



Università
Ca' Foscari
Venezia

Corso di Laurea Magistrale in Economia e Gestione delle Aziende

Tesi di Laurea

—

Ca' Foscari
Dorsoduro 3246
30123 Venezia

Dall'industria degli stampi alla stampa 3D

La manifattura in cambiamento

Relatore

Ch. Prof. Stefano Micelli

Laureando

Luca Cittadini

Matricola 813124

Anno Accademico

2012 / 2013

*Alla mia famiglia, farò che
ha illuminato il mio cammino.
A mia nonna, scomparsa pochi giorni fa,
vero centro di gravità.*

INDICE

Introduzione.....	1
--------------------------	----------

Capitolo 1. Il mondo dello stampaggio tradizionale

1.1 Il settore dello stampaggio.....	4
1.1.1 L'evoluzione.....	4
1.1.2 La situazione internazionale.....	5
1.1.3 La situazione dell'Italia.....	9
1.2 Gli stampi: tipologie e materiali.....	11
1.2.1 Generalità.....	11
1.2.2 Un ruolo complicato.....	15
1.2.3 Tipologia di stampi.....	16
1.2.3.1 Stampi ad inietto – compressione.....	18
1.2.3.2 Stampi a transfer.....	21
1.2.3.3 Stampi ad iniezione.....	24
1.2.3.4 Stampi rotazionali.....	27
1.2.3.5 Stampi per termoformatura.....	30
1.3 Particolarità degli stampi.....	31
1.3.1 Stampi multi-componente e multi-colore.....	31
1.3.2 Co-iniezione.....	32
1.3.3 Decorazione dello stampo – In mould labeling.....	34
1.3.4 Rapid Tooling e Rapid Prototyping.....	34

Capitolo 2. Costruzione dello stampo, implicazioni economiche

2.1	La costruzione dello stampo.....	38
2.1.1	I materiali impiegati.....	38
2.1.2	Principali fasi di lavorazione dello stampo.....	43
2.1.3	Esempi di preventivazione stampo.....	48
2.1.4	La diversità dei materiali per la costruzione dello stampo.....	52
2.1.4.1	Alluminio.....	52
2.1.4.2	Acciaio.....	54
2.1.4.3	Silicone.....	55
2.1.5	Materie plastiche per lo stampaggio.....	56
2.2	Tecniche ed innovazioni nello stampaggio.....	57
2.2.1	Concept Mould Project	57
2.2.2	Caldo – freddo nello stampaggio.....	59
2.2.3	Il nuovo concetto di sistema – stampo.....	60

Capitolo 3. Il Digital Manufacturing

3.1	Gli elementi per una nuova rivoluzione industriale.....	64
3.2	La terza rivoluzione industriale: Digital Manufacturing.....	67
3.3	L’officina del XXI secolo di Chris Anderson.....	72
3.3.1	I software di modellazione CAD 2D – 3D.....	73
3.3.2	Lo Scanner 3D.....	74
3.3.3	Le stampanti 3D.....	76
3.3.4	Il laser cutter.....	78
3.3.5	Le fresatrici a CNC.....	79
3.3.6	Il kit di elettronica.....	81

Capitolo 4. La stampa 3D: l'origine di una nuova manifattura

4.1	La stampa 3D.....	84
4.1.1	Il presente è il futuro.....	84
4.1.2	Da Rapid Prototyping a Direct Manufacturing.....	87
4.1.3	Il mercato internazionale della stampanti 3D.....	93
4.1.4	Il processo di funzionamento della costruzione 3D..	99
4.1.5	Classificazione dei materiali impiegati.....	101
4.2	Le tipologie di stampanti 3D.....	103
4.2.1	Stampanti per materiale liquido.....	103
4.2.1.1	Stereolitografia (SLA).....	104
4.2.1.2	Multi Jet Modeling (MJM).....	107
4.2.1.2.1	I Fotopolimeri PolyJet.....	108
4.2.2	Stampanti per materiale polveroso.....	110
4.2.2.1	Selective laser sintering(SLS).....	110
4.2.3	Stampanti per materiale solido.....	115
4.2.3.1	3D Printing.....	115
4.2.3.2	Fused Deposition Modeling (FDM).....	117
4.2.3.3	Laminate Object Manufacturing (OBJ).....	120
4.3	I casi italiani di successo	
4.3.1.1	DWS Systems.....	123
4.3.1.2	HSL Italia: Exnovo e Bijouets.....	127
4.3.1.3	4-Cube, un'idea stampata.....	130
	Conclusione.....	134
	Bibliografia.....	138
	Sitografia.....	141
	Interviste.....	144
	Ringraziamenti.....	145

Introduzione

La crescente diffusione della stampa 3D ed il suo conseguente sviluppo tecnologico ha permesso il cambiamento di equilibri produttivi, creando un nuovo spazio di mercato, fino ad ora inesplorato, e soprattutto avviando un nuovo concetto di manifattura: da Rapid Prototyping a Direct Manufacturing. In seguito ad uno stage svolto presso la filiale italiana della multinazionale Flextronics, leader mondiale nei servizi, ho affrontato il tema della produzione di pezzi plastici, mediante stampi d'acciaio ed alluminio. Con tale esperienza ho potuto fornire un indice di paragone, tra il sistema stampista e la nuova tecnologia tridimensionale, comparando i due sistemi produttivi. Ho raffrontato queste due dinamiche, elaborando dei parametri di utilità, indicando le metodologie ed applicazioni secondo cui le due tecniche produttive si svilupperanno ed integreranno, l'una con l'altra. Inoltre ho approfondito i due sistemi manifatturieri, affrontando interviste presso aziende di riferimento, cercando di intercettare i reali andamenti del mercato.

Nei primi due capitoli affronto le tematiche inerenti alle diverse tipologie di stampi e relative caratteristiche, inoltre evidenzio gli aspetti economici e le diverse fasi che intervengono all'interno della lunga filiera produttiva.

Nel terzo capitolo invece, descrivo la tendenza al cambiamento del paradigma produttivo, introducendo il nuovo concetto di terza rivoluzione industriale, sostenuta in prima linea da Neil Gerschenfeld e da "The Economist", i quali intravedono un nuovo fronte manifatturiero in avanzamento, costituito da una serie di nuove attrezzature digitali, come laser cutter, frese a cnc, software di modellazione 3D e stampanti 3D. Le nuove strumentazioni prendono posto all'interno dei laboratori hi-tech. Tale movimento è già attuato in molti settori, come quello della riproduzione plastica ad esempio, grazie all'applicazione delle stampanti tridimensionali.

Nel quarto capitolo focalizzo l'attenzione su uno degli attori principali di tale rivoluzione: le stampanti 3D. Descrivo l'impatto di queste tecniche additive all'interno dei settori produttivi, verificando la loro diffusione e le principali aziende coinvolte. Espongo approfonditamente le diverse tecniche 3D e relativi esempi, suddivise a seconda dei materiali impiegati. Il manoscritto infine, propone dei casi di successo, dando importanza a due aziende, *DWSSystems* ed *Exnovo-Bijouets*, che hanno saputo

intercettare le potenzialità delle nuove tecniche additive, posizionate su differenti livelli della filiera produttiva ma, estremamente innovative, capaci di trasmettere i vantaggi della stampa 3D al mercato. Per concludere ho allegato un progetto di un complemento d'arredo 3D, creato da due designers assieme al sottoscritto, in occasione di un evento organizzato presso l'H-Farm di Roncade (TV).

Capitolo 1

IL MONDO DELLO STAMPAGGIO TRADIZIONALE

Il primo capitolo di questa tesi tratta l'attuale situazione del mercato stampista, proponendo un breve excursus storico che ha dato vita a questo importantissimo settore industriale, promuovendo lo sviluppo sociale ed imprenditoriale grazie a metodologie per la creazione di diversi manufatti.

Il capitolo approfondisce le diverse tecniche che si sono avvicinate per la creazione di stampi, nonché le tipologie di stampaggio attualmente disponibili, descrivendo le particolarità che appartengono di queste.

Il settore dello stampaggio.

L'Evoluzione.

I settori della costruzione degli stampi e stampaggio hanno contribuito allo sviluppo socio-economico intervenuto da metà '900 ad oggi.

Si può tranquillamente dire che, a partire da epoche passate molto lontane dai giorni nostri la lavorazione dei metalli finalizzata a forgiare monete o altri materiali di utilizzo diffuso, presupponeva la presenza di una "forma" che desse la giusta sagomatura al materiale fuso. Questa "forma" si può paragonare, sotto certi punti di vista, agli stampi odierni.

Con la crescita economica e la necessità di innumerevoli prodotti di forme differenti, la costruzione dello stampo divenne il fiore all'occhiello dell'industria meccanica, il quale permetteva l'applicazione di tecnologie all'avanguardia e la riproduzione di prodotti e materiali su larga scala, con una certa economicità e rapidità.

Grazie agli studi sui materiali applicati per la costruzione degli stampi, si è subito giunti alla definizione che gli acciai costituivano elemento essenziale per la costante diffusione e sviluppo di questo mercato.

Uno dei drivers fondamentali oltre all'acciaio fu, al tempo stesso, la tecnica di lavorazione degli stessi che permise una crescita "a braccetto" dei due asset fondamentali per il progredire della costruzione degli stampi, dei prodotti e dell'intera società.

Il progredire sociale e civile si può intendere (forzando il paragone) come il sottoprodotto degli stampi, il perché è demandato al fatto che più erano i prodotti esposti alla civiltà e più questa traeva benefici per il suo sviluppo e per la sua affermazione. Tali prodotti, presumibilmente, erano di origine stampista, poiché con un elevato tasso di crescita vi era la necessità di fornire prodotti sul mercato ad una velocità elevata.

Il vero "strappo" con il passato fu dato grazie ad uno dei materiali che ancor oggi segna il nostro presente e segnerà anche il futuro: il materiale plastico. La plastica, in tutte le sue innumerevoli declinazioni, ha segnato l'accelerazione e l'affermazione degli stampi

dai primi del '900 in poi, introducendo nuove tipologie e allargando la tipologia di prodotti stampati. Lo stampo, grazie alla plastica, ha trovato definitivamente il vero fattore di diffusione.

Oggi giorno essere stampisti è un lavoro che nasconde molte criticità ma, al tempo stesso, si è pionieri ed innovatori di un sistema produttivo che cambia giorno dopo giorno, assieme alle aspettative dei clienti divenuti sempre più competenti ed esigenti. La personalizzazione in ambito stampista è sempre più richiesta ed è ben percepita dai produttori, quello che si richiede è una relazione sempre più forte, basata su competenze condivise e servizi altamente specializzati.

