



UNIVERSITÀ POLITECNICA DELLE MARCHE
FACOLTÀ DI ECONOMIA “GIORGIO FUÀ”

Corso di Laurea triennale in Economia e commercio

LA STAMPA 3D AL SERVIZIO DELL'INDUSTRIA 4.0:
DINAMICHE INNOVATIVE E IMPATTO SUI PROCESSI
PRODUTTIVI

3D PRINTING AT THE SERVICE OF INDUSTRY 4.0:
INNOVATIVE DYNAMICS AND IMPACT ON
PRODUCTION PROCESSES

Relatore:
Prof. Aldo Bellagamba

Rapporto Finale di:
Lorenzo Di Lorenzo

Anno Accademico 2018/2019

INDICE

INTRODUZIONE	3
CAPITOLO 1. LA QUARTA RIVOLUZIONE INDUSTRIALE	4
1.1 INDUSTRIA 4.0	4
1.2 COME IL MONDO SI STA PREPARANDO ALL'INDUSTRIA 4.0	8
CAPITOLO 2. LA STAMPANTE 3D	12
2.1 RUOLO DELLA STAMPANTE 3D NELL'IMPRESA 4.0	12
2.2 CHE COS'È LA STAMPA 3D ED EVOLUZIONE STORICA	13
2.3 UTILIZZI DELLA STAMPANTE 3D	18
2.4 PROTOTIPAZIONE	20
2.5 PRODUZIONE	21
2.6 IMPLEMENTAZIONE NEI PROCESSI PRODUTTIVI	24
CAPITOLO 3. SETTORI DI IMPIEGO	30
3.1 SETTORE DELLA MODA E DELL'ABBIGLIAMENTO	30
3.2 FOOD PRINTING	32
4.1 IL FUTURO DELLA STAMPANTE 3D	34
4.2 MERCATO DELLA STAMPA 3D	35
4.3 STAMPA 4D	38
5. CONCLUSIONI	40
BIBLIOGRAFIA	41

INTRODUZIONE

La realtà industriale che tutti conosciamo è in continua evoluzione, si stanno sviluppando tecnologie sempre più digitali e automatizzate in modo da rendere sempre più efficienti i sistemi produttivi delle imprese. Tutti i giornali e gli esperti del settore stanno parlando sempre di più dell'industria 4.0. La stampa 3D gioca un ruolo di traino in questa nuova rivoluzione industriale, acquisendo una presenza sempre più importante all'interno delle fabbriche e delle aziende, seppur con delle criticità ancora da risolvere. E non si ferma solo all'interno del settore industriale, è una tecnologia che permette a chiunque di realizzare ciò che vuole, addirittura all'interno del salotto di casa. È possibile utilizzarla in qualsiasi settore: medico, aerospaziale, auto motive, design e molti altri ancora. Garantisce una produzione rapida di parti pronte all'uso, riducendo significativamente i tempi di lavoro e i costi.

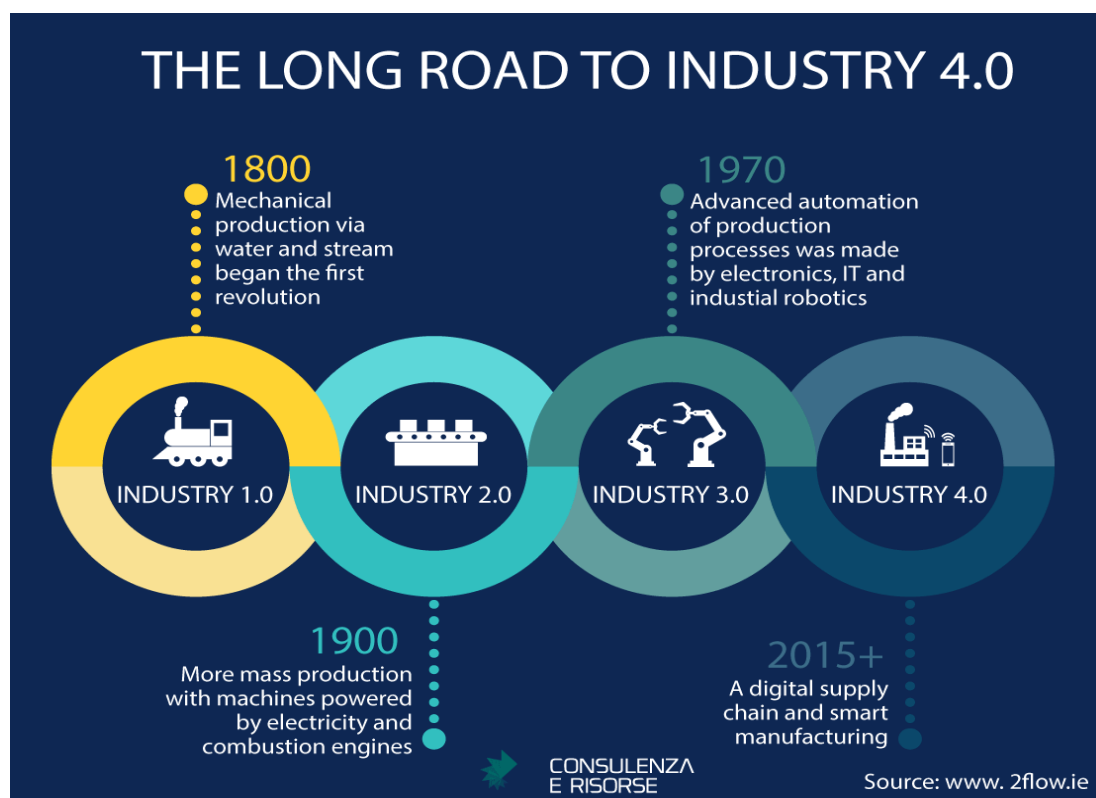
Questo lavoro ha l'obiettivo di descrivere le caratteristiche e i campi di applicazione della stampa 3D all'interno dei processi produttivi delle imprese, analizzando l'impatto che questa nuova tecnologia ha scatenato e il futuro dell'industria con l'implementazione del 3D Printing.

CAPITOLO 1. LA QUARTA RIVOLUZIONE INDUSTRIALE

1.1 INDUSTRIA 4.0

Stiamo vivendo una nuova era nel mondo manifatturiero, assistendo ad un'evoluzione della tecnologia che potrebbe modificare la filosofia tradizionale dell'industria. Ci stiamo muovendo verso un'altra fase della rivoluzione industriale, la così detta industria 4.0. Come nelle tre rivoluzioni industriali precedenti, c'è un elemento che modifica completamente la vita delle persone: nella prima rivoluzione industriale, che ebbe inizio nel 700 e caratterizzò gran parte dell'ottocento, fu introdotta la macchina a vapore e fu scoperto il potenziale del carbone, aumentando considerevolmente l'aumento della produttività. Nella seconda fu il turno dell'elettricità, del motore a scoppio e del petrolio, che cambiò ancora una volta la vita di milioni di persone. La terza, quella che viviamo ancora tutt'oggi, è quella dell'energia atomica e dell'informatica, con lo sviluppo delle IT. Fino ad arrivare all'industria 4.0 definita come “tendenza dell'automazione industriale che integra alcune nuove tecnologie produttive per migliorare le condizioni di lavoro, creare nuovi modelli di business e aumentare la produttività e la qualità produttiva degli impianti”.

Figura 1. – Dalla prima alla quarta rivoluzione industriale



Si sta parlando sempre di più dell'Internet of things che rappresenta un fattore determinante per la nuova industria: nelle telecomunicazioni è un neologismo riferito all'estensione di Internet al mondo degli oggetti. L'IOT estende agli oggetti i benefici dell'uso di Internet, permettendo di interagire con altri oggetti e quindi con le persone in modo sempre più digitale e consente inoltre di rendere disponibili i dati che servono a comprendere meglio il mondo reale, estrarre informazioni utili ai processi decisionali.

