

STAMPA 3D E PRODUZIONE ADDITIVA – LE IMPLICAZIONI PER LA SALUTE E SICUREZZA SUL LUOGO DI LAVORO

Introduzione

Il presente articolo sulla stampa 3D è stato elaborato per conto dell'Agenzia europea per la sicurezza e la salute sul lavoro (EU-OSHA). Prende in esame alcune questioni fondamentali relative alle opportunità e alle sfide dell'industria emergente della stampa 3D per i datori di lavoro, i lavoratori e i nuovi imprenditori, che lavorano da casa o in spazi di lavoro informali. Scopo di questo documento di discussione è introdurre la stampa 3D ed esaminare il suo possibile impatto sull'ambiente di lavoro attuale e futuro. Infine, verranno fornite alcune raccomandazioni a livello europeo in merito alle misure che è possibile adottare per garantire che la stampa 3D offra benefici a un ambiente di lavoro più sicuro, sano e soddisfacente, nel contesto sia del rapporto esistente tra datori di lavoro e dipendenti sia dei nuovi «imprenditori autonomi» informali.

Che cos'è la stampa 3D?

La stampa 3D è un termine in voga nell'innovazione e nell'industria creativa. Ma che cosa sia esattamente, è ancora poco chiaro per il grande pubblico. Produzione additiva, produzione desktop, prototipazione rapida, fabbricazione digitale: questa nuova tecnologia ha diverse denominazioni¹. In conseguenza del processo completamente automatizzato di progettazione e fabbricazione di prodotti, la stampa 3D fa parte del più ampio sviluppo della fabbricazione digitale². Tuttavia, l'uso del termine generale «stampa 3D» per un'ampia gamma di nuove produzioni digitali, come le fresatrici CNC (controllo numerico mediante computer), le taglierine laser, i plotter in acciaio computerizzati e altro ancora, è fuorviante. Ad esempio, il CNC è una tecnica di fresatura tradizionale in cui i movimenti della macchina sono controllati in maniera digitale. Sebbene offrano tutte la stessa libertà per quanto riguarda forme e unicità, la maggior parte delle tecniche di fabbricazione digitale si basa sulla sottrazione di materiale da un solido mediante fresatura, segatura o taglio. Con la stampa 3D, un prodotto viene costruito ex-novo aggiungendo materiale. Di conseguenza, la descrizione più concisa sarebbe produzione additiva³. In futuro queste due tecniche digitali (sottrazione e addizione) verranno utilizzate in modo flessibile: una macchina CNC e la robotica possono essere trasformate facilmente da produzione sottrattiva a produzione additiva, semplicemente cambiando il modo di pensare.

In questo articolo, l'espressione «stampa 3D» sarà limitata a tecniche diverse di fabbricazione di prodotti, che esistono solo come file in un computer, tramite l'uso di una macchina che aggiunge materie prime in strati fino a dare forma a un prodotto finito⁴, partendo dalla progettazione di un prodotto su un computer. Il documento di questa progettazione assistita da calcolatore (un file CAD) non è fondamentalmente nulla di diverso da un elaborato ordine di stampa.

Funzionamento

Il progetto generato dal computer viene diviso in maniera digitale in migliaia di strati; questa «affettatura» viene eseguita da un software che prepara un progetto per un ordine di stampa. Un'altra metodologia per realizzare un file di stampa digitale di un prodotto consiste nell'effettuare una scansione 3D di un oggetto esistente. Tali dati possono essere trasformati in un ordine di stampa per

1 <https://3dprint.com/82272/what-3d-printing-works/>

2 <http://www.wired.co.uk/article/digital-fabrication>

3 <https://3dprint.com/82272/what-3d-printing-works/>

4 <http://additivemanufacturing.com/basics/>

mezzo di un software speciale. Questi scanner possono costare da 50 EUR a 50 000 EUR; una stampante 3D desktop costa circa 1 000 EUR.

Una stampante 3D professionale per la realizzazione di prototipi e la produzione in edizione limitata ha un costo compreso tra 2 000 EUR e 20 000 EUR. L'attuale produzione su larga scala, nel momento in cui dovrà essere sostituita dalla stampa 3D, richiederà investimenti dell'ordine di 1 milione di EUR, se non maggiori.

L'attuale tecnica di stampa 3D può essere suddivisa in due diversi processi tecnici. Anche gli effetti che avranno sul futuro della progettazione, sulla fabbricazione e sulla distribuzione delle merci sono diversi: la tecnica di unione è utilizzata nell'industria professionale molto avanzata, mentre la tecnica di estrusione è più grezza e viene comunemente usata nel mercato del largo consumo e negli esperimenti più avanzati effettuati con la stampa 3D⁵.

Unione

La tecnica di unione utilizza una testina di stampa (dotata di un laser, un proiettore a ultravioletti (UV), un riscaldatore e altro ancora) per unire un materiale sintetico che viene spruzzato. La qualità è migliore ed è possibile utilizzare una varietà di materiali più ampia. Inoltre, richiede un livello maggiormente elevato di conoscenze e di precisione ed è più costosa. Queste stampanti 3D sono più costose e lo sono anche i materiali utilizzati. La tecnica dell'unione è utilizzata pertanto principalmente nei processi molto avanzati e (semi) industriali.

Estrusione

La tecnica di estrusione si serve di materiale legante che viene estruso in una precisa «coreografia» di tempo e spazio. Si tratta del processo più diffuso utilizzato dalle stampanti 3D open-source di facile utilizzo, generalmente fornite in un kit in compensato da montare (ad esempio, Makerbot, Ultimaker, Airwolf). Il materiale estruso può essere un liquido, polvere, filamenti sintetici o materiale organico come ceramica o gomma. Molte di queste stampanti vengono vendute come kit «fai-da-te». La produzione è più veloce ed economica, ma il prodotto finale è meno raffinato.