“I prodotti sono sempre più simili, ciò che li distingue è come da un prodotto derivi la sua soluzione personalizzata. Insomma, servizio incondizionato che attira uno dopo l'altro i clienti. Un bisogno quasi arrogante di un partner qualificato, competente ed in grado di comunicare. Una specie di party destinato ad alimentare un nuovo tipo di piacere legato alla vita professionale: si chiama produttività”. (R.Suzzani, 2002).

La situazione attuale di questo settore ormai aperto alla catena globale è tale che il *know how* maturato fino ad oggi non basta più per poter essere competitivi sul mercato, bensì si cerca di sviluppare nuove produzioni e nuove proposte reagendo sulla piazza mondiale con ciò che il cliente oggi richiede. *“Se per la costruzione di uno stampo prima bastavano 6 mesi, oggi la richiesta è di 60/90 giorni. La concorrenza si è allargata e cambiano così materiali e tecnologie impiegate nel processo lavorativo”* (Franco Cuzziol, Imprenditore della Model Stampi di Oderzo, comune in provincia di Treviso).

La situazione internazionale

Prima di affrontare gli aspetti tecnici e produttivi degli stampi, è necessaria una breve illustrazione, in termini economici, del mercato mondiale ed italiano successivamente per completezza d'informazione e per capire nel complesso l'andamento di questo settore.

Fin dalle prime costruzioni di manufatti d'acciaio utili per lo stampaggio di prodotti plastici o di materiali come alluminio o leghe leggere, ci si è subito resi conto di quanto fondamentale fosse questa industria, registrando elevati tassi di crescita in tutto il mondo.

Il reale valore del settore degli stampi è elevato in quanto, nell'intera filiera, trovano occupazione un consistente numero di lavoratori e fanno di questo un'industria trainante in tutto il mondo, specialmente in Cina ed in Europa dove Germania ed Italia giocano un ruolo da leader.

Negli ultimi anni il mercato ha subito rallentamenti dovuti alla ormai conosciuta crisi economico – finanziaria che non ha risparmiato nemmeno il settore degli stampi. Il mercato nel complesso, non ha subito brusche frenate dopo i primi mesi del 2012, ma ha rallentato i tassi di crescita.

Detto ciò, oggi la situazione appare in fase di miglioramento: si rivede non solo il ritorno della manifattura americana dentro i confini a stelle e strisce, ma anche un'

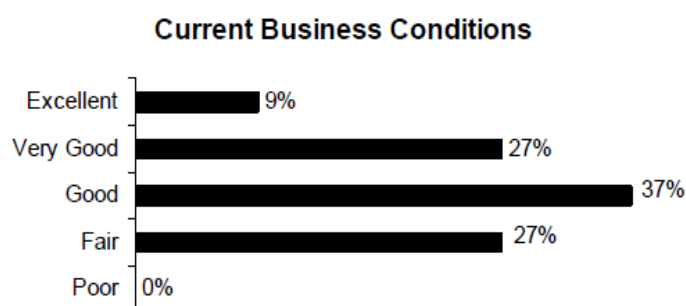


Figura 1: situazione settore stampi. Fonte: ISTMA American Business Conditions Report July 2013, <http://ctma.com/wp-content/uploads/ISTMA-BCR-July-2013-Rev.pdf>

Europa che tende a ricredere nel lavoro manuale, soprattutto nell'ambito che si sta trattando.

La figura 1 rappresentata la situazione del settore stampi nel territorio americano (il secondo mercato mondiale di stampi) aggiornata al 2013.

Come si vede la situazione attuale del business degli stampi è per il 73% positiva, mentre il 27% è ancora precaria.

Nel riquadro a destra si può vedere invece, come ci sia una tendenza positiva all'incremento di progetti per i prossimi 6 mesi, potendo contare su un buon 55% di crescita sopra la media, ed addirittura quasi un 10% che registra un sostanziale cambio di passo. Certamente sono numeri incoraggianti che sicuramente nei prossimi mesi potranno anche attestarsi in posizioni più elevate se le previsioni si confermeranno.

Projected Business Conditions Over Next 6 Months

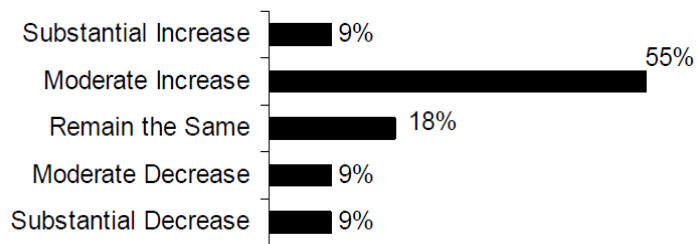


Figura 2: previsioni prossimi 6 mesi . Fonte: ISTMA American Business Conditions Report, July 2013, <http://ctma.com/wp-content/uploads/ISTMA-BCR-July-2013-Rev.pdf>

Current Business Conditions Compared with First Quarter 2013 (by %)

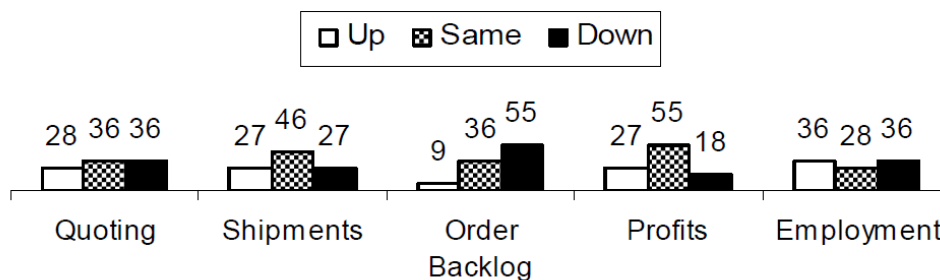


Figura 3: comparazione delle condizione del business degli stampi con il primo quarto del 2013. Fonte: ISTMA American Business Conditions Report, July 2013, <http://ctma.com/wp-content/uploads/ISTMA-BCR-July-2013-Rev.pdf>

Di seguito viene raffigurato la situazione del mercato mondiale (in maniera parziale, poiché non si hanno tutti i dati relativi agli stati mondiali) degli stampi, fotografando l'andamento nell'ultimo quadriennio (2008 – 2012).

Andamento del commercio mondiale



Figura 4: andamento commercio stamperie, portastampanti, sagome e forme meccaniche.

Fonte: <http://www.spol.ice.it/GraficoWM.aspx?IdTavola=13&IdProdotto=25732>

Valori ¹	2008	2009	2010	2011	2012
Stamperie, portastampanti, sagome, forme meccaniche	14.659	12.113	13.032	15.634	15.647

Tabella 1: giro d'affari mondiale, settore stamperie: Fonte: <http://www.spol.ice.it/GraficoWM.aspx?IdTavola=13&IdProdotto=25732>

I dati aggiornati al 2012, sono suddivisi in trimestri, per indicare l'andamento all'interno dell'anno di riferimento. Il totale è annuale ed è rappresentato nella tabella sotto il grafico. Si rileva una costante crescita, su scala mondiale, dell'intero settore raggiungendo la quota di 15.647 milioni di dollari. L'andamento in ascesa, è dovuto alla

¹ I dati derivano dalla somma delle esportazioni dei principali Paesi (quelli dell'Ue 27 più Argentina, Australia, Brasile, Canada, Cile, Cina, Colombia, Corea del Sud, Filippine, Giappone, Hong Kong, Indonesia, Malaysia, Messico, Norvegia, Nuova Zelanda, Perù, Stati Uniti, Sudafrica, Svizzera, Taiwan e Fonte: elaborazioni ICE su dati Eurostat e Istituti nazionali di Statistica

crescente quantità di stampi richiesti (d'acciaio ed alluminio principalmente), per lo stampaggio tradizionale.

Si parla di un indotto altamente trainante, in cui intervengono cambiamenti evolutivi, impiegando tecnologie innovative per la lavorazione e produzione di siffatti materiali e manufatti.

L'Italia?

I dati elaborati dall'ISTMA World (International Special Tooling and Machining Association), importante organo di verifica internazionale sull'andamento del mercato mondiale dello stampo, hanno confermato quanto sopracitato. A fronte di un consistente crollo degli ordini e della produzione di stampi per lamiera tra il 2008 e 2009, (da 400 milioni di euro a 200 milioni di euro) nel 2011 si è ritornati parzialmente ai livelli pre-crisi, censendo una produzione che si aggira attorno ai 300 milioni di dollari, grazie soprattutto all'export. Per quanto riguarda il giro d'affari per stampi di ordine plastico e gomma, l'impatto è stato più sconvolgente, manifestando una decrescita produttiva in misura pari a 500 milioni dollari, scendendo vertiginosamente da 1,4 miliardi di euro a quota 900 milioni. Parlando di plastica e gomma, si parla di prodotti in grado di poter risollevarne l'intero settore, data la loro capacità produttiva. Difatti nel 2011, alla pari degli stampi per lamiera, il guizzo verso risultati positivi del comparto a noi caro (stampaggio tradizionale) è stato eseguito, riportandosi ad un giro d'affari pari a 1,2 miliardi di euro, ricucendo il *gap* del 2008. Il merito è stato in maniera paritaria all'export e all'aumento della richiesta interna, nonostante l'ombra lunga della crisi l'Italia rimane un *player* di estrema importanza, potendo contare sui numeri forniti dall'ISTMA World, il cui Istituto attribuisce al mercato italiano un indotto di circa 2 miliardi di euro, rapportandolo alla Cina con 6 miliardi di euro e agli USA con 4 miliardi di euro.

A confermare tale fatto vi sono i dati elaborati dall'ICE (Istituto per il Commercio Estero), i quali indicano che, nel primo semestre 2013, l'Italia ha goduto di un aumento dell'export, soprattutto nei Paesi in cui la crisi economico – finanziaria si è sentita meno o è stata superata. Un deciso aumento si è registrato nell'interscambio con i paesi dell'Oceania (+ 151% rispetto al primo semestre 2012), una zona con basse quote di

mercato italiane e con i paesi dell’America settentrionale (+ 40% rispetto al primo semestre 2012). Stabili invece gli indici dell’interscambio con i mercati europei ed asiatici.