L'industria quindi, diventa in qualche modo intelligente: è come un altro "essere" che dialoga con l'umano e riesce a fare un tipo di cose che prima non riusciva a fare. Le aziende quindi riescono a produrre in modo più efficiente e più efficace. Ci sono molte tecnologie che caratterizzano l'industria 4.0: manifattura additiva, robotica avanzata, realtà aumentata, cloud, cyber-security, big data. Dal vecchio concetto di industria quindi si passa al concetto di smart factory, ovvero fabbrica intelligente. In questo modo la produzione diventa digitalizzata, autonoma e composta da sistemi interconnessi che comunicano tra loro. Perciò si svolgono delle operazioni che nella fabbrica tradizionale vengono fatti dall'uomo: così si ottengono aumenti della flessibilità, della produttività, della qualità e soprattutto diminuzione del tempo di produzione.

È un nuovo modo di fare impresa, di organizzazione, di produzione che è destinata a cambiare profondamente la vita delle persone, soprattutto dal punto di vista del lavoro. (Maci, 2019)

Infatti è ormai comprovata l'idea che nei prossimi anni fattori tecnologici e demografici influenzeranno profondamente l'evoluzione del mercato del lavoro. Alcune tecnologie lo stanno già facendo ora, altre lo faranno, si creeranno nuovi lavori ma ne scompariranno altri, con un probabile saldo negativo. Diminuiranno ancora di più i lavori manuali che andranno sempre più sostituiti dalle macchine. Ovviamente cambieranno anche le competenze legate ai nuovi lavori che emergeranno, richiedendo nuove competenze e skill. E qui entrano in gioco i

governi dei paesi, che devono supportare questo processo di industria 4.0 attuando dei piani di investimento supportando le imprese in questo nuovo progresso tecnologico e educare i nuovi lavoratori alle skill richieste.

L'industria 4.0 cambia il modo di fare impresa: le macchine diventano completamente interconnesse tra loro, si scambiano informazioni le une con le altre per risolvere i problemi in tempo reale, effettuando operazioni di autodiagnostica e di manutenzione preventiva. Saranno tutte attività che le macchine riusciranno a svolgere autonomamente e in modo più efficace ed efficiente dell'uomo. Questo cambia radicalmente il processo produttivo delle imprese; innanzitutto porteranno le fabbriche a prevedere in autonomia il grado di fallimento produttivo, ad adottare le migliori misure di prevenzione e a mettere in campo azioni di auto-riparazione (Maci, 2019)

Inoltre ci sarà la possibilità di raggiungere un grado di flessibilità produttiva in funzione del singolo cliente. È evidente quindi come tutto questo possa cambiare radicalmente tutto l'intero modo di ragionare delle imprese, dall'organizzazione della produzione alle strategie di marketing.

1.2 COME IL MONDO SI STA PREPARANDO ALL'INDUSTRIA 4.0

Nel mondo le imprese si stanno avvicinando sempre di più verso l'industria 4.0 e implementare il sistema di industria 4.0 appare come una sfida che devono affrontare le imprese e sfruttare le potenzialità offerte da questa nuova rivoluzione: questo processo di cambiamento, dal punto di vista dei più importanti top manager italiani, deve essere supportato dal governo che deve andare ad agire sull'intero sistema, partendo dalla formazione di nuovi operatori che dovranno confrontarsi con sistemi sempre più tecnologicamente sofisticati sviluppando nuove skill. Secondo le rilevazioni di EY, infatti, la limitata cultura digitale (85%) e l'individuazione di figure professionali adeguate (84%) rappresentano i due principali freni dello sviluppo 4.0 dell'industria italiana (Frollà, 2019). Sicuramente l'Italia sotto questo punto di vista è molto meno avanzata rispetto ai principali paesi mondiali che stanno investendo di più in ricerca e sviluppo.

Figura 2. -Brevetti dell'Italia nel mondo

E l'Italia? Avanti adagio...

14° posto nel ranking mondiale, ma cresce meno dei competitor



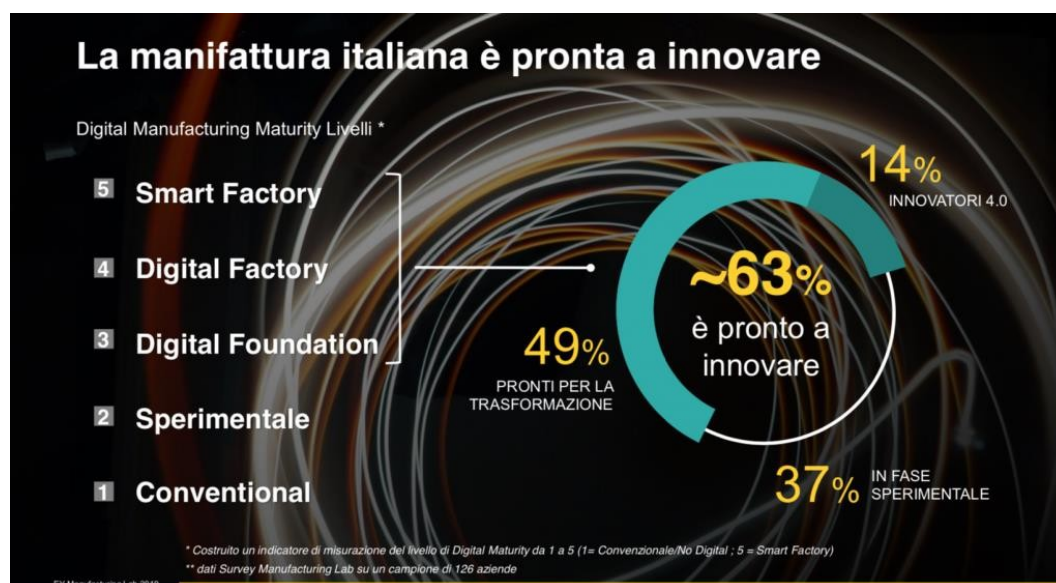
Come si può notare dalla figura 1, l'Italia è posizionata dietro i principali paesi europei e mondiali, per numero di brevetti realizzati; questo testimonia come gli altri paesi sono più propensi all'innovazione, a creare nuove tecnologie.

Dal punto di vista delle imprese Italiane emerge il fatto che i dirigenti italiani si dimostrano ben consapevoli del fatto che, in ottica prospettica, l'industry 4.0 impatterà sui loro modelli di business. Tuttavia analizzando il grado di preparazione delle imprese rispetto all'adozione delle nuove tecnologie, prevale ancora una notevole e diffusa incertezza.

Incertezza che riguarda l'implementazione delle nuove tecnologie perché questo processo implica una trasformazione dell'intero processo organizzativo, che pone dei punti interrogativi sul futuro: queste tecnologie sono destinate a mettere in discussione le routine, le strutture e le attività consolidate nei processi delle aziende. Quantitativamente, in Italia sono ancora pochi i veri innovatori sul fronte dell'Industria 4.0, e in affanno risultano soprattutto le Pmi.

Come rilevato dall'indagine "Ey digital Manufacturing Maturity Index 2019" rappresentata in figura 2, solo il 14% delle aziende, infatti, ha raggiunto un livello avanzato di sviluppo digitale e di interconnessione, mentre, quasi la metà (49%) ha gettato le basi per una trasformazione digitale completa e il 37% è in fase sperimentale. Soltanto il 5% possiede un sistema strutturato e automatizzato di integrazione dei dati con fornitori e clienti.