Materiali vecchi e nuovi

I primi materiali utilizzati nella stampa 3D erano materie plastiche sintetiche. Il numero di materiali che è possibile utilizzare con stampanti 3D è aumentato notevolmente negli ultimi 10 anni. Oggi vengono ampiamente utilizzati anche materiali «tradizionali» come ceramica, acciaio, vetro e perfino legno. La ricerca ha dimostrato che le stampanti 3D desktop possono comportare rischi di emissione di grandi quantità di particelle ultrafini (UFP, particelle inferiori a 100 nm) e di alcuni composti organici volatili pericolosi (VOC) durante la stampa, anche se finora sono state verificate poche combinazioni di stampanti 3D e filamenti⁶.

I materiali utilizzati nella stampa 3D in un contesto industriale sono diversi da quelli utilizzati in un ambiente domestico. In quest'ultimo, i materiali più comunemente utilizzati sono l'acido polilattico (PLA) biodegradabile e l'acrilonitrile-butadiene-stirene (ABS), una plastica a base di olio e quindi più tossica durante l'uso. La ventilazione è consigliata, se si usa il PLA, e necessaria con l'impiego di ABS⁷.

Il materiale più frequentemente utilizzato nel processo di stampa 3D industriale è il poliammide (ad esempio il nylon) in forma liquida e in polvere; si tratta di una plastica a base di olio. Durante il riscaldamento vengono rilasciati fumi tossici, pertanto è necessaria la ventilazione, o, ancora meglio, si

5 <http://3dprinting.com/what-is-3d-printing/>

6 <http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/acs.est.5b04983>

7 <https://all3dp.com/pla-abs-3d-printer-filaments-compared/>

può racchiudere la stampante in un involucro, per impedire che le emissioni si diffondano nell'aria nel luogo di lavoro.

Le sostanze chimiche contenute nella plastica, come le resine epossidiche, vengono utilizzate anche nella stereolitografia e nel trattamento superficiale di oggetti stampati. Tali sostanze possono causare dermatiti da contatto allergiche. Le sostanze chimiche della plastica non trattate non devono essere toccate e deve essere evitata la contaminazione delle superfici e dei vestiti. Anche altre sostanze chimiche utilizzate per la post-elaborazione e il trattamento superficiale possono essere pericolose e devono essere maneggiate con cura.

La poliammide in polvere viene mescolata talvolta con alluminio (alumide); sebbene meno tossico, anche l'uso di

questo materiale richiede speciali misure di prevenzione in materia di sicurezza e salute. Altri materiali impiegati industrialmente sono il polisulfone (PSU) e il polifenilsulfone (PPSU), entrambe plastiche sintetiche che richiedono misure di sicurezza in termini di ventilazione e manipolazione⁸. Il segmento in più rapida crescita della stampa 3D è l'utilizzo di metallo⁹. Questo processo richiede l'adozione di misure relative alla ventilazione, perché il metallo è associato a prodotti sintetici derivati dal petrolio. Anche le temperature elevate richiedono l'adozione di misure relative a sicurezza e manipolazione. Nel caso della stampa in metallo si deve considerare il fatto che i metalli possono essere cancerogeni e che durante la manipolazione di queste polveri è necessario l'uso di una protezione della respirazione.

I nuovi materiali sono materiali intelligenti che reagiscono alle differenze di calore, pressione o luce dopo la produzione. Altre sostanze nuove sono i nanocarboni, di cui si prevede un utilizzo su vasta scala, a livello industriale nel prossimo futuro. L'introduzione di questi materiali ad alta tecnologia richiede un'attenta ricerca in materia di sicurezza, in quanto la maggior parte di loro è ancora sperimentale¹⁰.

Un altro aspetto importante da considerare è la pre- e post-elaborazione dei materiali di stampa e degli oggetti stampati. Nel caso del materiale da stampa in polvere è importante impedire la diffusione di queste polveri servendosi, ad esempio, di una ventilazione ad estrazione locale e proteggendo in tal modo metodologie di lavoro adeguate. Esiste anche il rischio di combustione spontanea delle polveri (di metallo), che dovrebbe essere riconosciuto, ad esempio utilizzando dispositivi Ex (dispositivi di rilevamento per aree potenzialmente esplosive).

La promessa di una nuova rivoluzione industriale

Viviamo in un'era digitale. I media sociali alterano il giornalismo tradizionale¹¹. Gli acquisti online sono la causa della cessazione dell'attività dei negozi tradizionali e hanno distrutto l'atmosfera dei centri storici pulsanti di vita delle nostre città. Gli acquisti online stanno cambiando addirittura le condizioni di lavoro, perché sono diventati fortemente automatizzati. La robotica cambierà il nostro modo di guidare le auto e di gestire le nostre abitazioni. Infine, anche il nostro modo di progettare, produrre e distribuire i beni di consumo in questa era digitale verrà modificato dall'uso della stampante 3D. Le aspettative in merito alla stampa 3D erano così elevate negli ultimi anni da ritenere imminente niente meno che una nuova rivoluzione industriale. Quanto meno, questo era il messaggio dell'autorevole relazione di 12 pagine pubblicata dalla rivista *The Economist* nel 2012.