Area geografica: MONDO (anni 2008-2012, variazioni e quote in percentuale)

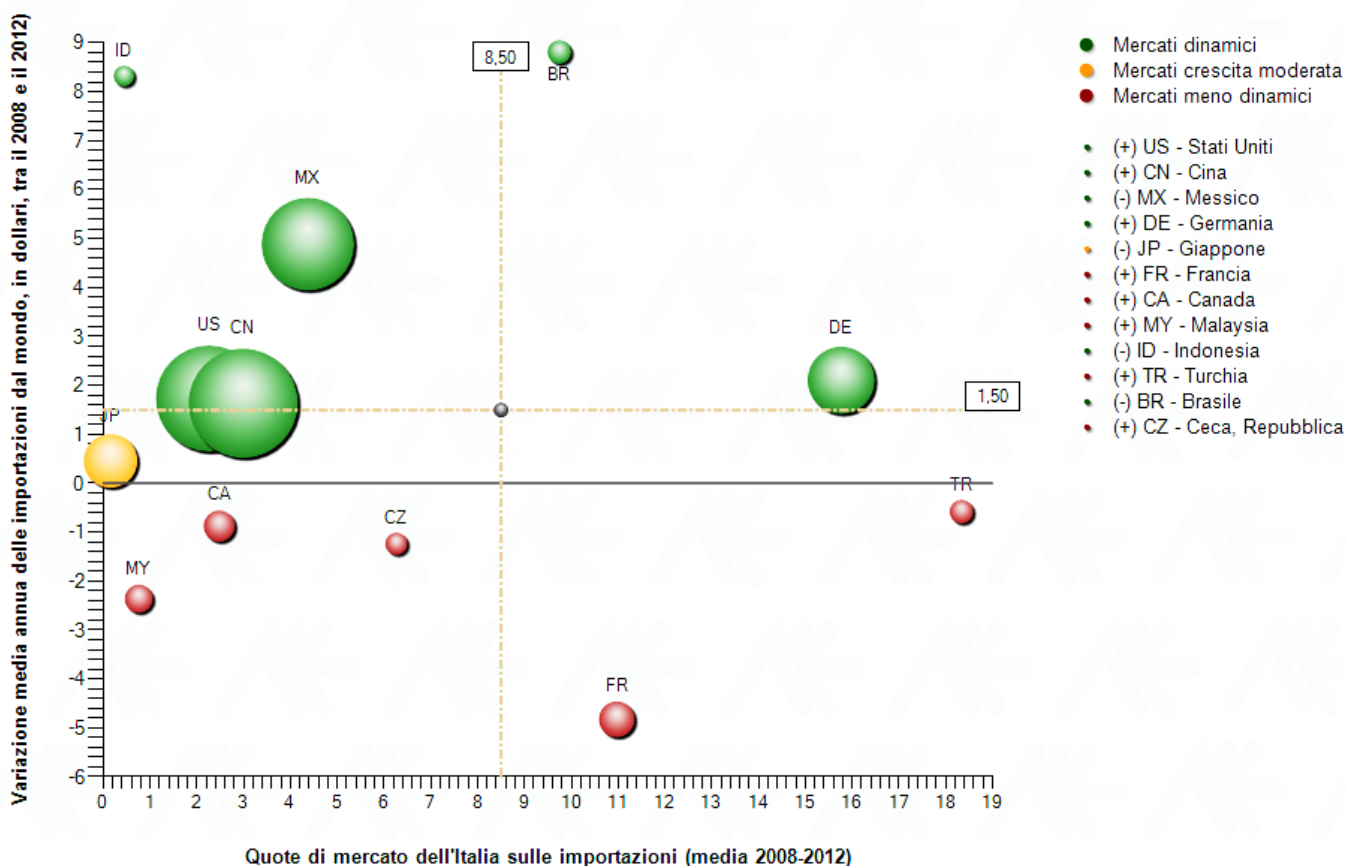


Figura 5: principali importatori mondiali di stampe, portastampe, sagome e forme metalliche.

Fonte: <http://www.spol.ice.it/GraficoMondo.aspx?IdTavola=14&IdProdotto=25732>

Come si evidenzia nell’immagine, i maggiori partners mondiali dell’Italia, corrispondono ai mercati con più elevato appeal e con più. Si nota come la Germania, Messico, Cina ed USA siano i principali mercati che scambiano con l’Italia. Il nostro territorio registra elevate quote di mercato nelle importazioni di questi Paesi, meno in Paesi come Francia, Repubblica Ceca e Turchia in cui le relazioni con questi ultimi sono in calo nell’ultimo anno di rilevazione (2012).

Nel solito intervallo preso in considerazione dall'analisi dell'ICE (2008 – 2012) i principali mercati di sbocco per l'Italia rimangono: la Germania con 432.000.000 € (+ 4,5%)², la Francia con 109.584.000 € (- 5,5%), la Polonia con 88.361.000 € (+ 4,0%), l'Austria con 63.198.000 € (+1,6%), la Repubblica Ceca con 59.207.000 € (+ 21,6%), gli Stati Uniti con 46.986.000 € (+ 11,0%), la Turchia con 46.330.000 € (+ 9,7%) e la Serbia con 42.363.000 € (+ 125,7 %).

Così come per la costruzione degli stampi, il nostro paese è uno dei leader nella produzione ma soprattutto nella trasformazione di materiali plastici, grazie chiaramente all'apporto derivante dal forte know how in ambito stampista.

Gli stampi: tipologia e materiali

Generalità.

Lo stampo è una costruzione utilizzata per diversi processi industriali: stampaggio tradizionale, imbutitura, pressofusione, sinterizzazione e schiumatura. Tutti processi interessanti, ma il tema che si affronterà in questa tesi è incentrato sulle tecniche di stampaggio.

Nel caso dello stampaggio tradizionale, lo stampo può essere costruito e progettato con differenti metalli e materiali, a seconda della funzionalità che tale manufatto assumerà nella fase di stampaggio (quantità di stampe richieste) ed in relazione al prodotto stampato (prodotto plastico o di altri materiali).

Le sostanziali differenze tra gli stampi derivano, quindi, dalla tipologia di materiali utilizzati nella costruzione e del materiale utilizzato per stampare il singolo pezzo.

Le tipologie di materiali utilizzati per la costruzione di stampi destinati all'utilizzo nello stampaggio tradizionale sono principalmente classificabili in base alla conducibilità termica che questi assicurano in fase di produzione. Essi possono così essere classificati:

² Il dato percentuale indica la variazione delle esportazioni intervenuta tra il 2008 e il 2012

- Acciaio
- Alluminio
- Altri materiali (silicone, leghe d'acciaio di basso valore ecc.)

Per chiarezza si farà riferimento all'acciaio ed all'alluminio, poiché non sono solo materiali più utilizzati nelle officine di costruzione poi per lo stampaggio plastico ma al giorno d'oggi, soddisfano in pieno i parametri produttivi (conducibilità termica, peso, resistenza alle alte temperature).



Figura 6: esempio stampo d'acciaio aperto



Figura 7: esempio stampo d'acciaio chiuso

Lo stampo è costituito, fondamentalmente, da due grosse parti separate, come si evidenzia dalle immagini precedenti: una parte denominata **matrice** e l'altra **punzone**, insieme formano lo stampo.

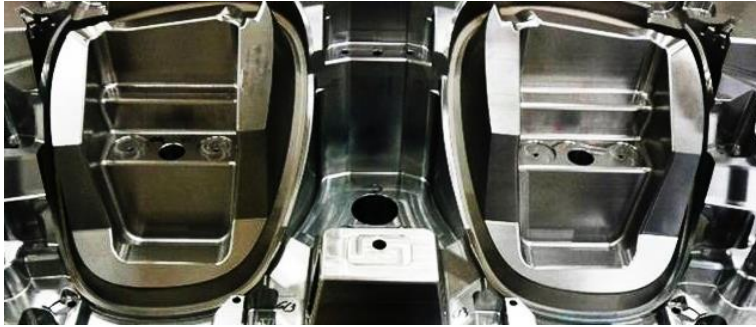


Figura 8: matrice stampo automotive A



Figura 9: matrice stampo automotive B

La matrice è quella parte di dimensioni maggiori che accoglie al suo interno il punzone, il quale imprime la forza della pressa e produce il lato, in negativo, della forma interna del prodotto. La matrice, ovvero l'impronta, invece, forma la parte negativa esterna dello stesso, il che vuol dire che la matrice definisce l'estetica del prodotto.



Figura 11: punzone stampo automotive A

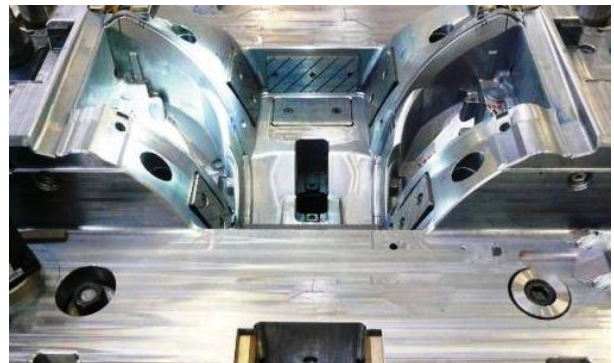


Figura 10: punzone stampo automotive B

L'arte della costruzione dello stampo si sviluppa parallelamente al tema della trasformazione delle materie plastiche. Esiste una netta correlazione dei due concetti, poiché, nelle diverse tipologie di trasformazioni delle materie plastiche, il principale è senz'altro quello relativo alla produzione, tramite l'impiego di differenti tipologie di stampi.

Il motivo dell'applicazione degli stampi sta da sempre nella funzionalità di questi "utensili", duraturi nel tempo ed in grado di poter replicare un'elevata moltitudine di pezzi plastici (nello stampaggio ad iniezione si possono avere al massimo 10^7 prodotti)³. Ulteriore vantaggio è dato dalla perfetta trasformazione finita del materiale plastico, eliminando ulteriori attività di lavorazione post-stampaggio. Facendo leva su tale capacità, si legano ulteriori aspetti positivi derivanti dalla velocità di esecuzione, dalla riduzione di effetti distorsivi (imperfezioni), dalla affidabilità del risultato e, cosa principale, dall'ammortamento dei fattori produttivi dovuta all'esponenziale capacità produttiva. La costruzione dello stampo presuppone costi elevati a seconda delle sue caratteristiche.

L'esempio calzante della tecnica di costruzione degli stampi, come trasformazione e produzione di manufatti plastici, è, senza dubbio, l'utilizzo della tecnologia ad iniezione. La ragione di ciò è dovuta al progresso tecnologico intervenuto in tale modalità di stampaggio, passando dall'iniezione di un solo componente (1 K, termine tecnico) fino all'iniezione multi-componente o di *foil* decorativi. Gli stampi possono essere caratterizzati da un'unica impronta oppure da multi impronta, il che comporta differenti lavorazioni, complessità e costi di costruzione.