Figura 3. - Industria 4.0 in Italia



Le imprese italiane devono quindi sviluppare una visione più incentrata sul lungo periodo, per cercare di individuare i trend che si creeranno potendo così ottenere un vantaggio competitivo internazionale.

Inoltre c'è una predisposizione maggiore delle grandi imprese ad attivare questo tipo di evoluzione, rispetto alle piccole imprese. “Le imprese fanno fatica a intercettare le competenze necessarie allo sviluppo dell’Industria 4.0 e, ove trovate, a tenerle aggiornate”, commenta l’amministratore delegato di Ey in Italia, Donato Iacovone. “Diventa fondamentale e strategico per le nostre imprese, in particolare per le Pmi, investire in formazione e in competenze adeguate, indispensabili per evolvere e competere sui mercati internazionali”

CAPITOLO 2. LA STAMPANTE 3D

2.1 RUOLO DELLA STAMPANTE 3D NELL'IMPRESA 4.0

Una data di inizio per quella che possiamo definire la quarta rivoluzione industriale non è ancora stata definita, probabilmente il motivo va ricercato nel fatto che è un fenomeno che è ancora in fase di sviluppo e si deve ricercare un qualcosa che cambi il modo di lavorare delle industrie, come le tre rivoluzioni precedenti.

La domanda che si pongono molti esperti del settore è relativa alla stampante 3D: può questa tecnologia dare inizio ad una nuova era tecnologica?

Nell'industria 4.0 c'è un ruolo rilevante per la stampante 3D. Per gli esperti del settore l'ascesa della produzione additiva è paragonabile a quella dell'invenzione del personal computer, uno sviluppo tanto potente quanto la diffusione di internet. Non sono molte le tecnologie che hanno avuto un effetto così radicale nel modo in cui viviamo le nostre vite.

Come ci insegnano gli esperti, innovare non è un'operazione semplice, anzi è molto complessa: l'innovazione è un valore che va gestito con cautela e abilità, proprio a causa della sua estrema e intrinseca complessità. Complessità che se viene superata può portare l'impresa ad aumentare la propria competitività.

Innovare quindi, assume un ruolo importante nell'incremento della performance aziendale, per la crescita, e per la sostenibilità del vantaggio competitivo, oltre che per la sopravvivenza delle imprese. Anche perché come è stato ormai ampiamente

discusso, le aziende sono obbligate a innovarsi, reinventarsi costantemente in un mondo che si evolve sempre più velocemente, perché se non un'azienda non si evolve verso l'industria 4.0 lo faranno i suoi concorrenti, i suoi competitors che finiranno a essere più bravi, ma soprattutto più veloci. Oggi il fattore tempo ha acquisito un'importanza sempre più rilevante per il mercato. Come citato da Marc Benioff "la nuova valuta del business, è la velocità".

2.2 CHE COS'È LA STAMPA 3D ED EVOLUZIONE STORICA

La stampa 3D è un processo di produzione di oggetti tridimensionali partendo da un modello digitale che permette di realizzare oggetti completi o parti di oggetti e di macchine attraverso un sistema di stratificazione sequenziale: la produzione dell'oggetto avviene per strati, posizionando uno strato di materiale sopra l'altro. È comunemente nota come "manifattura additiva" proprio dal fatto che realizza gli oggetti aggiungendo materiale invece di asportarlo come fanno le tradizionali macchine utensili.

Le origini della stampa 3D risalgono agli anni 80, quando un signore di nome Chuck Hull brevettò la stereolitografia, ovvero un metodo per creare oggetti solidi da strati successivi solidificati di resina sensibile alla luce ultravioletta. Fondò la 3DSystem, azienda che tutt'oggi è presente nel mercato delle stampanti 3D. Questa data segna un evento fondamentale nella storia di questa nuova tecnologia, perché proprio è

dall'input dato dall'invenzione di C. Hull seguirono altre idee e soluzioni sempre più all'avanguardia, sviluppate dall'idea originaria.

Negli anni successivi, grazie al contributo di numerosi ingegneri tra cui Carl Deckard e Joe Beaman, si studiò la sinterizzazione un metodo molto simile a quello del signor Hull ma con l'introduzione del nylon al posto della resina (Quinci, 2017). Poi il signor Crump, fondatore di Stratasys (1988), sviluppò una nuova tecnologia che tutt'oggi viene utilizzata, ovvero la FDM una stampa 3D che fa uso di materiali fusi, e quindi introduce un nuovo materiale da stampare: la plastica.

Verso la metà degli anni novanta, è il turno del MIT l'istituto di tecnologia di Boston che inventa una stampa 3D più sofisticata che è in grado di riprodurre fedelmente oggetti della vita reale con maggior cromaticità: riesce ad utilizzare infatti fino a 28 colori. Tecnologia complessa a quell'epoca che costituì la base per l'attuale stampa 3D a colori. Sempre in quegli anni si inizia a riuscire a stampare anche con leghe metalliche, un passo in avanti importante per l'utilizzo della stampante 3D nell'industria.

La vera rivoluzione però arriva nel 2005, con un progetto di stampante 3D conosciuto da tutti: il RepRap, una stampante che riesce a replicare sé stessa, ovvero stampare i pezzi per costruire un'altra stampante 3D dando vita ad un processo potenzialmente infinito. Grazie al supporto di internet e ad una famosa piattaforma di condivisione chiamata Shapeway si iniziano a creare le prime comunità online di produttori che condividono i loro servizi di stampa e i loro disegni 3D con la

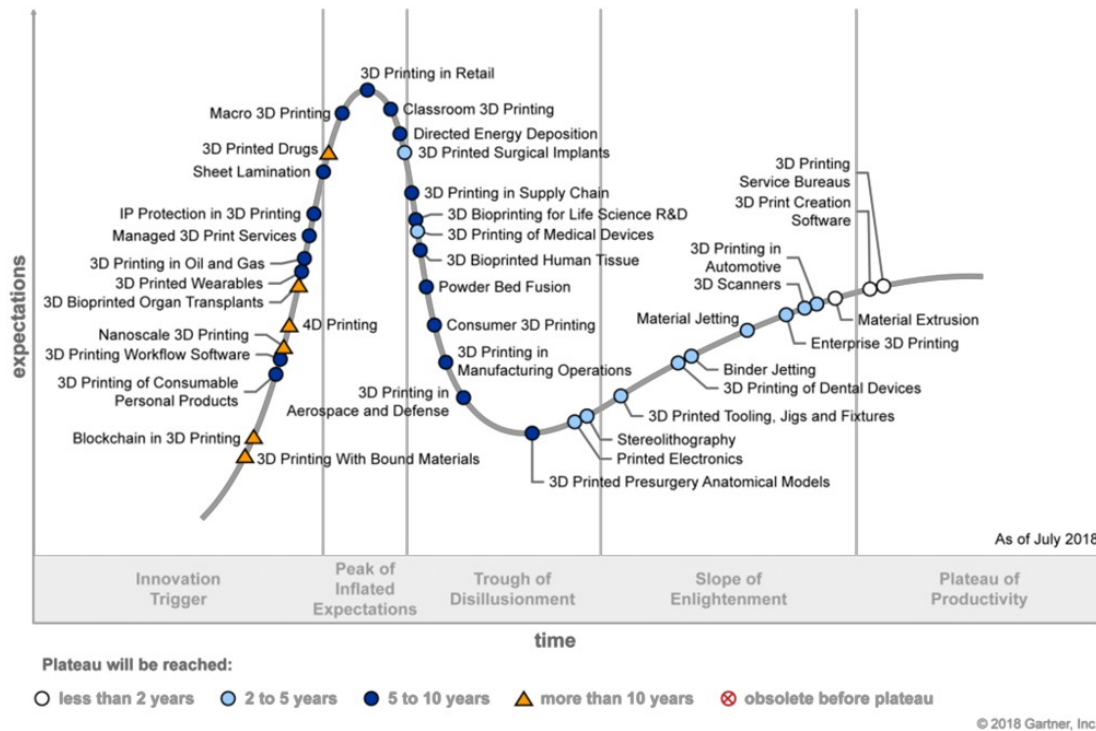
popolazione digitale. Dal 2008 è possibile addirittura acquistare stampanti 3D che possono essere utilizzate comodamente all'interno del proprio salotto di casa.

