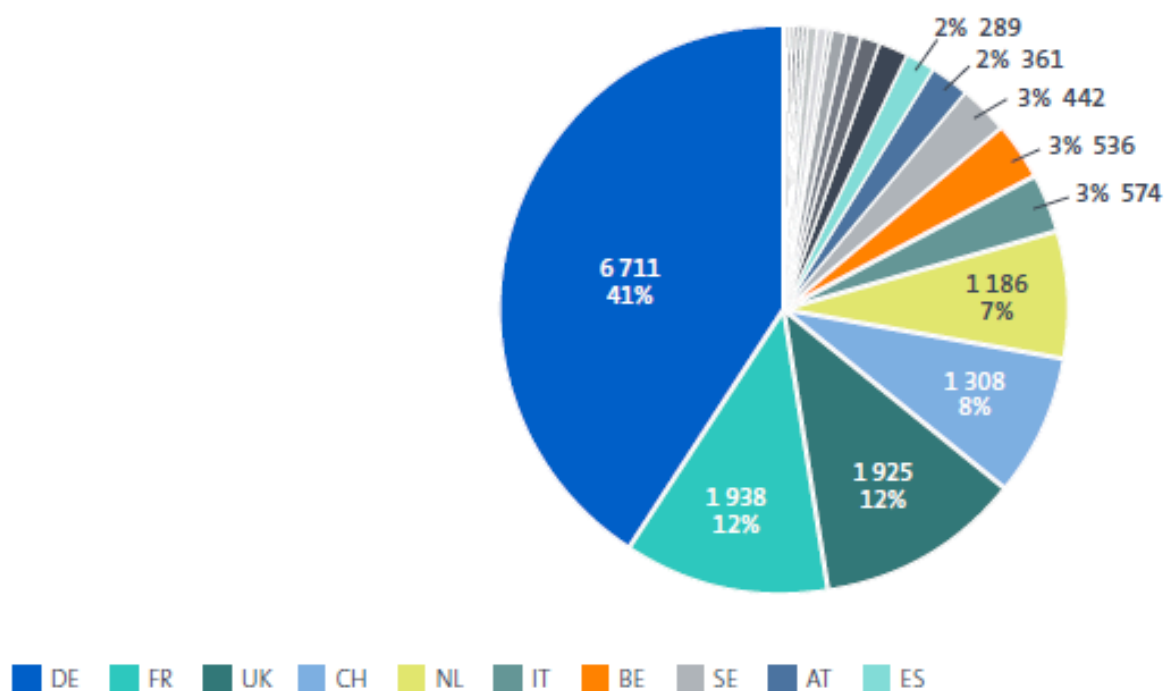




Il mercato

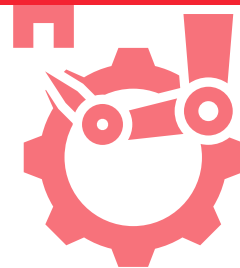
Inoltre, tra i 39 Stati membri dell'Ufficio Europeo dei Brevetti, la Germania assurge al ruolo di *leader* nell'**attività di innovazione** con il 41% di brevetti internazionali, mentre l'**Italia** si colloca al **sesto posto** con il 3%.

Origins of IPFs in AM technologies by EPO member state, 2001–2020



Secondo il *Wohlers Report 2023*, a livello europeo, l'**Italia** occupa il **secondo posto** per numero di **sistemi** di stampa industriale **installati** (4,7% del totale globale cumulativo degli impianti), preceduta solo dalla Germania (8,5%).