8 <http://www.stratasys.com/materials/material-safety-data-sheets/fdm>

9 <https://www.3dprintingmaterialsconference.com/3d-printing-materials/metals-are-the-fastest-growing-segment-of-3d-printing-metal-sales-growing-by-32/>

10 <https://www.sculpteo.com/blog/2016/09/28/top-10-future-3d-printing-materials-that-exist-in-the-present/>

11 <http://reutersinstitute.politics.ox.ac.uk/news/how-journalism-faces-second-wave-disruption-technology-and-changing-audience-behaviour-0>



The Economist, aprile 2012

In quel momento, le previsioni erano che la stampante 3D era un nuovo strumento digitale che sarebbe stato presto disponibile in ogni casa e questo avrebbe significato la fine della produzione di massa. Più precisamente, quella prevista da *The Economist* era una rivoluzione post-industriale. Chiunque avrebbe potuto scaricare i progetti digitali di un prodotto da Internet e stamparlo a casa con la semplice pressione di un pulsante. Si sarebbero potute apportare modifiche al prodotto: ad esempio, le persone con la pianta del piede larga avrebbero potuto facilmente stampare una scarpa un po' più ampia. Creare questo prodotto unico, personalizzato costerebbe solo il corrispondente di una produzione in serie in una fabbrica cinese e metterebbe pertanto in pericolo l'attuale status quo economico della produzione. Ci sarebbe una minore richiesta di prodotti nuovi e diventerebbero infine più diffuse le riparazioni, perché le parti di ricambio degli apparecchi rotti potrebbero anche essere facilmente riprodotte a casa con una stampante 3D. Con il trasferimento della produzione nelle case, il tempo e l'energia destinati alla distribuzione dei prodotti risulterebbero ridotti, inoltre, l'offerta e la domanda sarebbero sotto controllo, perché le persone stamperebbero soltanto ciò di cui hanno bisogno. Ciò significa la fine delle scorte e della sovrapproduzione; questa nuova rivoluzione industriale potrebbe essere anche ecologica¹².

La tempistica dell'articolo di *The Economist* non era una coincidenza. La tecnica della stampa 3D esisteva già a metà degli anni '80; la stereolitografia è stata brevettata nel 1984 dallo scienziato francese Alain Le Mehaute. Tuttavia, ci sono voluti altri dieci anni prima che venisse coniato il termine «stampa 3D». All'epoca, solo industrie altamente specializzate come l'assistenza medica, la produzione automobilistica e l'ingegneria aerospaziale sperimentavano stampanti 3D ad alta tecnologia per la realizzazione di prototipi e per la produzione flessibile. Tuttavia, nel primo decennio del XXI secolo, sono stati fatti grandi passi avanti; la stampa 3D su larga scala è diventata praticabile non solo con le materie plastiche, ma anche con metallo, materiali conduttori, vetro, ceramica e perfino tessuti organici. Grandi aziende come Canon e Siemens hanno iniziato a fare ricerche di mercato in relazione alle stampanti 3D orientate alle esigenze dei consumatori. Makerbot, un'azienda americana, ha venduto la prima stampante 3D desktop per poco più di 1 000 EUR nel 2008, rendendo la tecnologia di stampa 3D accessibile al grande pubblico. All'incirca nello stesso periodo, il progetto di ricerca RepRap («replicating rapid prototyper», creatore di prototipi a replicazione rapida) ha sviluppato una rudimentale stampante desktop, consistente principalmente in componenti in plastica che possono essere realizzati con una stampante desktop. Le parti meccaniche della stampante RepRap possono essere pre-ordinate online. In altri termini, RepRap è la prima stampante 3D in grado di replicarsi, al costo di appena 200 EUR. Il software per far funzionare una stampante RepRap è open source e può essere scaricato liberamente.

In breve, nello spazio di un decennio, la stampa 3D è passata da metodo futuristico di produzione utilizzato solo da informatici appassionati ed esperti, progettisti all'avanguardia e società high-tech, a

¹² <https://3dprint.com/144928/3d-printing-environmental/>

strumento in voga destinato ai consumatori, per una produzione domestica flessibile. Ovvero, per usare l'espressione della rivista *The Economist*, «l'inizio di una nuova rivoluzione industriale». Impatto della stampa 3D sull'economia e su scala sociale e umana. Innanzitutto, l'aumento del benessere e del progresso derivante da una produzione efficiente e personalizzata può essere rilevante. La stampa 3D introduce un metodo di produzione locale e orientato alla domanda e, di conseguenza, più sostenibile. Essendo basata su una struttura open-source, la stampa 3D è più aperta alle nuove imprese e all'innovazione su piccola scala rispetto alla tradizionale industria manifatturiera. Sarà pertanto non solo una rivoluzione industriale più ecologica, ma anche più imparziale, che conferisce potere ai consumatori.

L'impatto della stampa 3D può essere diviso in due livelli:

▪ Livello sociale

La stampa 3D rafforzerà l'inclusione sociale. Con un investimento minimo, chiunque potrà avviare una piccola impresa dal proprio seminterrato; saranno sufficienti un computer, una stampante 3D e una connessione veloce a Internet. Le conoscenze necessarie, le idee e, in larga misura, il software, vengono scambiati liberamente. La fabbricazione digitale ha generato un «movimento di artigiani digitali», consumatori che fabbricano prodotti. Questo movimento creativo si interseca con gli ambiti del riciclo, dell'artigianato tradizionale e degli esperimenti scientifici, tuttavia la stampante 3D è considerata il fulcro di questa tendenza mondiale. L'impatto del movimento creativo a livello economico e sociale può difficilmente essere sopravvalutato. Ciò che Airbnb ha fatto per l'attività alberghiera è ciò che la stampa 3D può fare per la produzione industriale: una democratizzazione radicale della progettazione, della produzione e della distribuzione. Inoltre, si distingue per la stessa perdita di controllo delle condizioni in cui si svolgono le attività.

▪ Livello individuale

In sintesi, la stampa 3D consente l'accesso delle persone a prodotti migliori. È possibile soddisfare più facilmente i desideri e le esigenze individuali, inoltre, i prodotti saranno realizzati con componenti sostituibili e scaricabili e sarà pertanto più facile ripararli. Il consumatore produttore, o *prosumer*, avrà maggiore potere e potrà quindi migliorare la propria vita quotidiana. L'impatto più rilevante che la stampa 3D avrà sugli individui sarà probabilmente a livello psicologico. Come ha sottolineato il sociologo Richard Sennett nel suo libro *The Craftsman*, la creazione di prodotti è un bisogno profondamente radicato negli esseri umani. Consente lo sviluppo personale, l'autostima e l'autorealizzazione. Siamo quello che creiamo, per così dire. Nell'epoca moderna, un movimento creativo reso possibile dalla fabbricazione digitale accessibile, come la stampa 3D, fornisce autonomia agli individui e offre alle persone la possibilità di modellare la loro vita sotto l'aspetto sia psicologico che materiale. Questo movimento creativo offre anche nuove reti sociali e coesione, dato che le informazioni e le conoscenze sono condivise liberamente. Le fiere della creatività, diffuse in tutto il mondo, sono punti di incontro di questi produttori «fai-da-te». Si potrebbe dire che la stampa 3D introduce un movimento di creazione autonoma.