Arrivando ai giorni nostri possiamo osservare che c'è un forte interessamento verso questa nuova tecnologia che gode della fiducia di moltissime imprese che stanno cercando di portare il processo di stampa 3D all'interno dei processi produttivi, attraverso le risoluzioni delle criticità che la tecnologia deve affrontare.

Numerosi investimenti sono stati fatti fino a questo punto e altrettanti studi indicano che in tempi brevi questa tecnologia prenderà riuscirà a decollare modificando completamente le logiche produttive che tutti conosciamo.

Un noto analista industriale, Gideon Gartner, sostiene però che la tecnologia additiva è ancora troppo acerba per soddisfare delle aspettative così elevate, prevedendo, che si potrà raggiungere un livello di adattamento generale tra verso il 2020. Ogni anno l'istituto fondato proprio da Gartner nel 1990 (Gartner Institute) pubblica le sue previsioni annuali per le nuove tecnologie ed evidenzia la tendenza da considerare per i processi e i prodotti di fabbricazione futuri.

Figura 4. -Hype cycle for 3D printing



Come si può notare dalla figura 3, secondo le ricerche di mercato del Gartner Group effettuate nel 2018, l'impatto della stampa 3D sarà presto determinante in molti settori, dal campo medico e aerospaziale dove si trova già una notevole applicazione, all'architettura, dalla moda al design. Troverà maggiore applicazione nel settore manifatturiero in generale, dove si andranno ad affermare nuovi modelli di business incentrati sull'utilizzo della stampa tridimensionale.

La curva rappresenta le aspettative che si sono generate attorno alla tecnologia 3D, che sono molto alte al momento della comparsa della stampa 3D. Aspettative che andranno poi a diminuire nel momento in cui ci si accorge che questa tecnologia non è così facile da usare, per poi risalire fino a raggiungere un plateau.

Un sondaggio di McKinsey sui principali produttori all'inizio di quest'anno ha mostrato che il 40 per cento degli intervistati non aveva familiarità con la tecnologia di produzione additiva. Un ulteriore 12 per cento ha indicato che pensavano che la stampa 3D potesse essere pertinente, ma aveva bisogno di saperne di più.

Molti hanno anche ammesso che le loro aziende non erano preparate a intraprendere uno sforzo inter-organizzativo per identificare le opportunità. Due terzi hanno affermato che alle loro aziende mancava un modo formale e sistematico di catalogare e dare priorità alle tecnologie emergenti in generale.

Ci sono diverse tecnologie per la stampa 3D ognuna delle quali si differenzia per il modo in cui costruiscono gli strati. Alcune tecnologie utilizzano materiali in polvere o materiali liquidi, altre lavorano con una modellazione a deposizione fusa, e altre ancora utilizzano un sistema a laminazione (Magnaghi, 2015, 11)

Ogni metodo offre vantaggi e svantaggi in base alle esigenze che devono soddisfare i produttori che utilizzano queste tecnologie. Le principali considerazioni da analizzare per effettuare la scelta di una stampante 3D sono relative alla velocità di produzione, i materiali che si possono utilizzare nella stampa, la dimensione e il costo ovviamente.

I prezzi delle stampanti 3D si sono ridotti di molto negli ultimi anni, permettendo così lo sviluppo di un mercato per persone che vogliono utilizzare la stampante 3D per scopi amatoriali e non professionali. Infatti chiunque può acquistare una stampante 3D a poche centinaia di euro e installarla nel proprio salotto di casa per

produrre piccoli oggetti. Inevitabilmente il prezzo si alza arrivando anche a centinaia di migliaia di euro per le stampanti industriali, dove ovviamente la tecnologia di queste macchine è molto più complessa.

Insieme alla stampante 3D vanno acquisiti anche i software che servono per la creazione di modelli 3D in modo digitali. Per creare e stampare i modelli 3D sono necessari i seguenti software:

- I programmi di modellazione 3D, che servono per realizzare digitalmente i prototipi dei prodotti che poi verranno stampati
- Gli editor STL, che verificano la realizzabilità fisica del modello che correggono gli errori più semplici e segnalano le anomalie che non sono in grado di risolvere automaticamente
- I programmi di slicing che permettono di convertire il nostro modello 3D in istruzioni che dialogano con la stampante 3D, impostando tutti i parametri di stampa
- Il software di controllo della stampante 3D, che trasmettono le istruzioni alla stampante

2.3 UTILIZZI DELLA STAMPANTE 3D

La produzione additiva offre diversi vantaggi rispetto ai metodi di produzione tradizionali. Consente di realizzare oggetti dallo sviluppo di un'idea, trasformata in un prototipo o un prodotto finito, partendo da un file digitale. In questo modo di

riescono ad evitare quelle fasi e quelle intermediazioni che sono presenti nel tradizionale processo di produzione, diminuendo i costi relativi alla logistica e ai trasporti; non solo, offre dei vantaggi anche a livello tecnico, consentendo di creare oggetti che sono problematici da ottenere con le tecniche comuni. Inoltre può ridurre il materiale sprecato nelle operazioni sottrattive tradizionali, in quanto si lavora aggiungendo materiale.

Come tutte le rivoluzioni tecnologiche, la stampante 3D deve attraversare un percorso che presenta diversi ostacoli, per poter essere adottata come principale metodo di produzione delle imprese; in questo percorso si sta adattando e integrando con le tecnologie attuali, che non verranno mai sostituite completamente ma coesisteranno con la stampa 3D supportandosi a vicenda (Magnaghi, 2015, 73)

Le lavorazioni con le macchine utensili tradizionali rimarranno sempre un punto fermo per quanto riguarda le produzioni di grandi parti con strette tolleranze, con la stampa 3D che potrà avere un ruolo di supporto per complementare i processi tradizionali di produzione per ottimizzare la creazione e l'esecuzione del prodotto.

La stampa 3D si può utilizzare in tutte le fasi del ciclo di vita del prodotto: dall'ideazione, alla produzione arrivando fino ai processi di logistica e ricambistica.

Figura 5. -La stampa 3D nel ciclo di vita dei prodotti



Fonte: NetConsulting cube e Cherry Consulting, 2017

2.4 PROTOTIPAZIONE

Uno dei vantaggi più evidenti nella produzione additiva è quello relativo alla libertà di progettazione che offre durante lo sviluppo del prodotto. Ingegneri e designer hanno adesso a disposizione nuove forme e nuove geometrie nel processo produttivo grazie alla tecnologia 3D, potendo realizzare oggetti con geometrie complesse difficilmente realizzabili da altri sistemi produttivi. Infatti si possono ‘complicare’ le strutture di un nuovo prodotto, ridurre il numero di parti e migliorare le sue funzionalità e grazie alla realizzazione dei prototipi in formato digitale è possibile modificarli in qualsiasi momento e più frequentemente, riducendo sensibilmente il tempo e i costi in questa fase. Per affrontare con successo le sfide che si presentano e adattarsi al mondo di oggi, sempre più

competitivo, dove i consumatori si stanno evolvendo diventando più attenti e selettivi nella scelta dei prodotti che acquistano per soddisfare i loro bisogni, è indispensabile per le imprese ridurre al massimo i tempi di sviluppo di nuovi prodotti senza rinunciare all'originalità, funzionalità e affidabilità dell'oggetto, quali fattori critici di successo nel mercato.