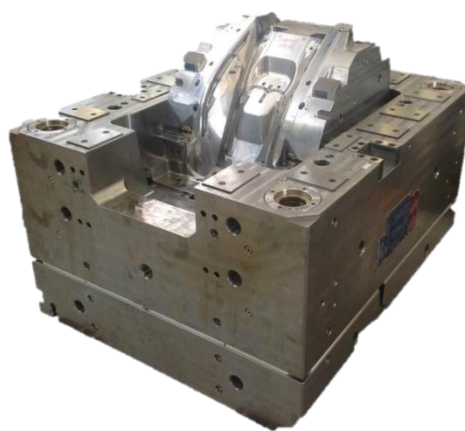


Figura 12: matrice stampo ad iniezione

Distinzione essenziale deve essere fatta in tema di materie plastiche, ovvero, il distinguo tra i materiali termoplastici e quelli di origine termoindurente. La distinzione sostanziale

³ Saechtling, H. (2006). *Il manuale delle materie plastiche, 9a edizione*. Milano: Tecniche nuove

sta nella composizione di tali composti che implicano delle lavorazioni differenti e delle attenzioni particolari, soprattutto, per manufatti plastici di principio termoindurente.

La formatura dei termoplastici avviene tramite fusione e raffreddamento del composto nello stampo di destinazione; i termoindurenti, invece, a causa della loro composizione, assumono la loro forma mediante reticolazione. Essi non possono essere più modificati dopo il processo di stampaggio.

Un ruolo complicato.

Prima di approfondire le varie tipologie di stampi, devo fare un excursus doveroso, descrivendo brevemente la complessità della lavorazione e costruzione dello stampo e il suo relativo stampaggio. Nel periodo di stage che ho svolto da Marzo a Luglio 2013 per 5 mesi presso una filiale di Flextronics (multinazionale di servizi), nella provincia di Treviso, località Ponte di Piave, ho potuto percepire la dedizione e la destrezza nel lavoro che un operatore deve possedere per poter costruire uno stampo. Quando parlo di operatore, includo i progettisti, i fresatori, i tornitori, i banchisti ecc., ovvero tutti coloro che partecipano alla creazione del manufatto. Pongo tale enfasi, è vero che il lavoro viene effettuato tramite macchine utensili, ma l'input produttivo, deriva, sempre, dalla mente umana: infatti in questo ambito, soprattutto, serve molta attenzione poiché il dettaglio fa la differenza.

L'addetto alle macchine, oltre al suo funzionamento, deve saper interpretare disegni, conoscere interamente il processo produttivo e fornire eventuali soluzioni ai progettisti e clienti in relazione ai materiali utilizzati e all'output che si desidera avere. *“Nelle piccole e medie imprese, il lavoro dell'operatore su macchine utensili è più complesso di quello che sembra: non si tratta solo di saper far funzionare un macchinario, è necessario conoscere l'intero ciclo di produzione e seguirne ogni passaggio”*. (Imperio, 2013) Il vero valore aggiunto dell'addetto alla lavorazione è dato dalla capacità e conoscenza del pezzo che ha sotto le mani, poiché sarà sempre necessario perfezionare il manufatto con lavorazioni ad elevata precisione. Solo l'esperienza ti può aiutare. La complessità del ruolo sta anche nella cruciale posizione che esso ricopre all'interno dell'azienda: data l'elevata laboriosità della costruzione, l'operatore, in officina, è anche utile comunicatore e dissipatore d'incertezza, poiché questo è il vero *know how* dei

grandi e piccoli laboratori artigianali che lavorano l'acciaio e l'alluminio. Dunque non adempiono al loro lavoro solamente fresando o erodendo il pezzo, ma fungono da vero centro di smistamento d'informazioni, poiché la lavorazione dello stampo avviene *step by step*, tramite processo di esecuzione di singole fasi ed avanzamento per *feedback* positivi. Il compito, quindi, è, talvolta svolto autonomamente, ma, la maggior parte delle volte, in sintonia e collaborazione con gli altri addetti, poiché non serve solo la potenza ed efficacia meccanica, ma anche buona dose di logica ed intelletto, le forze mentali per l'appunto.

Tipologie di stampi

La costruzione di uno stampo e la sua funzionalità varia chiaramente a seconda dell'uso che si fa di questo in fase di stampaggio, ciò vuol dire che esistono principalmente quattro diverse categorie di stampaggio tradizionale ed in base a queste vengono costruiti, a loro volta, gli stampi impiegati nel processo. Si hanno dunque determinate categorie di stampi, le principali famiglie sono:

- Stampi ad inietto-compressione
- Stampi a transfer
- Stampi ad iniezione
- Stampi rotazionali

Gli stampi progettati e costruiti hanno differenti caratteristiche e peculiarità e si differenziano l'uno dall'altro. I parametri di valutazione che distinguono gli stampi per la funzionalità e loro costruzione sono⁴:

1. Possibilità di ciclo automatico
2. Durata del ciclo
3. Usura degli stampi
4. Caratteristiche del pezzo
5. Forma del pezzo
6. Importanza dell'aspetto estetico
7. Materiale impiegato

⁴ R.Suzzani. (2002). *Il manuale dello stampista*. Milano: Tecniche nuove

Stampi

<i>parametri di valutazione*</i>	Inietto	Compressione	Transfer	Iniezione	Rotazionale
durata del ciclo	Scarsa	Media	Elevata	Scarsa	Scarsa
usura degli stampi	Scarsa	Media	Media	Media	Media
caratteristiche del pezzo	Media	Scarsa	Media	Media	Media
aspetto estetico	Elevata	Media	Media	Media	Media
materiale impiegato	Media	Scarsa	Media	Media	Media

Figura 13: tabella di comparazione dei principali stampi

La matrice è stata creata dando giudizio su tutti i parametri sopra elencati, grazie alle informazioni estrapolate durante i lunghi colloqui ed interviste presso aziende del settore. Paragone in forma totalmente informativa e sommaria esprimendo un giudizio sintetico nei valori per ogni parametro, evidenziando le diverse tipologie di stampi.

La prestazione può essere: **Scarsa**, **Media**, **Elevata**

* le valutazioni non tengono presente delle molteplici differenze dal punto di vista del materiale utilizzato e della difficoltà di ogni singolo pezzo da produrre, bensì è un giudizio medio nella loro funzione complessiva, paragonata agli stampi in lista.

L'approfondita descrizione, verrà puntualmente fornita, è resa possibile, grazie al contributo di manuali che fungono da guida per gli addetti ai lavori, ovvero "Il manuale dello stampista" ed "Il manuale delle materie plastiche". Alcuni riferimenti vengono da una di queste fonti essenziali per la comprensione del tema.

Stampi ad inietto-compressione

Lo stampo ad inietto compressione è una tecnologia risalente a circa 15 anni fa, sviluppata per migliorare l'estetica e lo stress del materiale inserito nello stampo.

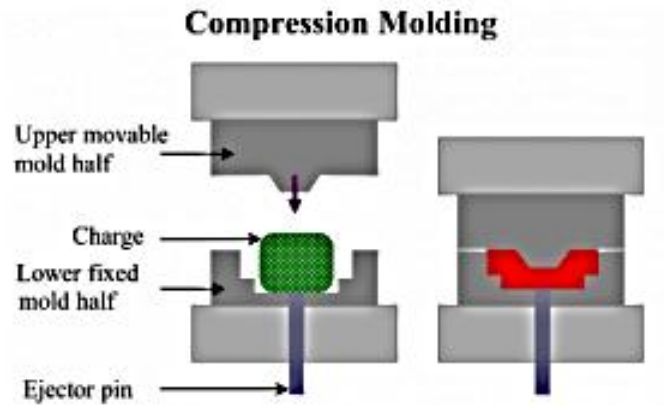


Figura 14: disegno funzionamento stampo ad inietto-compressione.
Fonte: <http://www.chimicamo.org/chimica-generale/tecnologie-di-lavorazione-dei-polimeri.html>

Il procedimento ad inietto-compressione è differente dall'iniezione tradizionale: il materiale polimerico inserito all'interno avviene con lo stampo semi-chiuso, lasciando un'apertura che varia dai 3-5 mm. Una volta iniettato a bassa pressione il materiale, lo stampo si chiude, compattando tutto il materiale al suo interno e dando la forma al prodotto plastico.

Da tale processo ne scaturiscono dei vantaggi: vi è una più bassa pressione del materiale all'interno dello stampo, poiché questo è già pieno quindi serve meno forza per imprimere la sagoma del manufatto d'acciaio e di alluminio. Ulteriore fattore positivo è la maggior uniformità di pressione all'interno dello stampo, cosa che con l'iniezione tradizionale non avviene, lasciando cavità non ben definite. Inoltre si possono avere maggiori qualità estetiche in fase di estrazione del prodotto, una volta terminato il processo. Gli stampi ad inietto-compressione vengono utilizzati generalmente per la produzione di **lunotti posteriori** per auto.

In questa tecnologia, un'azienda pionieristica e all'avanguardia all'interno di tale settore è senza dubbio **Inglass**, con sede a San Polo di Piave (TV) e con due filiali produttive estere in Cina ed India. Nel 2004 Inglass iniziò a produrre stampi per Glazing⁵.



Figura 15: esempio 1 di stampo ad inietto-compressione.

Fonte:

http://www.inglass.it/pagine.php?id_menu=10&id_pag=108&id_m=4&id_p=28

Figura 16: esempio 2 stampo inietto-compressione.

Fonte: <http://ramko.com/products/products.html>



Questa tipologia di stampi può essere costruita in maniera identica tramite l'acciaio o l'alluminio. Il funzionamento dello stampo ad inietto-compressione avviene tramite *comando oleodinamico*⁶, in cui la pressa lavora verticalmente, con la matrice fissata sul piano ed il punzone che entra verticalmente su di essa, pressando il materiale all'interno.

I vantaggi che ne derivano dall'utilizzo di suddetto stampo, come specificato prima, derivano dalla necessità di ricreare un prodotto privo di problemi estetici, data l'esposizione del pezzo (prodotto esteriore di design) e dato il materiale introdotto nello stampo, il quale necessita di "stressature" inferiori rispetto ad altri composti.

⁵ Montaggio vetri.

⁶ Movimentazione di un cilindro grazie alla forza idraulica, molto utilizzato nell'industria meccanica per la movimentazione di grossi carichi.

Concretamente, con l'inietto-compressione si limitano problemi risalenti al *mold flow*⁷.