Fiera della manualità creativa

Un'evoluzione più che una rivoluzione

Oggi, a cinque anni di distanza dal servizio pubblicato dalla rivista *The Economist*, questa rivoluzione non è ancora iniziata, ed è tuttora molto distante. La stampa 3D non è nemmeno molto diffusa¹³. Makerbot è quasi fallita nel 2015 e RepRap ha registrato uno scarso miglioramento a partire dal suo lancio. A causa della natura non organizzata e frammentaria dell'industria della stampa 3D, esistono pochissimi dati sul suo contributo economico su scala europea. Tuttavia, esistono stime attendibili secondo cui, nei paesi europei più sviluppati, non più dell'1% della popolazione possiede effettivamente una stampante 3D. Nonostante ciò, la maggior parte dei prodotti stampati in 3D viene prodotta in casa e distribuita nell'ambito dell'economia «collaborativa». La stampa 3D industriale è ancora inferiore alla produzione domestica. Per fare un esempio, il contributo economico dell'intero settore della stampa 3D nei Paesi Bassi nel 2015 è stato stimato a circa 45 milioni di EUR; questa cifra rappresenta lo 0,005% del prodotto nazionale lordo (PNL) totale del paese, pari a 888 miliardi di EUR. Non vi sono prove che suggeriscano che questa cifra sia notevolmente più alta in altri paesi dell'Unione europea (UE). La crescita media annua del settore della stampa 3D negli ultimi cinque anni è stata del 30%. Se anche questa cifra dovesse raddoppiare, ci vorranno almeno altri cinque anni prima che la stampa 3D possa competere con un settore economico quale, ad esempio, l'industria della musica pop. È difficile prevedere l'impatto della stampa 3D, tuttavia una cosa è certa: non sostituirà l'industria esistente, ma vi si aggiungerà.

Esiste una spaccatura in crescita nell'uso della stampa 3D. Da un lato sta emergendo un'industria nuova, molto avanzata e flessibile. Queste aziende lavorano in settori quali l'assistenza medica e l'industria automobilistica, ma anche nel campo della moda e dei prodotti di consumo quotidiano. Dall'altro lato cresce una produzione fai-da-te su piccola scala e talvolta quasi a bassa tecnologia. Queste microimprese e nuove imprese vengono avviate da progettisti, cooperative, piccole attività e reti informali. Tuttavia, ciò che ancora manca è un uso diffuso della stampa 3D a un livello più ampio da parte dei consumatori. Il movimento creativo è costituito da dilettanti qualificati e da pionieri.

Una nuova industria con le stampanti 3D

Opportunità e rischi per i datori di lavoro

La stampa 3D offre nuovi modelli commerciali. La piattaforma online Open Desk con sede a Londra non dispone nemmeno di un'unità produttiva. Offre una collezione di mobili ideati da progettisti di ogni parte del mondo. Tutti i mobili sono realizzati a partire da tavole di legno. Quando un cliente fa un ordine, Open Desk trova il luogo di fabbricazione digitale più vicino al cliente. Dopo che sono stati pagati i costi di produzione a tale sede di lavoro, il guadagno viene diviso tra Open Desk e il progettista. In questo modo per una società di mobili attiva a livello internazionale è sufficiente quasi un solo ufficio di assistenza. Shapeways è una società globale presso cui le persone possono far stampare i loro progetti. Inoltre, i progettisti professionali possono pubblicare i loro disegni e modelli per consentire ai consumatori di ordinarli. Quando viene effettuato un ordine, il progettista riceve i diritti d'autore tramite Shapeways. Questa fabbrica di produzione su richiesta ha attualmente sede solo a New York, ma presto si espanderà in diverse località in tutto il mondo.

Le nuove sfide per le società che lavorano su una scala così vasta con le stampanti 3D includono la salute e la sicurezza sul lavoro¹⁴. Ciò riguarda problemi come l'esposizione a gas e materiali, la movimentazione di materiali, l'elettricità statica, le parti in movimento e le pressioni¹⁵.

Inoltre, per motivi di diritto d'autore e di produzione illegale, è necessario un rigoroso monitoraggio dei lavoratori. Quando viene prodotta una replica di una figura di Star Wars, potrebbe verificarsi una violazione del diritto d'autore. Ma chi è responsabile: il progettista, Shapeways o l'acquirente? La stampa 3D richiede un processo preciso, pertanto l'ambiente di lavoro deve essere pulito e organizzato e le interfacce utente devono avere istruzioni chiare e comprensibili. Possono verificarsi facilmente

13 <http://www.techrepublic.com/article/why-desktop-3d-printing-still-sucks/>

14 <http://www.cmu.edu/ehs/fact-sheets/3D-Printing-Safety.pdf>

15 <http://www.additivemanufacturing.media/articles/changing-the-rules>

errori nella programmazione o nella regolazione e calibrazione della stampante. Inoltre, un prodotto finale malfunzionante darà più facilmente adito ad azioni legali, dal momento che il consumatore moderno è molto emancipato.