In aiuto a queste problematiche intervengono software CAD di progettazione 3D che consente di velocizzare incredibilmente il processo di prototipazione: attraverso questi software infatti è possibile identificare, prima ancora che il prototipo venga realizzato, le eventuali incongruenze che sono presenti nel prodotto. Non dovendo più realizzare prototipi con la macchina tradizionale che necessita di costi di attrezzaggio, richiedendo a volte tempi di consegna lunghi, si riesce ad effettuare un risparmio considerevole dei costi, ma soprattutto del tempo. Tramite la realizzazione con la stampa 3D progettisti e ingegneri possono produrre i loro prototipi per fare delle verifiche visive, di assemblaggio con altri pezzi, fare delle valutazioni tecniche in tempi ristretti e costi relativamente bassi.

2.5 PRODUZIONE

Per quanto riguarda la produzione, la stampa 3D permette di realizzare piccoli lotti di produzione riuscendo a personalizzare anche una minima quantità di prodotti complessi come si vuole, personalizzati per un singolo cliente senza dover gravare sulle economie di scala del passato. Permette di soddisfare la

crescente richiesta di personalizzazione dei prodotti che è difficile da conseguire con la produzione in serie, a causa degli elevati costi di set-up. Flessibilità, economicità e rapidità sono i principali punti di forza della stampa 3D quando si producono piccoli lotti di prodotti.

Può risultare vantaggioso per esempio quando si deve realizzare un prodotto che non è più in commercio, oppure quando c'è urgenza di disporre di un determinato oggetto che potrebbe essere un pezzo di ricambio che richiede molto tempo per essere reso disponibile dal fornitore.

Diventa meno competitiva quando si devono produrre su larga scala oggetti semplici, dove le macchine tradizionali godono di maggiori economie di scala. In linea di principio, dunque, si può trarre una prima conclusione: per parti o prodotti che presentano geometrie che possono essere realizzate con un unico set-up e che devono essere prodotte in grandi volumi, la lavorazione con l'impiego di tecnologie produttive sottrattive è spesso, a tutt'oggi, il metodo più veloce e conveniente (Gallinaro, 2019)

La riduzione dei costi di produzione con l'utilizzo della stampa 3D è anche determinata dalla riduzione dei materiali impiegati nel processo, rispetto alle produzioni di tipo sottrattivo: infatti il materiale viene aggiunto strato su strato e non sottratto da un blocco di materiale fino all'ottenimento del prodotto finale in questo modo il processo di produzione attraverso la stampa 3D permette di costruire la struttura del prodotto fondendo solamente il filo e la polvere metallica

necessari, il che garantisce uno spreco minimo, con delle percentuali di scarto che vanno dall'1 al 3 per cento e in futuro si azzereranno del tutto. (Mossetti, 2019)

Le linee di assemblaggio e le catene di approvvigionamento possono essere ridotte o eliminate per molti prodotti. Il prodotto finale, o pezzi di grandi dimensioni di un prodotto finale come un'auto, possono essere prodotti da AM (additive manufacturing) in un singolo processo, creati come un pezzo unico, integrando tutte le parti di un oggetto con una sola operazione a differenza della produzione convenzionale in cui sono assemblate centinaia o migliaia di parti. Processo che attiva spesso decine e decine di fabbriche che ricevono a loro volta pezzi da altre fabbriche e le inviano ad altre ancora. E saranno i disegni, non i prodotti, a spostarsi in tutto il mondo come file digitali per essere stampati ovunque e da chiunque abbia una stampante in grado di soddisfare i parametri di progettazione. Così Internet ha prima eliminato la distanza come fattore di spostamento di informazioni e ora AM le elimina per il mondo materiale. Proprio come un documento scritto può essere inviato via e-mail in formato PDF e stampato in 2D, mentre un file di progettazione "STL" può essere inviato immediatamente dall'altra parte del pianeta via Internet e stampato in 3D. Avvalendosi di macchine additive, che producono su richiesta specifica, si eliminano, di conseguenza, i magazzini di prodotti finiti e quelli delle parti di ricambio, di semilavorati e lavorati intermedi (Gallinaro, 2019)

Il processo di logistica quindi potrebbe subire una trasformazione: grazie alla tecnologia di stampa 3D si può eliminare l'inventario dei pezzi di ricambio, producendoli localmente e on-demand. Le aziende tradizionali devono procurarsi le parti dal suo fornitore che a causa della distanza geografica, gli ordini effettuati richiedono tempi di consegna lunghi, che comporta un alto costo di inventario ed una capacità di programmazione. Con la stampa 3D si elimina completamente questo processo: un'azienda si potrebbe stampare tutti i pezzi di ricambio necessari all'interno dell'azienda stessa.

2.6 IMPLEMENTAZIONE NEI PROCESSI PRODUTTIVI

Le nuove tecnologie produttive devono compiere un percorso che le porterà ad essere applicate ed implementate nei processi produttivi, e questo rappresenta un elemento critico da affrontare. Criticità che deve affrontare la stampante 3D, in quanto si può configurare come un'innovazione di processo. Quindi c'è la necessità di studiare e verificare se il processo di stampa 3d può determinare gli effetti tipici delle innovazioni di processo.

Ingegneri e designer hanno utilizzato la stampante 3d per più di un decennio, ma il loro utilizzo era limitato alla produzione di prototipi, modelli funzionali, modelli di presentazione; però man mano che questa tecnologia migliora, molti più oggetti vengono stampati come prodotti finali e non come prototipi. Oggi la stampante 3D

in Italia è utilizzata soprattutto nelle aziende manifatturiere, soprattutto nella fabbricazione di prodotti di elettronica e di mezzi di trasporto, come viene registrato dall'Istat.

Tabella 1- Incidenza della stampa 3D nei principali settori industriali italiani

ITALIA	2018
settori	incidenza % di utilizzo della stampa 3D
Attività manifatturiere	9,1
Industrie alimentari	1,6
Industrie tessili	1,7
Industria dei prodotti in legno, carta	2,4
Industria chimica e petrolifera	9,2
Industria metallurgica	9,1
Industria elettronica	30,3
Industria dei mezzi di trasporto	25,4

Fonte: Dati Istat

Come si può notare dalla figura trova maggiori applicazioni in determinati settori, mentre in altri ancora è poco considerata. L'industria elettronica e quella dei mezzi di trasporto hanno già familiarità con questa nuova tecnologia, mentre negli altri settori si sta iniziando a diffondere.

È chiaro però che l'attenzione verso l'utilizzo di questa tecnologia sta suscitando sempre più interesse e si prevede che nel futuro, con opportuni sviluppi possa veramente diventare protagonista nella produzione.

Tutta via le analisi fatte sulla produzione additiva si sono concentrate ad esaminare gli effetti sul costo di produzione o di altri aspetti a livello di impresa, ma ha trascurato lo studio sulla creazione di valore e struttura del mercato.