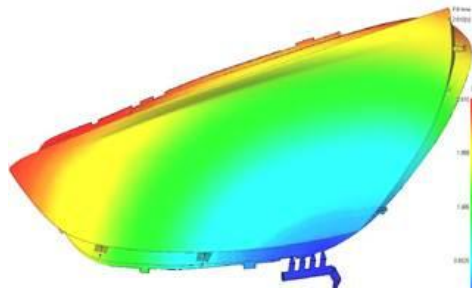


Figura 17: esempio di mold flow fanale anteriore auto.

Fonte Flextronics

Come si nota alla figura 18 l'iniezione del materiale avviene dall'alto: più il colore è scuro, più il materiale è raffreddato e, dunque, iniettato precedentemente rispetto al fluido di colore rosso, di elevata temperatura. Il pezzo in esame appartiene al segmento automotive, per il quale non vi sono problemi di tale caratura, in quanto il materiale è trasparente e non si notano flussi del composto. Si tratta di un esempio significativo nel caso in cui, diversamente, i polimeri impiegati sono di colore scuro, i quali fanno risaltare, in alcune circostanze, gli scorrimenti del composto, in fase di iniezione e di colata all'interno dello stampo. Ulteriore vantaggio può essere dato dall'eliminazione dei segni sul pezzo plastico, causati da punti di estrazione, ovvero trattasi di quei segni che derivano dalla fuoriuscita del pezzo, una volta terminato il processo di stampaggio. Questo avviene ancora quando il materiale è surriscaldato, creando lievi segni sul prodotto, nella maggior parte dei casi, in figure non estetiche del prodotto.

Le diverse tipologie di stampi ad inietto-compressione, possono essere⁸:

- Stampi a coltello
- Stampi positivi
- Stampi semi-positivi
- Stampi a guance

⁷ Termine che indica il flusso del materiale fuso iniettato dai punti di iniezione nei classici stampi ad iniezione tradizionale, tale flusso su alcuni pezzi estetici si nota ad occhio nudo, scorrendo un flusso velato del materiale plastico verso un'unica direzione.

⁸ R.Suzzani. (2002). *Il manuale dello stampista*. Milano: Tecniche nuove.

Ad ognuna delle seguenti costruzioni coincidono una serie di particolarità tecniche e di funzionamento che li differenziano l'uno dall'altro.

Stampi a transfer

Gli stampi denominati a transfer o a trasferimento (Resin Transfer Moulding) differiscono da quelli precedentemente descritti per la tipologia di stampaggio e di funzionamento.

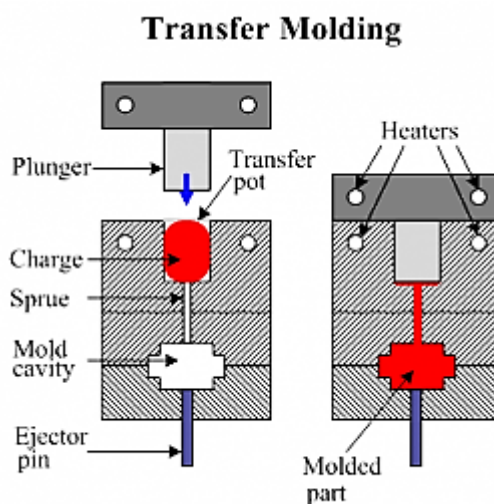


Figura 18: disegno funzionamento stampo a trasferimento.

Fonte: <http://www.chimicamo.org/chimica-generale/tecnologie-di-lavorazione-dei-polimeri.html>

Come si può vedere dall'immagine, tale stampo è costituito sempre da matrice e punzone, l'una fissa e l'altro mobile, in aggiunta vi è il cilindro di trasferimento che funge da importante elemento di funzionamento. Il materiale polimerico viene caricato in una camera di carico o contenimento, dove per effetto del calore, esso raggiunge uno stato fluido, tale da poter essere *trasferito* grazie alla pressione del pistone che trasmette il prodotto nei canali di iniezione, per poi essere introdotti nella sagoma dello stampo.

Lo stampo nel quale il composto confluisce, non necessariamente può essere riscaldato, a seconda del materiale iniettato. I materiali plastici introdotti, nella maggior parte dei casi, fanno parte delle due maggiori categorie: termoplastiche o termoindurenti di cui darò breve descrizione nei paragrafi successivi. Per caratteristiche chimiche intrinseche, i due materiali hanno conformazioni differenti, soprattutto è differente l'indurimento.

Nel caso del materiale termoplastico, lo stampo non è pre-riscaldato, ma mantenuto freddo; nel caso del materiale termoindurente, per effetto delle reticolazioni interne, lo stampo viene anticipatamente riscaldato per poter far terminare lentamente il procedimento di raffreddamento, poiché il composto termoplastico, una volta indurito, non potrà più essere modificato o rifuso successivamente.

Il Resin Transfer Moulding viene sempre più utilizzato per la produzione di elementi in cui vi siano presenti all'interno diverse tipologie di materiali, in grado di rinforzare lo stesso, grazie a delle fibre continue, inserite preliminarmente. Dunque, queste si trovano all'interno dello stampo prima del processo di iniezione, per poi essere mescolate con la resina polimerica⁹.

I principali stampi utilizzati per lo stampaggio a transfer sono¹⁰:

- A guance
- Con camera di compressione superiore
- Con camera di compressione inferiore
- Per presse ad angolo

In tutte le tipologie di stampi a transfer vi sono degli elementi comuni che devono rispettare parametri essenziali, utili per il loro funzionamento.

Innanzitutto il punzone che “spinge” il materiale fuso deve coincidere perfettamente con il disegno della camera di compressione. Le dimensioni devono essere pari a collimare esattamente con le pareti di quest'ultima. Data l'importante usura del punzone, derivante dallo scorrimento entro tale spazio e dall'elevata pressione che esso subisce, si richiede di utilizzare il materiale più resistente, ovvero l'acciaio. Esso dovrà essere trattato per resistere a questi agenti, quindi subirà, in fase di costruzione, una precedente

⁹ Saechtling, H. (2006). *Il manuale delle materie plastiche, 9a edizione*. Milano: Tecniche nuove

¹⁰ R.Suzzani. (2002). *Il manuale dello stampista*. Milano: Tecniche nuove.

lavorazione, denominata **Tempratura**.¹¹La camera di compressione dello stampo deve avere, inoltre, le seguenti caratteristiche:

- Volume necessario per il contenimento del materiale atto per lo stampaggio;
- Estesa superficie di riscaldamento;
- Area di compressione tale che il processo di stampaggio avvenga con l'esatta pressione¹².

Un ulteriore fase da tenere in considerazione nella costruzione di uno stampo transfer, è costituita dai “cilindri di trasferimento”, ovvero quei canali che trasferiscono il materiale allo stampo. Questi fungono da elemento chiave nella fase di stampaggio, in quanto la dimensione degli stessi presuppone differenti pressioni e durata di colata. Inoltre, variano, a seconda del materiale da iniettare, la pressione richiesta e le dimensioni del passaggio. Generalmente i **canali di adduzione** sono di forma circolare per una questione di funzionalità.

Vi sono alcuni accorgimenti anche nella progettazione di tali passaggi:

- i canali devono avere forma leggermente conica (ristretta all'uscita del materiale);
- lunghezza contenuta;
- suddivisione dei canali di adduzione (di pari superficie) tanto quanto sono le impronte dello stampo.

Un ultimo aspetto derivante dallo stampaggio a trasferimento riguarda la fuoriuscita dell'aria all'interno dello stampo: l'aria presente all'interno dello stesso impedisce la perfetta riuscita del prodotto plastico, in quanto l'aria presente può ostruire la piena colata del materiale nelle cavità dello stampo, soprattutto se esso è di costruzione complessa. (moltitudine di incavature).

¹¹ Con tale termine si indica un trattamento al blocco d'acciaio prima di essere lavorato, che consiste nello scaldare gradualmente ad elevate temperature l'acciaio per poi farlo raffreddare. Questo processo, permette, all'acciaio di resistere ad eventuale erosioni in fase di stampaggio.

¹² Sezione camera di compressione = forza della pressa (kg)/ pressione necessaria (km/cm²)

Stampi ad iniezione

Gli stampi ad iniezione, com'è facilmente intuibile, sono i più diffusi della categoria della trasformazione e dello stampaggio di prodotti plastici. Data la sua particolare importanza nell'industria stampista, descriverò tale tecnica in maniera più approfondita rispetto a quanto svolto per i precedenti paragrafi.

Il processo produttivo inizia dal passaggio, nei tubi di essiccazione posti sopra la pressa, di polimeri grezzi, i quali vengono caricati in un contenitore, chiamato **Tramoggia di alimentazione** che dosa ogni parte di plastica da liberare ad ogni attività di stampo della pressa. Prima che la resina raggiunga lo stampo e la successiva "sforzata" del prodotto, il polimero attraversa la **camera di fusione cilindrica**. La plastica, essiccata precedentemente raggiunge elevate temperature e viene fusa e successivamente "spinta" ad alta pressione dalla vite localizzata dentro il cilindro di scorrimento; tale vite scorrendo in maniera circolare, inietta il materiale



Figura 20: tramoggia di alimentazione. Fonte: Flextronics



Figura 21: cilindro pressa. Fonte: Flextronics

termoplastico all'interno dello stampo. Il tempo di ciclo varia a seconda della complessità del semilavorato richiesto. Una volta terminata la colata interna, il prodotto plastico si solidifica grazie al passaggio del liquido refrigerante, attraverso canali, dedicati all'interno dello stampo.

Il solido esce ad una temperatura di circa 70° centigradi, per poi essere trasportata, con un braccio meccanico, sul nastro trasportatore.



Figura 19: installazione dello stampo nella pressa ad iniezione. Fonte: Flextronics

Di seguito è proposta il sintetico esempio di iniezione del materiale e funzionamento della pressa.