Shapeways

Quando vengono introdotti nuovi prodotti occorre anche prestare particolare attenzione alla sicurezza. Un esempio è rappresentato da «De Kamermaker», un'unità di stampa 3D per l'architettura sviluppata dallo studio olandese DUS Architects. Con questa stampante 3D di dimensioni eccezionalmente grandi, possono essere stampati elementi costruttivi di 50 cm per 50 cm. Ma che cosa significa questo per la sicurezza dei lavoratori edili? Al Massachusetts Institute of Technology (MIT) di Boston, un gruppo di ricerca denominato Mediated Matters, guidato da Neri Oxman, sta sperimentando con costruzioni stampate in 3D che si basano su forme e configurazioni naturali. Anche la produzione ibrida, che prevede la stampa in 3D solo di alcune parti di un prodotto, sta diventando sempre più diffusa.

Manca, inoltre, nell'industria della stampa 3D, un sistema standard universale che possa essere utilizzato sia dalle singole persone che dall'industria emergente. Tale sistema consentirebbe la condivisione delle parti, con conseguenti vantaggi per la sostenibilità e la sicurezza.

Lo studio di progettazione italo-giapponese Minale Maeda produce Keystones, un giunto stampato in 3D, che consente di costruirsi da soli i propri mobili utilizzando pannelli in legno standardizzati. La resistenza in generale e la resistenza alla trazione di queste parti devono essere convalidate e certificate. Spesso questi nuovi prodotti e tecniche vengono sviluppati da personale specializzato che ha ricevuto una formazione specifica all'interno di un'azienda. Ma chi controlla la titolarità di queste innovazioni? Questo aspetto, se non è regolamentato correttamente, può causare tensioni tra datore di lavoro e lavoratore.

L'innovazione di un impianto di produzione esistente con la stampa 3D richiede investimenti elevati. Il vantaggio è che non sono più necessari gli investimenti in stampi o macchine speciali per collaudare i prototipi. Sul mercato possono essere introdotti nuovi prodotti quasi immediatamente e con costi relativamente bassi. Le nuove tecniche offrono anche nuove possibilità: ad esempio, la penna 3D è una stampante che sembra una penna e consente di disegnare in 3D. Per motivi di salute e sicurezza, queste nuove e pratiche stampanti 3D devono essere accuratamente testate e sottoposte a una regolamentazione rigorosa perché il loro riscaldamento può rappresentare una minaccia per la sicurezza. Sempre più penne di questo tipo usano la luce UV.

Esiste una generazione di lavoratori nati alla fine del millennio attratta da settori innovativi e digitali come la stampa 3D e che hanno esigenze di tipo diverso riguardo alla qualità del lavoro. In genere, ciò significa che ci sarà una domanda crescente di lavoratori più giovani con un'opinione diversa sul lavoro: il tempo libero e l'autorealizzazione sono più apprezzati rispetto al denaro e alla sicurezza del posto di lavoro. Lavorare con contratti a breve termine è il nuovo standard. A titolo di compensazione, i giovani lavoratori chiedono una partecipazione (creativa) e un ambiente dinamico.

Tali innovazioni e sviluppi costanti richiedono una costante attività di ricerca e sviluppo, nonché investimenti in lavoratori altamente qualificati da mantenere aggiornati attraverso attività di formazione e istruzione¹⁶.

La seguente tabella mostra il cambiamento delle condizioni di lavoro tra produzione flessibile e su richiesta della stampa 3D e produzione industriale tradizionale.

Tabella 1. Condizioni di lavoro in mutamento

Industria tradizionale	Fabbricazione digitale
Gerarchia	Democratizzata
Centralizzata	Aperta
Regolamentazione	Responsabilità
Incentrata sulla produzione	Incentrata sulla comunicazione
Promozione	Formazione
Sicurezza finanziaria/del lavoro	Libertà e flessibilità

Le implicazioni per i lavoratori e i loro posti di lavoro

Per quanto riguarda il futuro dei posti di lavoro, la questione chiave che riguarda la stampa 3D (come accade con la robotica e l'altra produzione automatizzata) è: la stampa 3D sostituirà o cambierà il lavoro esistente? La risposta è sì e no¹⁷.

Sì, perché le macchine avranno il sopravvento sulla produzione manuale flessibile. L'artigianato viene digitalizzato. Con una stampante 3D è possibile fabbricare oggetti con forme elaborate e complesse che in precedenza potevano essere realizzati solo da artigiani esperti. Con l'introduzione della stampa 3D di materiali quali il metallo e il legno, l'artigianato tradizionale sta diventando obsoleto.

D'altro canto, no, la diffusione della stampa 3D non comporterà inevitabilmente una maggiore disoccupazione. In primo luogo, introdurrà anche nuovi lavori, ad esempio nell'ambito della progettazione e produzione di hardware (come stampanti 3D) e, soprattutto, della creazione del software che consente alle macchine di svolgere le diverse attività¹⁸. Inoltre, la stampa 3D può facilmente aprirsi al mercato globale. Al contempo, la produzione rimane sempre più a livello locale. Pertanto, il lavoro che è stato in precedenza affidato esternamente a lavoratori in paesi a basso salario può tornare in Europa. Ciò significa che crescerà la domanda di lavoratori specializzati e addestrati, ma diminuirà la domanda di lavoratori che producono artigianato semplice, pertanto il divario tra lavoratori qualificati e lavoratori meno qualificati è destinato a crescere.

Una modifica importante alle condizioni di lavoro effettive sarà introdotta in seguito all'uso preponderante delle materie plastiche nella stampa 3D, di conseguenza è essenziale una buona regolamentazione e certificazione di questi materiali sintetici. La produzione con la stampa 3D è costosa e richiede tempo.