Di recente è stato messo in evidenza che la produzione additiva ha il tutto il potenziale per essere la protagonista della nuova rivoluzione industriale. La tecnologia AM influisce sull'intera struttura di mercato, andando al di là degli effetti che si verificano all'interno di una singola azienda. Un fenomeno che ha una portata gigantesca, che può cambiare completamente la logica di mercato tradizionale. Basta pensare che chiunque può acquistare una stampante 3D, e comodamente nel suo salotto di casa si stampa tutto quello di cui ha bisogno, in modo rapido e semplice. Tutto questo grazie ad internet dove si possono trovare modellazioni 3D fatte da altri utenti che lo condividono sulle piattaforme online, che possono facilitare ancora di più il processo: infatti questi file possono essere

reperiti molto facilmente da chiunque, basta scaricarli, trasferirli nella stampante 3D che in automatico è pronta a stampare.

Tuttavia, le opportunità di AM presentano una serie di limitazioni: i materiali disponibili non corrispondono sempre alle caratteristiche della produzione, la velocità di produzione è piuttosto bassa e non sempre si riesce a raggiungere un'alta qualità degli oggetti stampati.

Per quanto riguarda la velocità di produzione: il processo di stampa 3D è mediamente più lento della produzione tradizionale, anche se ultimamente il tempo di produzione si è ridotto considerevolmente. Questa "lentezza" può rappresentare un problema quando bisogna produrre un'elevata quantità di pezzi, soprattutto oggi che il mercato è sempre più esigente in termini di tempistiche.

I materiali che si possono utilizzare nella stampa 3D sono stati un problema non di poco conto negli ultimi anni, ma ora sono notevolmente aumentati: inizialmente era possibile stampare oggetti principalmente in plastica, poi con l'evoluzione tecnologica si è arrivati a poter utilizzare metalli (moltissime leghe metalliche), argilla, sabbia, vetro, carta, fino ad arrivare a materiali utilizzati nel food come cioccolato, zucchero, amido e persino cellule viventi utilizzate nel bio-printing.

Sono stati fatti passi in avanti sotto questo punto di vista riuscendo a stampare con leghe metalliche che è una necessità primaria per l'industria manifatturiera.

Un'altra importante sfida è relativa alle nuove competenze richieste per poterla utilizzare: potrebbe esserci una serie di problemi relativi all'allineamento e alla

configurazione corretta di processi diversi che richiederebbe personale specializzato per il funzionamento delle stampanti 3D e aumentare la complessità del processo.

Altra sfida per le aziende che si occupano di un gran numero di parti è la gestione della comunicazione interna ed esterna (Margiov, 2019). È necessario disporre di una piattaforma modulare che può essere adattata a ciascuna organizzazione separatamente in modo da ottimizzare flussi di lavoro specifici per ottimizzare e velocizzare meglio i tempi di consegna degli ordini, massimizzare i tassi di utilizzo della macchina e fornire un'esperienza superiore a tutti gli ingegneri per accedere alla catena di fornitura additiva.

AM comporta anche gravi rischi per l'intellettuale diritti di proprietà dei design dei prodotti (Kurfess e Cass 2014). Alla fine, AM significa produzione digitale, a partire da rappresentazioni digitali complete dell'output. Copia a prodotto fisico e convertirlo in dati di progettazione 3D condivisibili potrebbe diventare come facile come copiare un documento stampato o condividere file di computer ordinari, simili sviluppi hanno portato a cambiamenti dirompenti nel settore della musica (Wilbanks 2013).

Le aziende globali tendono a condividere file 3D attraverso le loro diverse strutture in tutto il mondo. La condivisione di file e altri dati importanti ha il rischio di esporli ad altri, in particolare ai concorrenti.

La diffusione non regolamentata e inconsapevole della stampa 3D non è certamente lo scenario più conveniente per le aziende, specialmente per quelle in cui design, marchi e brevetti costituiscono i maggiori vantaggi competitivi dell'impresa, ma non solo. Sarà necessario trovare nuovi strumenti di difesa legale a fronte di una tecnologia che permette l'esatta riproduzione e dunque la contraffazione di beni in modo veloce, facile, meno costoso e alla portata di tutti. (Tagliavini, 2019)

Con le giuste soluzioni software, materiali speciali, impostazioni avanzate della stampante o qualsiasi altra ricetta possono essere incapsulati e condivisi con eventuali rischi minimi. Ciò consente la migliore produzione possibile attraverso la condivisione sicura e modelli di business innovativi.

La questione dei diritti di proprietà in un'epoca di progettazione di prodotti digitali è una delle più gravi conseguenze economiche di AM. Alla fine, sarà il design intelligente di ecosistemi e modelli di business, trasformando questa minaccia in un'opportunità, che farà determinare il potenziale economico di AM.

CAPITOLO 3. SETTORI DI IMPIEGO

3.1 SETTORE DELLA MODA E DELL'ABBIGLIAMENTO

Anche se la stampa 3D esiste ormai da decenni, fino a poco tempo fa era riservata solo alle grandi aziende manifatturiere, a causa dei grandi investimenti richiesti e dalle nuove competenze tecniche da acquisire richiedendo una manodopera più all'avanguardia. Ma ora è accessibile anche alle piccole e medie imprese e agli artigiani. Grazie agli investimenti che stanno migliorando questa tecnologia, molti sono diventati gli oggetti che beneficiano della stampa 3D usufruendo della sua libertà di progettazione, prezzi accessibili, materiali disponibili. In molti settori quali il medico, l'aerospaziale continueranno ad adattarsi a questa tecnologia perché riesce a realizzare anche l'oggetto con le forme più improbabili, garantendo una personalizzazione infinita per adattarla ad ogni contesto.

La stampa 3D sta aprendo infinite possibilità in moltissimi campi: dal food all'aerospaziale, dal medico all'architettura.

Un settore che sta prestando molta attenzione alla stampa 3d è senz'altro quello dell'abbigliamento: anche la moda diventa digitale. Sono già stati realizzati capi di abbigliamento stampati in 3d, per esempio marchi importanti come Adidas e New

balance, hanno realizzato delle scarpe con questa tecnologia: l'azienda new balance ha deciso di utilizzare la stampa 3D perché con la tecnologia additiva è possibile ottimizzare le strutture interne ed inserire il materiale dove si desidera, il che significa offrire ai progettisti il potere di creare nuove e più precise geometrie.

Il settore della calzatura è ad alto potenziale di crescita, ma deve garantire ai designer la possibilità di utilizzare materiali idonei per rendere la scarpa indossabile e prezzi non proibitivi.

Inoltre con questa nuova tecnologia gli stilisti di moda hanno a disposizione modelli di body 3D per la progettazione e la simulazione di indumenti virtuali in un ambiente 3D aiutandoli a verificare rapidamente i problemi relativi al drappaggio del tessuto sull'avatar 3D e valutare la vestibilità del capo. Questo aiuta anche ad accorciare il tempo tra i cambiamenti di modello che si riflettono sulla finestra 3D (N. Grimmelsmann, 2016)

La tecnologia 3D come nuova tecnologia utilizzata nell'industria della moda consente al designer osservare virtualmente un capo anche quando non viene prodotto e possono essere apportate modifiche per migliorare.

Attraverso l'utilizzo di una stampante 3D per l'abbigliamento, si è in grado di trasformare un disegno digitale in un abito in circa sessanta minuti, eliminando delle operazioni nel processo tradizionale, dal taglio al confezionamento e consente agli stilisti di realizzare forme e modelli impossibili da creare con le tecniche

manifatturiere tradizionali. Ovviamente il tempo di produzione dipende dalla complessità del vestito che si andrà a produrre.

Comunque sono già numerosi gli stilisti che per realizzare modelli unici si sono rivolti alla tecnologia 3D, dando vita a capi straordinari e futuristici.

Addirittura la società statunitense intel ha realizzato un capo con la stampa 3D che interagendo con le onde cerebrali di chi lo indossa cambia colore.

È chiaro quindi che questo porta ad un aumento della creatività degli stilisti.