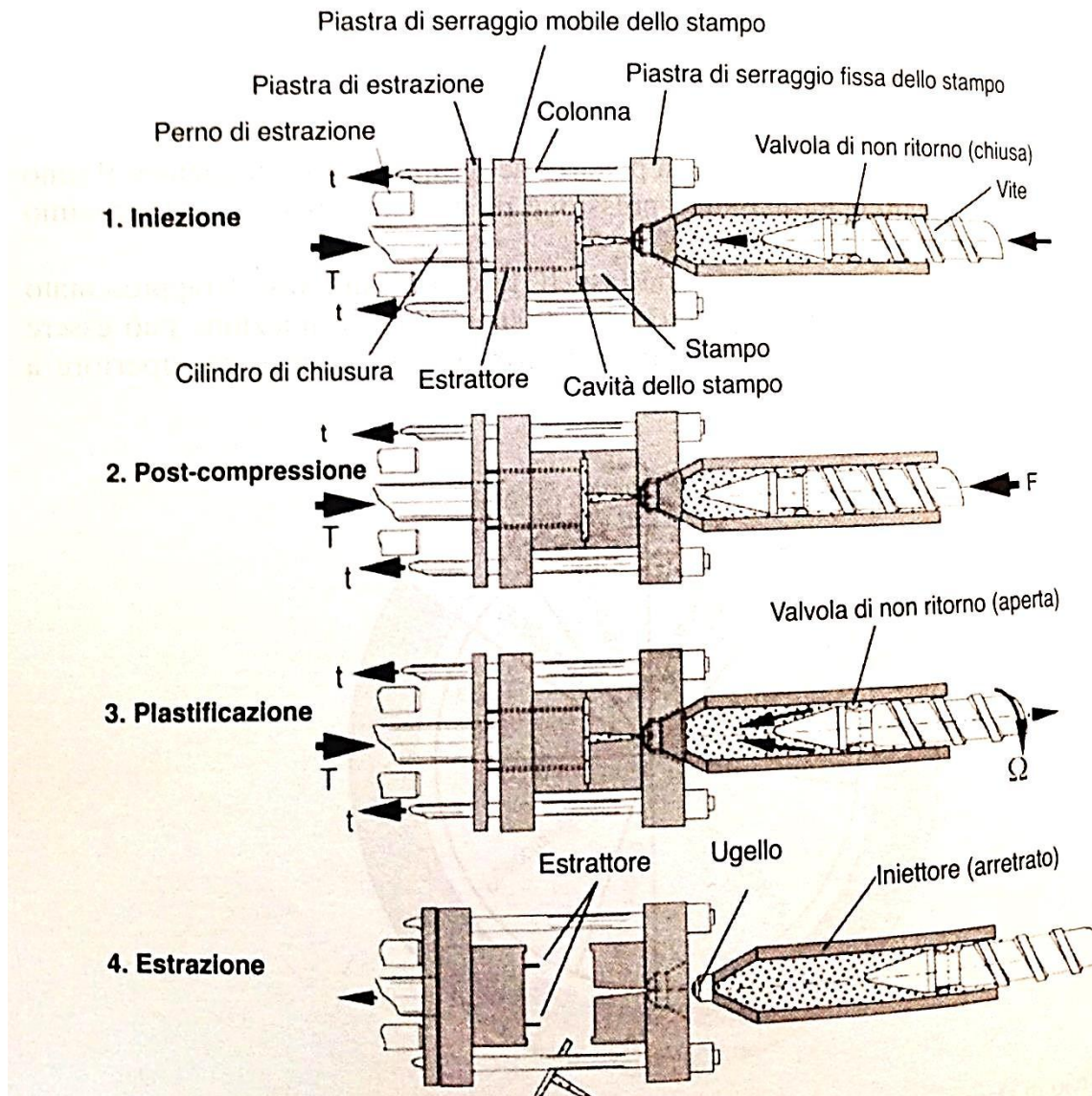


Figura 22: funzionamento stampaggio ad iniezione. Fonte: Manuale delle materie plastiche,

La tecnologia ad iniezione è la più importante rispetto a quelle precedentemente descritte, per l'elevata versatilità e facilità di stampaggio di qualsiasi manufatto, piccolo o grande.

La capacità di questa tecnologia di trasformazione sta nella capacità di poter “stampare manufatti da 1mg sino a più di 10kg con tempi di ciclo che variano di pochi secondi”. (Saechtling, 2006).

la figura 23 rappresenta un classico esempio dello stampaggio ad iniezione, di un particolare plastico relativo al settore Automotive di dimensioni molto piccole (qualche centimetro). La forza dell'iniezione sta esattamente nell'estrema precisione di stampaggio del manufatto e della rapidità di creazione. Il tempo di ciclo varia, chiaramente, a seconda della dimensione del pezzo da stampare. Ciò che però influisce nel processo di stampaggio non sta tanto nell'iniezione del materiale, che può variare di qualche secondo, ma quanto nel raffreddamento del composto interno. Come specificato nei manuali di trasformazione: “ il tempo di ciclo è determinato soprattutto dal tempo di raffreddamento sino all'estrazione, che cresce circa al quadrato dello spessore parete del manufatto. Uno spessore di 2mm necessita un tempo di raffreddamento che va dai 4 ai 10 secondi” (Saechtling, 2006).



Figura 23: piccolo particolare plastico Automotive.
Fonte: Flextronics

Come si nota dal pezzo stampato, nella figura 24 la dimensione varia così come varia lo spessore. Questo prodotto è molto sottile e colorato, altro aspetto della stampa ad iniezione. L'iniezione di multi-colori è specificata in forma più dettagliata nei paragrafi successivi.



Figura 24: piccolo particolare dell'elettronica di consumo.
Fonte: Flextronics

Tale esempio raffigura la difficoltà di progettazione di questo elemento non estetico, estremamente importante nella composizione di un inserto auto. Il peso del pezzo è elevato, dunque, la quantità d'iniezione del materiale non è trascurabile. È caratterizzato da elevata complessità nei dettagli



Figura 25: pezzo plastico ad iniezione non estetico. Fonte: Flextronics

e nelle geometrie.

Lo stampaggio ad iniezione, come visto, presuppone competenze superiori rispetto ad altre tipologie di trasformazione, poiché vi è stretta attinenza tra stampo e pressa.

“Il trinomio prodotto-presse-stampo è estremamente importante nella riuscita dello stampaggio. Il cambiamento dello stampo su una stessa macchina mette in crisi la produzione e qualità, regolare in precedenza.” (R.Suzzani, 2002). Tutto ciò espone lo stampaggio ad iniezione ad elevati accorgimenti e settaggi prima di impostare la produzione, tanto da richiedere ore prima che la pressa-stampo si regolarizzi ed inizi a stampare pezzi. Questo significa che, nell'impostazione della pressa, serve un congruo numero di ore prima di avere prodotti che soddisfino la qualità richiesta, prima è solo tutto scarto utile a settare la macchina. È proprio tale aspetto che rende critica la fase di accoppiamento pressa-stampo.

Nel tempo sono stati rilevati errori nella produzione, anche di milioni di pezzi, poiché la progettazione e la costruzione dello stampo non era in linea con l'utilizzo di una certa tipologia di presse. Nella fase di produzione, è accaduto che alcuni stampi fossero stati montati su presse inadatte dal punto di vista del tonnellaggio, dando, come risultato, la perdita di tutti i pezzi ma, ancor più grave, la perdita di un elevato ammontare economico.

Stampi rotazionali

Gli stampi rotazionali fanno parte della nicchia tecnologica di questo settore.

Diffusosi circa a metà del '900, è divenuto fin da subito, l'utensile utilizzato per lavorazioni molto particolari. Questo stampo permette di sviluppare pezzi plastici cavi al loro interno, con elevato grado estetico. Grazie alla rotazione, il materiale (diversi tipi di plastica) si adatta ai lineamenti interni della matrice, prendendone la forma.

Esso è caratterizzato da un solo pezzo, la matrice che, grazie al suo movimento, forma il pezzo plastico, senza la contemporanea presenza del punzone (presente nel resto degli stampi).



Figura 26: esempio stampo rotazionale.

Fonte: http://www.ecodibergamo.it/stories/Economia/79417_tora_tora_tora/

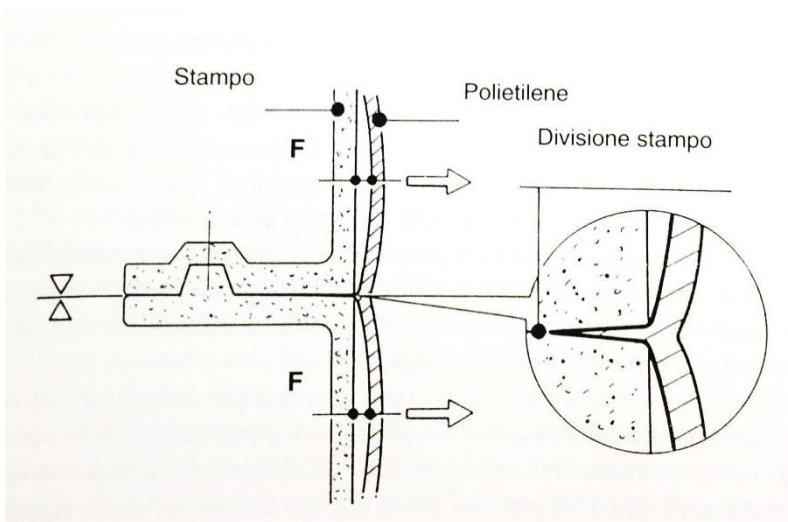
Il processo produttivo è determinato da differenti fasi, sicuramente più complesse rispetto a quelle relative allo stampaggio ad iniezione; inoltre ben più lungo è l'intero processo produttivo.

La prima fase prevede l'inserimento del materiale all'interno della matrice, sotto forma di composto liquido o polvere. Successivamente lo stampo viene chiuso ed introdotto all'interno di un forno preriscaldato. Lo stampo è fissato su due assi e, grazie al suo lento movimento rotatorio, permette al materiale di fluire e stabilizzarsi nelle cavità interne. Importante è il materiale utilizzato per la costruzione del manufatto metallico, alluminio ed acciaio sono gli elementi essenziali per la riuscita dell'intero ciclo. Si deve prestare attenzione, dunque, alla conducibilità termica e allo spessore che da essa ne deriva. Inoltre deve essere considerata, tra gli elementi critici, la reazione al calore che ogni materiale iniettato detiene.

Una volta terminata la fase di fusione e stampaggio (circa 40 minuti), lo stampo viene fatto raffreddare grazie al passaggio di aria ed acqua, restando in movimento.

Terminata la fase di essiccazione, avviene l'estrazione del materiale dallo stampo e con ciò termina la lunga fase di lavorazione.

Lo stampo rotazionale, data la sua particolarità di stampaggio, può indurre a dei problemi durante la fusione. Alcuni problemi derivano dalla lavorazione all'interno dello stampo e ai vincoli d'estrazione del materiale o all'imperfetta aderenza di questo alla sagoma della matrice.



Dall'immagine 27 si rileva un'imperfezione relativa all'estrazione dello stampo, in cui parte del materiale plastico, in fase di stampaggio, ha subito una fusione all'interno della linea di giunzione.

Figura 27: deformazione del pezzo plastico in fase di stampaggio.