Al pari di quanto avviene con altre tecnologie digitali (robot, intelligenza artificiale ecc.), le conseguenze per le persone che svolgono questi compiti di routine possono essere significative. Il lavoro può essere

¹⁶ <http://www.pwc.com/us/en/technology-forecast/2014/3d-printing/features/future-3d-printing.html>

¹⁷ <http://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.5437/08956308X5606193>

¹⁸ <http://www.forbes.com/forbes/welcome/?toURL=http://www.forbes.com/sites/louiscolumbus/2014/09/15/demand-for-3d-printing-skills-is-accelerating-globally/&refURL=https://www.google.nl/&referrer=https://www.google.nl/>

noioso e decisamente non creativo, qualcosa di simile a rimanere in attesa che si asciughi una vernice. Contemporaneamente, la tecnica di stampa 3D è ancora relativamente complessa e richiede un elevato grado di concentrazione. Commettere errori è facile e anche gli errori di minima entità possono causare grandi errori nel prodotto finale.

Grazie a tutta l'atmosfera innovativa che la circonda, la stampa 3D risulta un settore industriale di grande attrattiva. Come nel caso di numerose start-up, i lavoratori sono tentati di fare orari di lavoro ininterrotti e prolungati; inoltre, la linea di demarcazione tra lavoro e attività non lavorative può diventare facilmente incerta. La maggior parte delle aziende attive nel settore della stampa 3D sono recenti, crescono rapidamente e sono, pertanto, meno organizzate. Il personale varia spesso, di conseguenza, l'organizzazione tra i lavoratori è difficile. Questa situazione suscita preoccupazioni in merito a retribuzioni adeguate, ore di lavoro e condizioni di lavoro sane e sicure.

Avviare la propria attività in casa

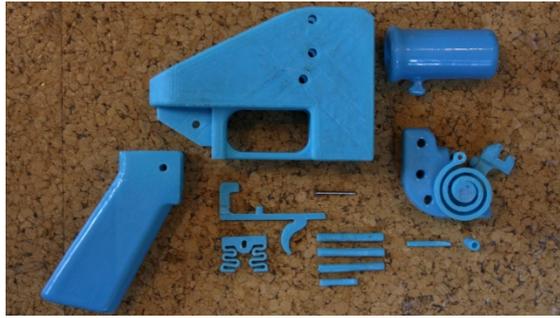
Con la stampa 3D si afferma una nuova catena di produzione informale: questo movimento democratico di «artigiani digitali» consente alle persone di avviare la propria attività da casa. Proprio come Steve Jobs, che era un imprenditore esperto di computer quando ha avviato un'azienda dal suo garage, la maggior parte delle piccole imprese e start-up nel settore della stampa 3D sono gestite da semi-professionisti che, insieme, formano un'industria altamente disorganizzata e difficile da regolamentare. Un singolo imprenditore di stampa 3D può lavorare da casa o da uno spazio informale (ad esempio un garage) che non è adatto per un ambiente professionale. Ergonomia, aria pulita, ore di lavoro e un sano equilibrio tra casa e ambiente di lavoro sono minacciate.

Di gran lunga la più grande sfida della stampa 3D per il lavoratore autonomo è l'insicurezza. Sebbene a tutti sia offerta la possibilità di diventare produttori di stampa 3D, la concorrenza tra questi *crowdworker* può comportare livelli di pressione elevata. Il mercato ha dato segnali di enormi difficoltà nella regolamentazione del prezzo di questi servizi di stampa 3D. Tale tensione economica è ulteriormente rafforzata dalla mancanza di diritti sociali e di regolamentazione finanziaria. Quello che sembra essere un movimento d'avanguardia creativa può, in effetti, trasformarsi in un nuovo proletariato digitale. In questa *gig economy*, come viene chiamata negli Stati Uniti questa economia dell'incarico di lavoro occasionale, i lavoratori autonomi della stampa 3D passano da un incarico all'altro. Esiste il serio rischio di vedere emergere una nuova classe di artigiani a giornata. Anche il produttore di articoli per la casa che mantiene il controllo delle vendite e della distribuzione offrendo il proprio prodotto su piattaforme online come Etsy o eBay non è al sicuro. Il vecchio orologio del «tempo di lavoro» viene sostituito dalla pressione delle valutazioni online. La promessa di un'economia post-capitalista può diventare una forma di ipercapitalismo in cui molte persone controllano la produzione ma nessuno controlla il limite inferiore della sicurezza sociale ed economica.

Questi nuovi tipi di piccole imprese offrono opportunità di lavoro dinamiche ma altamente insicure. In questo settore in rapida evoluzione, l'innovazione di oggi può essere l'obsolescenza di domani. In aziende in cui la distinzione legale tra progettista, produttore e imprenditore è vaga, la responsabilità in caso di malfunzionamento o di qualità inferiore è poco chiara. Questa situazione crea incertezza riguardo alla responsabilità. Con tutti i tipi di prodotti che sono stati messi liberamente a disposizione per il download (illegale) da Internet, la pirateria e la violazione del diritto di autore incombono¹⁹. Sono necessari regolamenti e contratti di lavoro affidabili. Oltre a tali questioni giuridiche, si pone anche il problema di nuovi dilemmi etici. La pistola Liberator è una pistola che può essere stampata su una stampante 3D desktop dopo aver scaricato istruzioni di stampa gratuite da Internet²⁰.

19 <https://www.technologysleagle.com/2015/09/top-3-legal-issues-of-3d-printing/>

20 <http://www.3ders.org/articles/20151130-what-are-the-legal-aspects-of-3d-printing-a-european-law-firm-weighs-in.html>



La pistola Liberator

Occorre fare una menzione speciale per il «fablab» (abbreviazione di «laboratorio di fabbricazione»), uno spazio di lavoro cooperativo con dispositivi digitali e analogici. Il fablab svolge un ruolo importante nel conferimento di potere alle singole persone, consentendo loro di creare dispositivi intelligenti per se stessi. È, si può dire, il collegamento mancante tra la stampa 3D a casa per uso personale e le nuove imprese. Un fablab è aperto al pubblico, a condizione che il processo produttivo sia documentato. Grazie all'apertura di oltre 250 fablab in tutto il mondo (più di 100 in Europa), è stata creata una delle banche dati open-source più ampie sulla stampa 3D e altre fabbricazioni digitali. Il numero dei fablab è ancora in crescita. La maggior parte sono senza scopo di lucro e offrono servizi gratuiti rivolti al pubblico, quali corsi e laboratori; anche il numero di fablab commerciali è aumentato. Poiché queste aree di lavoro vengono gestite su base informale, le condizioni di lavoro necessarie non sono sempre soddisfatte. A causa della presenza di dispositivi sensibili quali taglierine laser e fresatrici computerizzate, occorre prestare particolare attenzione alla sicurezza in questi ambienti di lavoro. Inoltre, è facile che non vengano rispettati l'età minima e l'orario di lavoro massimo.