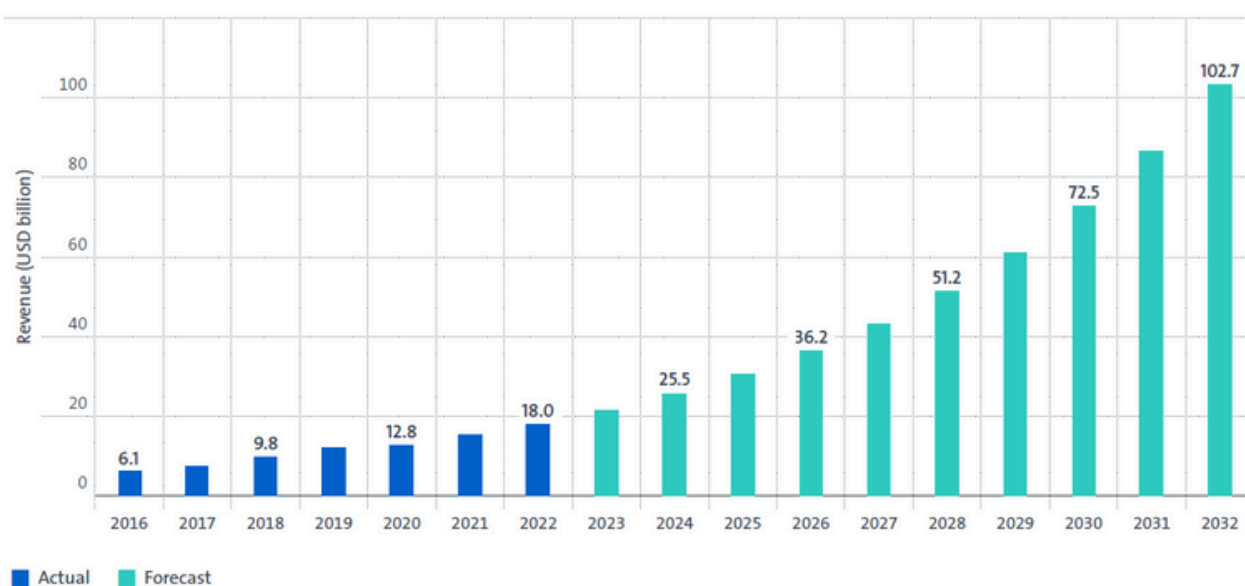




Il mercato

Sempre secondo il *Wohlers Report 2023*, in soli 6 anni il mercato della produzione additiva ha sperimentato una crescita significativa: i ricavi sono triplicati, passando da circa 6 miliardi di dollari nel 2016 a **18 miliardi di dollari nel 2022**. È interessante notare che, nel 2022, **il segmento più dinamico** del mercato sono stati i **servizi** e non i prodotti (rispettivamente 10,7 miliardi di dollari e 7,3 miliardi di dollari).

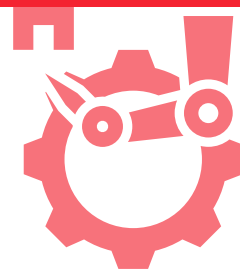
Market size and forecast of AM products and services



Copyright Wohlers Report, 2023

Secondo le proiezioni il mercato potrebbe superare la soglia dei 50 miliardi di dollari entro i prossimi cinque anni, e supererà addirittura i **100 miliardi di dollari entro il 2032**.





Glossario

Fotopolimero

Materiale che ha la capacità di assorbire una porzione della luce diventando solido e compatto.

Estrusore

Componente di una stampante 3D che trasferisce il materiale di stampa riscaldato sul letto di stampa, strato dopo strato.

Tasso di crescita annuale composto (CAGR)

Il tasso di crescita annuale composto (CAGR) è il tasso medio di crescita dei ricavi, delle vendite o degli investimenti nel tempo. Il CAGR tiene conto degli effetti dell'interesse composto e dei tassi di crescita esponenziale



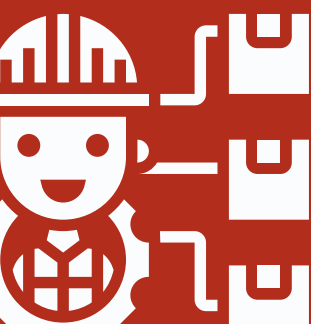
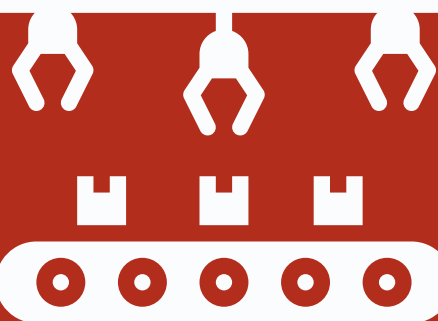
LA MANIFATTURA ADDITIVA



*A cura dell'Area VII "Orientamento al lavoro e alle
professioni - Innovazione e digitalizzazione"*



Camera di Commercio di Roma
Via de' Burrò, 147 - 00186 Roma
www.rm.camcom.it



**Camera di Commercio
Roma**