Fonte: Manuale dello stampista, R. Suzzani

Ulteriori problematiche che sorgono nella fase di rotazione dello stampo sono raffigurate nelle immagini seguenti. Si notano le mancate aderenze alle pareti dello stampo, dovute, probabilmente, a delle problematiche di temperatura, in fase di stampaggio o a dei ritiri del materiale durante

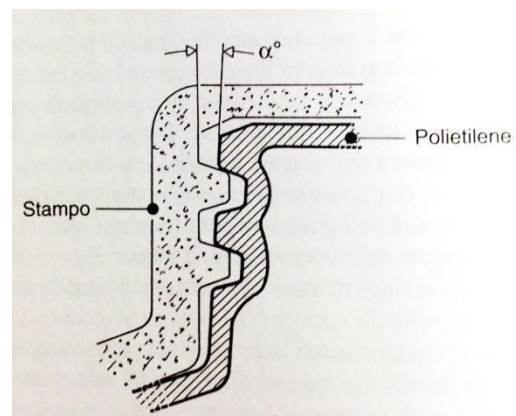


Figura 28: conicità del pezzo plastico in fase di stampaggio.

Fonte: Manuale dello stampista, R. Suzzani

il raffreddamento. Tali errori vengono chiamati "conicità" o "filettature". La filettatura è caratterizzata da un vuoto che si forma specialmente nelle zone ad angolo dello stampo.

Stampi per termoformatura

Gli stampi per termoformatura producono pezzi plastici grazie al rammollimento della plastica ad alte temperature e alla simultanea formatura a pressione. Anche in questo processo vi sono matrice e punzone, chiamati comunemente, stampo negativo e stampo positivo. L'interesse verso questa tipologia di stampi è relativo, poiché destinato a lavorazioni

più grossolane e meno precise. Ad ogni modo, anche tale tecnologia è molto funzionale per la lavorazione di determinati prodotti. Tali stampi sono molto più economici di quelli ad iniezione (categoria di riferimento).

Essi inoltre hanno la capacità di lavorare pezzi piuttosto importanti dal punto di vista della grandezza. L'economicità di questi manufatti sta anche nella capacità di poter lavorare grandi masse di materiale plastico.

Con questa tecnica si stampano numerosi pezzi plastici senza molta importanza estetica o prodotti di vario genere ed utilizzo come ad esempio le posate di plastica o bicchieri monouso.

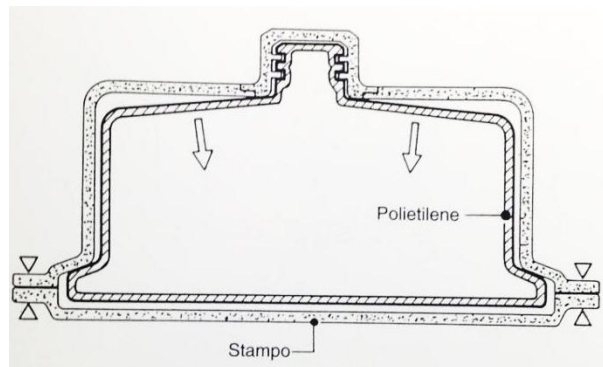


Figura 29: filettature del pezzo plastico in fase di stampaggio.

Fonte: Manuale dello stampista, R. Suzzani

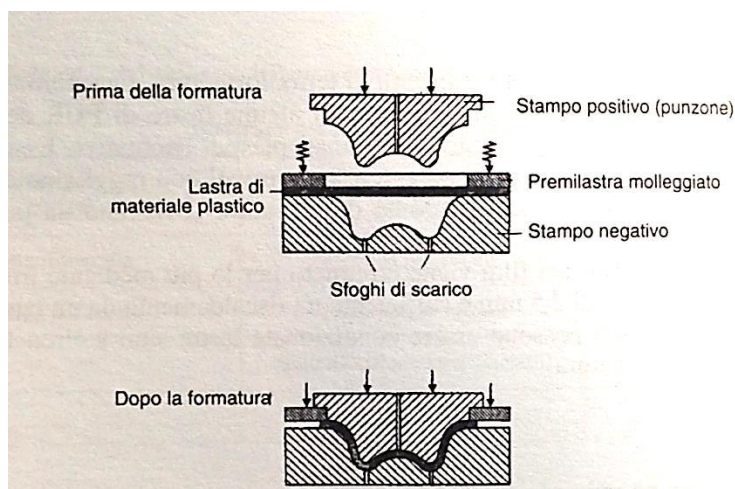


Figura 30: imbutitura con stampo positivo e negativo.

Fonte: Manuale delle materie plastiche, H. Saechtling

Il processo di deformazione inizia con l'inserimento di un film plastico sopra lo stampo negativo (matrice), tale da avere il vuoto sotto di se. Una volta posizionato il materiale,

il cambiamento avviene tramite imbutitura¹³ (fig. 30), che tramite la pressione spinge il materiale dentro la cavità, per poi fargli prendere la sagoma della matrice negativa.

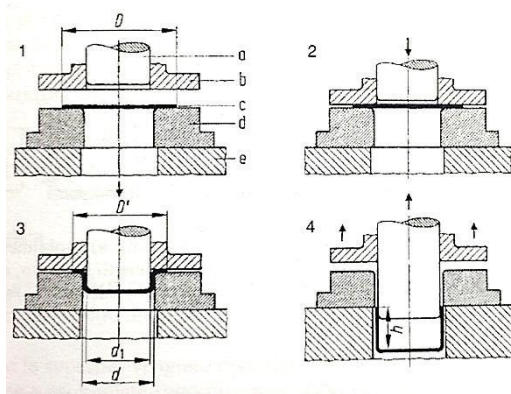


Figura 31: imbutitura con cilindro.

La produzione di tali stampi può essere effettuata con diversi materiali, a seconda dei pezzi richiesti. Per ristrette quantità di pezzi si possono utilizzare stampi in gesso, mentre per stampare grandi quantità di pezzi (fino a 10.000 all'ora), si utilizzano stampi d'alluminio. Il costo del singolo stampo per

Termoformatura è estremamente vantaggioso nel caso si impieghi tale tecnologia. *“Il costo di uno stampo può essere del 25% sino al 35% di quelli per lo stampaggio ad iniezione”*. (Saechting, 2010).

Particolarità degli stampi

Stampi multi-componente e multi-colore

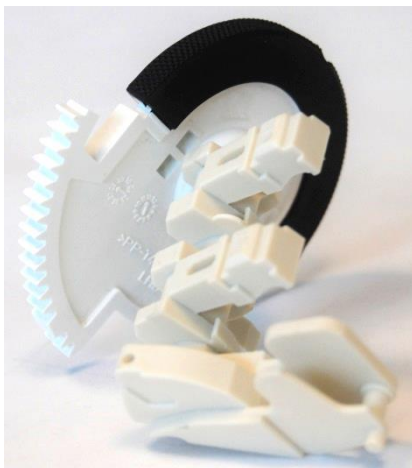


Figura 32: pezzo plastico bi-componente.
Fonte: Flextronics

Con la diffusione di prodotti più leggeri e dalle forme innovative, trova sempre più conferma ed importanza l'aspetto estetico di tali manufatti. Infatti le richieste, nel mondo stampista, riguardano, in forma crescente, la capacità di riprodurre stampi con la capacità di iniettare diverse gradazioni di colore e tipologie di materiale.

L'iniezione di multi materiale, come si osserva nella foto a sinistra, in fase di stampaggio può essere seguita in forme diverse e con varie tempistiche.

Vi sono alcune modalità che caratterizzano la fase

¹³ Tale processo trasforma può essere utilizzato per deformazione sia di materie plastiche che per altri materiali. .

produttiva.

I componenti iniettati solitamente sono: la plastica e la gomma. Come si vede nell'immagine l'intero pezzo è riproducibile con elevata estetica e diverso colore. Oramai sono molti i prodotti in commercio con materiali "soft touch", soprattutto nel settore medico e dell'elettronica di consumo. Si può avere l'iniezione dei differenti colori in maniera simultanea tramite differenti canali d'iniezione.



Figura 33: pezzo plastico bi-componente.
Fonte: Flextronics

Tale tecnica è possibile solo in forme piuttosto semplici, con poche complessità nel disegno, in ragione al fatto che la disgiunzione del materiale non può essere riprodotta in maniera fine e definita, poiché soggetta al flusso del materiale. Sicché i due materiali (prendendo ad esempio due colori) devono percorrere piccoli spazi dentro lo stampo e solidificare in tempi molto brevi.

È possibile eseguire l'iniezione dei diversi colori e materiali in altri diversi modi. Uno può essere tramite lo spostamento del prodotto plastico in posizioni differenti per poter introdurre il materiale/colore diverso. Questo porta ad una lentezza del processo, percorribile solamente per basse produzioni ed anche per questioni tecniche di perdita d'adesione del nuovo materiale nei confronti del "vecchio" già iniettato, già raffreddato. Un'ulteriore metodo proponibile è il cosiddetto *core-back*, utilizzato, in maniera diffusa, dalle aziende stampiste e di trasformazione. La maniera automatizzata del processo prevede l'arretramento di una particella dello stampo che separa due diverse cavità o figure, per liberare la colata dell'altro materiale. [Titolo]

Co-iniezione

Processo di estremo interesse e funzionalità, relativo all'iniezione di multi-materiale è senz'altro quella che viene chiamata comunemente *Co-injection*.

La co-iniezione prevede il contemporaneo stampaggio di materiali che all'interno dello stampo si compatteranno, formando una sorta di sandwich. La produzione di tali manufatti plastici è relativamente complessa dal punto di vista tecnico, ovvero prima

viene iniettata la parte che formerà lo strato esterno del pezzo, poi si passa al composto che formerà la parte interna, riempiendo così il pezzo.



Figura 34: pezzo industriale sviluppato con co-iniezione.
Fonte: Flextronics

Le immagini proposte, sono relative ad un particolare pezzo utilizzato nella costruzione di un prodotto di largo consumo. La particolarità si nota nello strato nero che forma con il corpo giallo (colore volutamente utilizzato per mettere in risalto la differenza) un “sandwich”. Tale tipicità produttiva interviene a vantaggio di diversi aspetti

economici e non.

Nell’esempio illustrato il primo aspetto rilevante sta nell’utilizzo di materiale riciclato per circa il 30%. Il composto nero iniettato deriva da rilavorazioni plastiche, rigenerato per ulteriori applicazioni. Nel suo complesso il pezzo, dunque, sarà prodotto in maniera più sostenibile. Inoltre, aspetto non trascurabile, esso potrà costare meno rispetto ad una produzione con materiale ex novo.



Figura 35: particolare co-iniettato.