Fablab

Segnali futuri

Le nuove innovazioni avranno un impatto profondo sulla stampa 3D e sull'ambiente di lavoro. Le cinque innovazioni più importanti che saranno introdotte sono:

Alimenti

La produzione flessibile e la libertà di creazione offrono grandi opportunità nell'industria alimentare. Attualmente, vengono utilizzati con la stampa 3D per lo più prodotti alimentari liquidi, quali la cioccolata e l'impasto per le crêpe. Nel prossimo futuro, la stampa 3D verrà utilizzata per gli alimenti crudi, che saranno successivamente sottoposti a trattamenti come il riscaldamento o saranno elaborati da processi naturali quali la fermentazione o la germinazione. Ciò comporterà nuove sfide per l'igiene, la sicurezza e le condizioni generali di lavoro (aria pulita, ergonomia ecc.).

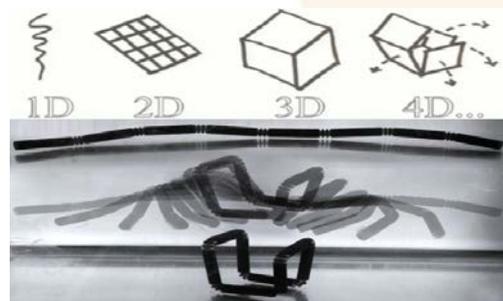


Stampa 3D di alimenti

Stampa 4D e materiali intelligenti

I materiali intelligenti hanno una o più proprietà che possono essere modificate in ampia misura in modo controllato da stimoli esterni, quali temperatura, forza, luce, umidità, pH e campi elettrici o magnetici. Quando vengono fabbricati con una stampante 3D, questi materiali intelligenti possono formare oggetti che rispondono all'ambiente modificando la forma, la tattilità o la durezza. Questo processo viene definito come stampa 4D, in quanto gli oggetti cambiano di nuovo nel tempo. Questi cambiamenti possono derivare dalla sensibilità alla luce, alla pressione o alla temperatura. Alcuni di questi materiali possono avere una «memoria»; ciò significa che tornano alla loro forma originale quando le circostanze cambiano di nuovo. Molti di questi materiali sono altamente sperimentali e i rischi per la salute e l'igiene sono incerti. Vi sono state richieste di regolamentazione²¹.

Stampa 4D



Stampa 4D

Biostampa

La stampa 3D di tessuti organici e/o vivi viene definita biostampa. Le biostampanti emettono le cellule da una testina di biostampa che si muove a sinistra e a destra, avanti e indietro, e su e giù per posizionare le cellule esattamente dove necessario. In un determinato periodo di tempo, questo consente di costruire un oggetto organico in numerosi strati molto sottili²². Oltre alla produzione di cellule, le biostampanti possono anche estrarre un gel solubile per supportare e proteggere le cellule durante o dopo la stampa. Sono stati effettuati numerosi esperimenti di stampa di materiali «viventi»

21 <http://journal.georgetown.edu/programmable-matter-4d-printings-promises-and-risks/>

22 <http://www.explainingthefuture.com/bioprinting.html>

contenenti funghi o alghe. Come per i materiali intelligenti, questa tecnica presenta rischi per la salute e l'igiene. Inoltre, solleva problemi etici²³.



Biostampa

Nano-stampa

Combinando la stampa 3D con la nanotecnologia, sarà possibile formare oggetti a livello nano o molecolare. In teoria questo significa che attraverso la produzione additiva sarà possibile produrre qualsiasi forma di oggetto di qualsiasi tipo di materiale, in qualsiasi forma o volume. Questa tecnica, tuttavia, è ancora teorica; non si possono fare previsioni sull'impatto della nano-stampa sull'ambiente di lavoro.

Conclusioni

L'impatto quotidiano della stampante 3D sulla sicurezza fisica sul luogo di lavoro è probabilmente limitato. Ci saranno rischi, ma difficilmente si prevede che ci saranno nuovi rischi legati alla sicurezza fisica. Dopo tutto, è solo una macchina che richiede relativamente poco coinvolgimento manuale. Inoltre, la maggior parte dei materiali utilizzati nella stampa 3D sono noti al pari dei loro effetti sulla salute per emissione di gas, esposizioni di materiali, movimentazione dei materiali ed elettricità statica.

Tuttavia, l'impatto sul benessere del lavoratore può essere significativo. La stampa 3D introduce nuovi rischi in termini di insicurezza del lavoro, orari di lavoro, responsabilità, monotonia e routine sul luogo di lavoro, esigenze di rimanere al corrente con i nuovi sviluppi attraverso la formazione e l'istruzione e, infine, rischi per la sicurezza derivanti dall'introduzione di macchinari sperimentali. Si raccomanda vivamente di fornire una risposta a questi cambiamenti nell'ambiente di lavoro a livello europeo e non nazionale, in quanto la stampa 3D è un'economia globale. Questo coinvolgimento dovrebbe manifestarsi a tre livelli:

1. Monitoraggio e verifica

Quali innovazioni sono previste? Quanto è probabile che questa innovazione venga attuata su larga scala? Questa tecnica è brevettata o protetta in altri modi? Chi è responsabile in caso di malfunzionamenti? Possono essere rintracciati i materiali utilizzati?