3.2 FOOD PRINTING

Sembra incredibile e pure è realtà, la stampante 3D può essere utilizzata anche nel settore alimentare: gli alimenti stampati in 3d sono un modo per preparare un pasto in modo additivo automatizzato. La stampa alimentare introduce capacità artistiche per la cucina raffinata e estende le capacità di personalizzazione di massa al settore culinario industriale (Jie Sun,2015)

Si potrà produrre un food design personalizzato: il food design non avrà più bisogno delle abilità artigianali specifiche che sono necessarie e che hanno un costo elevato, con la produzione che potrà essere sincronizzata con le esigenze dei clienti

Questo potrebbe reinventare il modo di percepire la cucina sotto diversi aspetti dalla consistenza alla forma e alla visione artistica (Houser, 2019)

Inoltre potrebbe anche migliorare le condizioni di salute individuali, cambiando il concetto di nutrizione personalizzata che mira a stabilire una dieta specificamente

basata sulle condizioni di salute individuali di una persona, attraverso il controllo della quantità e del contenuto nutrizionale di un determinato alimento

Si può effettuare quindi la stampa di pasti personalizzati per anziani, atleti e per le madri in attesa, attraverso vari livelli di componenti alimentari come le proteine e grasso.

Le limitazioni in questo campo sono però dovute al prezzo delle piattaforme commerciali di stampa, che sono ancora troppo costose per un prodotto di consumo. Tuttavia questa tecnologia è in fase di sviluppo e potrà avere degli impatti su questo settore nel futuro.

CAPITOLO 4. TREND FUTURI

4.1 IL FUTURO DELLA STAMPANTE 3D

Molti articoli e studi sono abbastanza ottimisti riguardo all'importanza e all'uso della produzione additiva in futuro. Può cambiare completamente l'organizzazione delle imprese tradizionali, percorrendo la strada del digitale.

La nota multinazionale di consulenza strategica McKinsey e Company ha effettuato un sondaggio da cui emerge che il dieci per cento dei dirigenti intervistati ritiene già la tecnologia "estremamente rilevante" (Cohen D., 2015) Considerano la capacità della stampa 3D di aumentare la complessità geometrica e ridurre il time to market come vantaggi aziendali chiave, seguita da vicino da una riduzione dei costi di utensili e assemblaggio, e la riduzione degli inventari dei pezzi di ricambio come altro vantaggio. La produzione additiva, quindi, sembra destinata a cambiare il modo in cui le aziende introducono i loro prodotti sul mercato e rispondono alle esigenze dei clienti. Sul futuro non si possono esprimere dichiarazioni certe, molto dipenderà da quando e quanto rapidamente diminuiranno i costi complessivi di stampa, uno sviluppo che dovrebbe ridurre il divario tra il costo dei metodi di produzione nuovi e tradizionali.

Costi che nelle tecnologie di stampa 3D sono costituiti principalmente dai costi di acquisto delle macchine e dalla loro manutenzione, che rappresentano in genere dal 40 al 60 per cento dei costi totali di stampa. I materiali utilizzati nel processo di

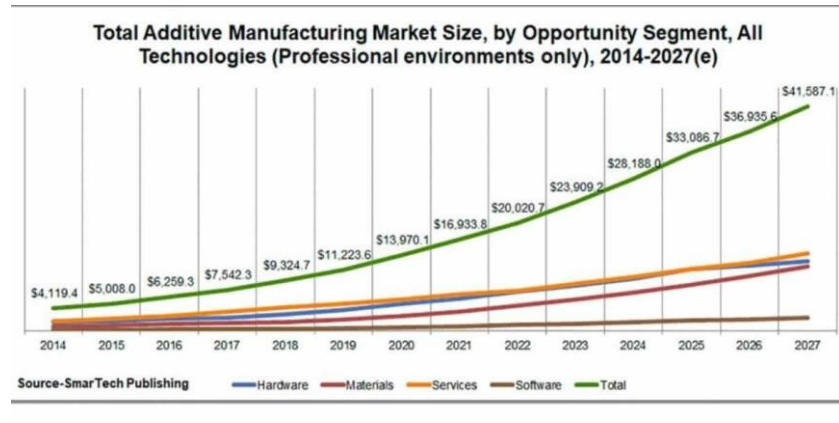
produzione possono rappresentare dal 20 al 30 percento quando si utilizzano materiali comuni come l'alluminio o dal 50 all'80 percento quando si stampa con materiali esotici come il titanio. Il lavoro e l'energia costituiscono il resto. Con ogni probabilità, i prezzi delle stampanti basate sulla sinterizzazione rimarranno costanti o aumenteranno nel breve termine grazie all'introduzione di nuove funzionalità tecniche, come l'automazione avanzata. Ma le scadenze dei brevetti e i nuovi concorrenti in Asia dovrebbero applicare una pressione al ribasso nei prossimi dieci anni.

Le velocità di produzione dovrebbero aumentare a causa della crescente potenza del laser, di un numero maggiore di laser e di una migliore tecnologia di proiezione. (George K., 2015)

4.2 MERCATO DELLA STAMPA 3D

Secondo i migliori osservatori delle tecnologie la stampa 3D è destinata ad essere una delle tecnologie emergenti che rivoluzioneranno la nostra vita nei prossimi 10-20 anni. La SmarTech Publishing, una delle principali aziende analitiche nel mercato della produzione additiva ha registrato nel 2018 un mercato globale complessivo della stampante 3D ha generato vendite per 9.3 miliardi di dollari, con un aumento del 18% rispetto al 2017. Secondo le previsioni della stessa azienda, entro il 2027 il mercato della stampa 3D dovrebbe superare la cifra di 41 miliardi di dollari.

Figura 6. - Il mercato della stampa 3D

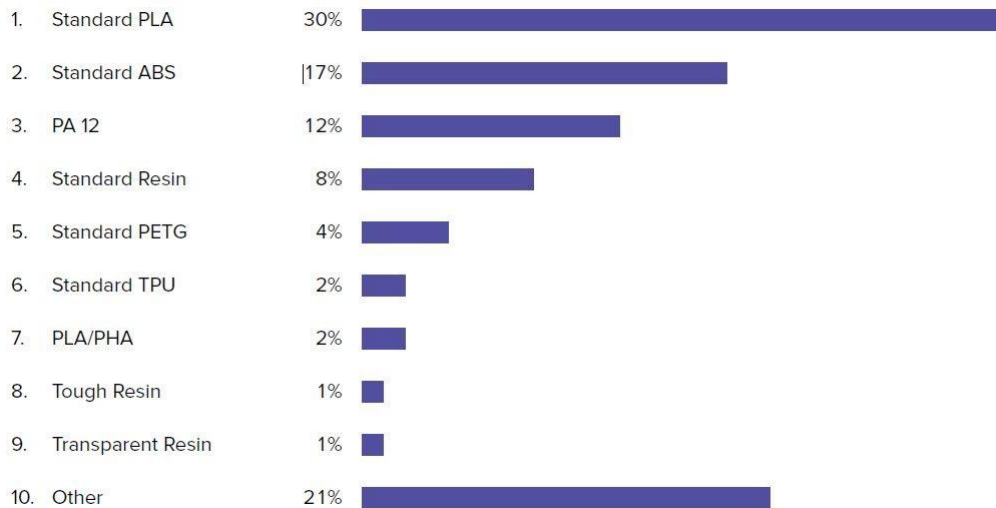


Il mondo della stampa 3D è molto articolato e complesso, ci sono molte tecnologie e macchine che consentono di sfruttare questo processo in maniera differente in base alle necessità che si vogliono soddisfare: si possono realizzare oggetti con varie dimensioni, vari materiali e con determinate caratteristiche.