Queste sono solo alcune delle domande che emergono. Il monitoraggio dei cambiamenti nel settore della stampa 3D richiede un dialogo costante con l'industria. Tale dialogo può risultare più semplice ed economico con l'istituzione di una piattaforma online a cui possano partecipare sia i lavoratori che i datori di lavoro. Per contattare e monitorare singoli individui come i *prosumer* (consumatori autoproduttori) è possibile utilizzare la vasta rete di fablab in Europa.

2. Regolamentazione e certificazione

A causa della natura dinamica, bottom-up e talvolta sperimentale della stampa 3D, vi è una mancanza di regolamentazione. La certificazione può essere uno strumento estremamente valido. Attualmente,

²³ <http://www.computerworld.com/article/2486998/emerging-technology/bio-printing-human-parts-will-spark-ethical--regulatory-debate.html>

tale certificazione è stata ottenuta solo da aziende ad alta tecnologia molto protettive nei confronti di tecniche di produzione sviluppate con grandi investimenti. La loro segretezza e brevettazione non contribuiscono alla regolamentazione della stampa 3D in generale. La regolamentazione della stampa 3D nell'ambiente di lavoro deve essere effettuata per i seguenti motivi:

- **Controllo qualità e sicurezza**

La stampa 3D è costantemente influenzata dallo sviluppo di nuovi materiali e tecniche. Ciò comporta rischi per la sicurezza in relazione alle stampanti 3D e ai prodotti fabbricati.

- **Responsabilità**

L'introduzione di nuovi materiali e tecniche può portare a conflitti di proprietà intellettuale e di proprietà creativa tra datore di lavoro e lavoratore. Inoltre, poiché le progettazioni sono (in gran parte) liberamente disponibili online, esistono nuovi rischi di violazioni del diritto d'autore e della responsabilità in caso di malfunzionamenti o di prodotti inferiori: possono essere necessari contratti standard e consulenza legale.

- **Benessere dei lavoratori**

L'economia globale e la percezione di start-up dinamica che circonda la stampa 3D possono essere stressanti per i lavoratori che si trovano ad affrontare esigenze più elevate in termini di orario di lavoro, flessibilità e responsabilità. Dal momento che l'industria della stampa 3D è per lo più costituita da start-up e nuovi tipi di microimprese, l'organizzazione dei lavoratori in sindacati tradizionali è limitata.

- **Salute e sicurezza**

L'uso dei materiali e le emissioni possono comportare rischi per la salute.

- **Precarietà del lavoro**

In un settore fortemente innovativo, l'insicurezza del lavoro può essere elevata. Tale conseguenza può essere ridotta grazie alle opportunità di formazione che consentono ai lavoratori di mantenersi aggiornati.

- **Coinvolgimento**

Lavorare con macchine automatiche quali le stampanti 3D può essere noioso e stressante. La formazione può avere un'influenza positiva sulla motivazione dei lavoratori. I lavoratori della stampa 3D sono di solito relativamente giovani. I datori di lavoro dovrebbero, inoltre, adottare misure supplementari per mantenerli motivati, condividendo la responsabilità e offrendo condizioni di lavoro flessibili.

3. Formazione e istruzione

Oltre alle sfide riguardanti l'ambiente di lavoro individuale, la stampa 3D offre anche incredibili opportunità per migliorare l'uguaglianza nel mercato del lavoro in generale. Viviamo in una società della conoscenza basata sulla creazione di reti e sulla tecnologia. La divisione tra le persone che hanno accesso alla tecnologia e conoscenze in materia e le persone che non fanno parte di questo ambiente, sta crescendo. Tuttavia, con la stampa 3D e con il movimento degli artigiani digitali sottostante, l'accesso alla conoscenza è poco costoso e relativamente facile tramite Internet. Le reti più importanti in questo movimento di artigiani digitali sono i fablab. Collaborando con i fablab nell'offerta di istruzione e formazione, si può colmare il crescente «divario tecnologico», che porterà a un mercato del lavoro più equo. Ciò è particolarmente rilevante nel contesto economico dell'Europa, in cui l'individualità, l'apertura e l'innovazione sono i principali obiettivi.

Per ulteriori letture

- *Printing Things. Visions and Essentials for 3D Printing.* Dries Verbruggen (editor). ISBN 9783899555165. Gestalten, 2015
- *Open Design Now: Why Design Cannot Remain Exclusive.* Lucas Evers & Bas van Abel (editors). ISBN 9789063692599. BIS Publishers, 2011
- *The Third Industrial Revolution: How Lateral Power Is Transforming Energy, the Economy, and the World.* Jeremy Rifkin. ISBN 9780230341975. St. Martin's Griffin, 2013
- *Fabricated: The New World of 3D Printing.* Hod Lipson & Melba Kurman. . ISBN 9781118350638. Abe Books, 2013
- *Makers: The New Industrial Revolution.* Chris Anderson. ISBN 9780307720962. Crown Business Publishers, 2012
- *The Maker Movement Manifesto: Rules for Innovation in the New World of Crafters, Hackers, and Tinkerers.* Mark Hatch. . ISBN 9780071821124. MacGraw-Hill Education, 2013
- *3D Printing: The Next Industrial Revolution.* Christopher Barnatt. . ISBN 9781484181768. Create Space Independent Publishers, 2013
- *Postcapitalism: A Guide to our Future.* Paul Mason. ISBN 9781846147388 Allen Lane Publishers, 2011

Questo documento di discussione si basa su un riepilogo di un articolo più lungo scritto da Jeroen Junte e integra i contributi ricevuti dalla rete di punti focali dell'agenzia

Il presente articolo è stato commissionato dall'Agenzia europea per la sicurezza e la salute sul lavoro (EU-OSHA). I suoi contenuti, incluse le opinioni e/o conclusioni formulate, appartengono esclusivamente all'autore/agli autori e non riflettono necessariamente la posizione dell'EU-OSHA.