Sono cresciuti molto i produttori di stampanti 3D e di software, non solo per usi industriali ma si sta sviluppando anche un mercato per uso domestico, grazie all'abbassamento dei prezzi che rende la stampante 3D accessibile a tutti.

Per quanto riguarda i materiali ormai si possono reperire facilmente, sia dagli stessi produttori delle stampanti 3D che da rivenditori indipendenti e si trovano anche su internet, specialmente su Ebay e Amazon.

Figura 7. - I materiali più utilizzati per la stampa 3D



Come si può vedere dalla figura le attuali tendenze nella produzione additiva evidenzia che il materiale più utilizzato per la stampa 3D è PLA (30%), seguito da ABS e Nylon (PA12). (Magnaghi,2018)

Parte importantissima dell'ecosistema della stampante 3D è sicuramente quello di internet. Si sono create vaste comunità di users che condividono i loro file online, sia per oggetti semplici per chi fa un uso amatoriale di questa tecnologia, sia che per la stampa professionale.

Esistono anche motori di ricerca di modelli 3D come Yobi3D, yeggi, 3Dshap. Per gli oggetti più complicati esistono dei veri e propri Marketplace internet specializzati dove è possibile comprare o vendere modelli 3D. Un mercato in forte crescita, che spinge le possibilità di personalizzazione all'infinito: infatti un cliente

potrebbe richiedere di personalizzare il prodotto esattamente a proprio piacimento, modificando semplicemente il disegno 3d.

Per quanto riguarda il canale distributivo i giganti dell'e-commerce sono già intervenuti lanciando servizi dove i consumatori possono ordinare prodotti personalizzabili; per esempio Amazon ha dedicato uno store apposito per le stampanti 3D con i relativi prodotti di consumo e accessori.

I modelli 3D stanno arrivando anche all'interno dei cataloghi dei tradizionali distributori di materiali informatico.

4.3 STAMPA 4D

Mentre la stampante 3D dovrebbe continuare la sua crescita, si sta iniziando a parlare della stampa 4D che è già entrata nella prima fase del ciclo di hype. E qui sorge spontanea una riflessione: è incredibile come il mondo si sta evolvendo così rapidamente, ancora si deve riuscire a risolvere tutte le criticità di una tecnologia e già si inizia a svilupparne una ancora più complessa e avanzata.

Normalmente la stampa 4D è ancora in fase di ricerca e sviluppo da parte di diverse università e di alcune aziende come Autodesk, Hp e Stratasys. Presto dovrà affrontare ostacoli informatici, scientifici e ingegneristici. Si prevede che raggiungerà il suo apice solo tra una decina d'anni. Il rapporto Gartner prevede che entro il 2023, le start-up che lavorano per commercializzare la stampa 4D attireranno \$ 300 milioni di capitale di rischio. Un investimento importante che

conferma la predisposizione di molte imprese alla ricerca dell'innovazione, dello sviluppo, per prepararsi a questo nuovo mondo che corre sempre più veloce, a cui ci si deve adattare, in cui bisogna stare al passo con la tecnologia per non trovarsi in uno stato di svantaggio competitivo con il mercato. E solo le aziende che sono riuscite a trasmettere nel loro DNA la logica dell'innovazione che emergeranno nel mercato, sopravvivendo ai continui "attacchi" esterni che colpiscono l'impresa. Sono moltissimi gli esempi di aziende, anche importanti, che non sono riuscite a stare al passo con la tecnologia e che hanno perso in poco tempo tutto quello che avevano fatto fino alla comparsa di un qualcosa che ha cambiato le esigenze dei consumatori, creandone delle nuove, e che queste aziende non riuscivano più a soddisfare.

5. CONCLUSIONI

In conclusione è possibile affermare che, nella produzione di grandi volumi, per quanto riguarda il costo delle materie prime e soprattutto per quanto concerne la consistenza della qualità e della larghezza delle dimensioni del prodotto finito, le stampanti 3D rimangono ancora indietro rispetto ai metodi convenzionali che approvvigionano la principale parte del settore manifatturiero mondiale.

L'investimento di base è la stampante stessa, che può costare poche migliaia di dollari e arrivare fino a 2 milioni di dollari. L'unico vero limite è che per ora con questo tipo di strumenti non possono essere prodotti oggetti di dimensioni superiori a 30 cm². Ci troveremo probabilmente a breve di fronte un bivio: o la stampa 3D maturerà al punto da stravolgere almeno parte dell'attuale catena del valore, e avrà un impatto paragonabile a quello degli smartphone nell'industria delle telecomunicazioni; oppure deluderà, e resterà una produzione di nicchia.

La produzione 3D su larga scala non è ancora dietro l'angolo, e su questo la manifattura tradizionale dominerà ancora la parte per almeno un decennio. Tuttavia i grandi investimenti nella ricerca da parte dell'industria per migliorare il tasso di rendimento delle stampanti potranno ridurre i costi e rendere la produzione più rapida ed efficace.

BIBLIOGRAFIA

- Lanza A., “*Competitività e industria 4.0: traiettorie tecnologiche e posizionamento italiano*”, Rapporto sulla competitività dei settori produttivi, Edizione 2018, Milano, 2018
- Basiliere P., Shanler M., *Hype Cycle for 3D Printing*, 2019
- Cohen D., George K., Shaw C., “*Are you ready for 3-D printing?*”, McKinsey Quarterly, 2015
- Gallinaro. S, “*Dai modelli lineari di business alla piattaforma di progettazione e manifattura. Gli effetti delle tecnologie additive sulla logica di creazione del valore delle imprese manifatturiere*”, electronic journal of management n.2, impresaprogetto ,2019
- Maci L., “*Che cos’è l’Industria 4.0 e perché è importante saperla affrontare*”, economyup.it, 2019
- Magnaghi G., “*Stampa 3D: Applicazioni di un’idea innovativa*”, Libri Este, Milano, 2015
- Magnaghi G., “*L’ecosistema della Stampa 3D italiana*”, inno3.it, 2018
- Mossetti P. “*Come la stampa 3D dei metalli manderà in pensione le fabbriche*” Forbes, 2019
- Ngo, T. D., Kashani, A., Imbalzano, G., Nguyen, K. T., & Hui, D. (2018). “*Additive manufacturing (3D printing): A review of materials, methods, applications and challenges*”. Composites Part B: Engineering, 143, 172-196.

Patitucci C., *“Industria 4.0: tutto quello che c’è da sapere per coglierne le potenzialità”*, consulenza e risorse.it, 2019

Quirici R., *“La nascita della stampa 3D”*, RiccardoQuirici.Word Press.com, 2017

Redazione Ansa, *“Ey, pochi innovatori 4.0 in Italia: Competenze e cultura digitale ostacolano le imprese”*, Ansa.it, Milano, 2019

Scaramuzzi V., Casale M., Tirelli M., *“Italia 4.0: siamo pronti? Il percepito degli executive in merito agli impatti economici, tecnologici e sociali delle nuove tecnologie”*, Report Italia 4.0, Deloitte, 2018

Spahiu, T., et al. "On the possible use of 3D printing for clothing and shoe manufacture." *Proc. 7th Int. Conf. Text., Tirana, Albania.* 2016

Stahl, Hartmut. "3D Printing—Risks and opportunities." *Institute for Applied Ecology* 23 (2013).

Sun, Jie, et al. "An overview of 3D printing technologies for food fabrication. *“Food and bioprocess technology”* 8.8 (2015): 1605-1615

Tagliavini G., *“Stampa 3D, opportunità e problemi di una possibile rivoluzione tecnologica”*, honeycomb.altervista.org, 2019