Fonte: Flextronics

La tecnica d’iniezione sopra descritta è resa possibile anche grazie ad una tipologia di stampaggio particolare, lo **stampaggio a gas**.

“Nello stampaggio assistito a gas si ha una pelle esterna di polimero ed un interno cavo, ottenuto dall’azoto”. (Bertacchi, 2002).

Con tale tecnica si determina l’assistenza del gas in fase di pressione del materiale verso le pareti dello stampo, creando parti e cavità vuote disponibili per l’iniezione di ulteriore materiale (*co-iniezione a sandwich*), oppure risparmiando parte di materiale plastico da iniettare in pezzi e prodotti dalle grandi dimensioni.

Decorazione dello stampo - In Mold Labeling

Con il termine In Mold Labeling si intendono quelle decorazioni che si riscontrano nel prodotto plastico, le quali non appaiono in rilievo ma totalmente “mescolate” con lo stampo. Qui a destra vi è un immagine che raffigura due inserti automotive, nei quali si riscontra la definizione del particolare bianco avvolto nella plastica nera.

Quella definizione è la decorazione con diversi componenti o colori del prodotto stampato.



Decorazione IML

Figura 36: pezzo automotive prodotto con tecnica IML. Fonte: Flextronics

Tale processo avviene in fase di stampaggio con l’aggiunta di un foglio plastico dentro lo stampo. Durante il ciclo produttivo il materiale apposto sul particolare foglio si separa dal “film base” per unirsi ed uniformarsi con lo stampo. Questa tecnica è funzionale per completare con particolari finiture i prodotti estetici.

È possibile applicarla sia a manufatti lineari sia a quelli con superfici più complesse e curve. L’inserto aggiunto può allungarsi per ben oltre il 30% della sua dimensione in fase di “accoppiamento” con il materiale dentro lo stampo.

Rapid Tooling e Rapid Prototyping

Queste due tecniche di produzione rappresentano l’opportunità per molte imprese (specialmente nel settore degli stampi e della costruzione plastica) di poter far riferimento ad una serie di prototipi che maggiormente rappresentano l’evoluzione finale del prodotto progettato.

Ormai le aziende produttrici fanno leva su tali modelli prototipali per poter, fin da subito, studiare il design, le complessità produttive per poi farne dei veri e propri driver comunicativi definendo una reale dimensione e dimostrazione del prodotto finale.

Si sono così sviluppate numerose tecniche di prototipazione che hanno dato vita a svariati modelli.

La prototipazione rapida in questo campo è da tempo sviluppata ma, ancor' oggi, particolari modelli non possono essere sostituiti con i manufatti plastici prodotti con metodo stampista. Gli steps che distinguono queste tecniche sono:

- ✓ progettazione virtuale del prodotto;
- ✓ trasformazione delle matematiche in modello Stl;
- ✓ suddivisione del prodotto in strati sottili appartenenti alle coordinate x, y e z tali da essere i parametri successivi di produzione;
- ✓ produzione dei singoli strati tramite tecniche differenti, fino alla completa produzione del prodotto

Le tecniche utilizzate possono essere svariate, come ad esempio: la reticolazione di resine indurenti alla luce, la laminazione, lo spruzzamento di leganti, la fusione e gli strati di polveri ecc. Fra tutte la *sintetizzazione selettiva con laser* con poliammide sembra essere la tecnica che fra tutte, possa soddisfare parametri meccanici della stessa misura dei prodotti plastici prodotti con stampaggio ad iniezione. Nel settore della costruzione degli stampi, la prototipazione appare praticabile e funzionale quando l'azienda è posta a monte o a valle della filiera, ovvero in base alla proprietà della singola fase di lavorazione di un prodotto. Ciò significa che uno studio di progettazione è coinvolto nella prototipazione per poter apportare miglioramenti o avere un riscontro simultaneo delle matematiche di progettazione. Lo stesso si può dire con chi si posiziona in fondo alla catena del valore, cioè chi effettivamente dà vita al prodotto, chi utilizza i manufatti d'acciaio o alluminio (stampi) per produrre in serie il modello plastico. In questa fase, certamente, possono trovare impiego queste tecniche di prototipazione o produzione 3D.

Differente è invece la prospettiva di chi opera nella costruzione degli stampi, in quanto non può far fede a qualcosa di prototipale, ma può utilizzare degli stampi campione che fungono, anch'essi, da prototipi, prodotti per piccole serie e con materiali differenti.

Una forma di prototipazione utile, in ambito stampista, è sicuramente il *Rapid Tooling*, il metodo di costruzione di stampi ed impronte soprattutto per lo stampaggio ad iniezione.

I materiali utilizzati per tali prototipi possono essere:

- ❖ composti di silicone per lo stampaggio di pezzi prototipi, con tiratura massima che si aggira attorno ai 15 – 20 pezzi;
- ❖ resina epossidica o altre leghe leggere (magnesio, alluminio leggero) per produzione medio/alta di pezzi plastici.
- ❖ Gesso ed altri materiali ceramici.

Gli stampi in silicone raggiungono basse tirature proprio per la deformazione dell'impronta dovuta alle alte temperature. Così come le leghe leggere, ad esempio il magnesio, questi stampi richiedono costanti manutenzioni costituite da cicli di vita brevissimi (max 40 stampate) per tale motivo lo stampo costruito secondo queste materie non ha lunga durata ed è considerato solo in fase di prototipazione.

Capitolo 2:

COSTRUZIONE DELLO STAMPO: IMPLICAZIONI ECONOMICHE

Nel secondo capitolo evidenzio i vari passaggi della delicata e complessa costruzione di uno stampo per la produzione di pezzi termoplastici. Vengono affrontate le diverse fasi con esempi di costo, raffigurate in un esempio di preventivazione.

Propongo, inoltre, in un'ottica futura, alcune metodologie che si possano applicare a tale settore per riacquistare competitività e innovazione da parte dell'intero sistema.

La costruzione dello stampo

I materiali impiegati

I materiali per la costruzione dello stampo possono essere di diversa tipologia. La scelta del materiale per la costruzione dello stampo va fatta in base alle caratteristiche del prodotto da stampare. E' sottointeso che ogni processo di lavorazione, a seconda dei materiali utilizzati, detiene diverse criticità.

Tali criticità, in diverse forme, sono comuni in tutti i materiali adoperati. Esse possono essere in qualche modo classificate¹⁴:

- *l'usura del materiale*
- *l'erosione meccanica*
- *lo stress termico*
- *l'erosione per turbolenza*
- *l'adesione*

I vari corpi soggetti a lavorazione possono essere dai più resistenti ai più morbidi. Il loro utilizzo cambia a seconda degli obiettivi dello stampaggio. Di seguito si fornisce un breve elenco che va da quelli più resistenti a quelli meno resistenti.

- Acciai: speciali per lavorazione a freddo e lavorazione a caldo, per materie plastiche, rapidi.
- Leghe di alluminio
- Leghe leggere: magnesio
- Altri materiali: silicone, bronzo, ceramica ecc.

L'utilizzo degli acciai è molteplice specialmente nelle lavorazioni cosiddette "pesanti" ed "intensive". Questi materiali, grazie alla loro composizione e trattamento, rappresentano il vero motore dell'industria stampista. Ho eseguito alcune approfondite interviste con i responsabili di officine e laboratori di costruzione dalle quali si evince che i materiali utilizzati per la produzione seriale di prodotti plastici avviene quasi totalmente con l'acciaio e leghe di alluminio. *"Attualmente le lavorazioni degli stampi avvengono per l'80% con l'acciaio e per il restante 20% con l'alluminio"* (Cuzziol,

¹⁴ R.Suzzani. (2002). *Il manuale dello stampista*. Milano: Tecniche nuove

2013). Si parla sempre di percentuali che indicano il mercato nella complessità, a prescindere dal settore in cui sono inserite le aziende.

Dato l'intensivo utilizzo di acciaio ed alluminio, l'analisi si concentra su questi due materiali.

L'utilizzo dei diversi materiali, in ambito costruttivo, delinea in maniera chiara e netta la strategia commerciale degli imprenditori del settore, poiché una volta definito il materiale per la lavorazione degli stampi, si determinano strade e piani industriali totalmente differenti quasi da far pensare a due "prodotti" completamente differenti e al di fuori della stessa classe merceologica.

La ragione della marcata differenza, dal punto di vista strategico, consiste nella produttività dello stampo, primo aspetto di paragone, in cui si rileva la reale diversità dei manufatti:

- **Alluminio** = produzioni da 500 – 10.000 pezzi (max);
- **Acciaio** = produzioni > a 30.000 pezzi, fino a 300.000.

In ogni caso la durata dello stampo e, quindi dell'impronta, dipende da una serie di fattori messi tra loro in relazione¹⁵:

- *Pezzo (dimensioni, forma, materiale),*
- *Utensile (materiale, durezza, finitura, temperatura);*
- *Pressa da stampaggio (tempo di contatto),*
- *Processo di fabbricazione (regolarità di produzione, temperatura di fucinatura, formatura, raffreddamento, lubrificazione).*

La caratteristiche intrinseche dei materiali permettono la lavorazione di diverse materie, le quali possono comprendere i materiali ferrosi, non ferrosi (leghe di alluminio) e plastici. Appare evidente che l'importanza risieda anche nella conducibilità termica di

¹⁵ R.Suzzani. (2002). *Il manuale dello stampista*. Milano: Tecniche nuove

ogni materiale, poiché è fattore critico di ogni stampaggio. In base alla mia esperienza formativa maturata presso *Flextronics S.r.l.*, in relazione alle visite aziendali intercorse, il fattore d'interesse è sicuramente la costruzione di stampi per la trasformazione di materie plastiche.

Tra i due materiali elencati si può dire che l'alluminio ha maggiore conducibilità termica rispetto all'acciaio, ma può essere di minori dimensioni e peso. La scelta di uno dei due materiali non incide sulla qualità e definizione dell'output prodotto preso come esempio assoluto, ma grava sulla produttività che ogni singolo stampo assicura. Come si vede l'alluminio permette tirature molto limitate rispetto all'acciaio, vero "*panzer*" del settore, con stampate che possono raggiungere anche le 300.000 unità.

In ambito plastico, per la costruzione di matrici, punzoni e portastampi, vengono utilizzati vaste tipologie di acciai, ovvero:

Famiglie di prodotto	Marca Böhler	Caratteristiche principali	Impiego	Resistenza N/mm ²	Durezza dopo tempratura HRC
Acciai prebonificati Acciai pretrattati	M200	Elevate caratteristiche meccaniche senza trattamento termico Buona lavorabilità Buona lucidabilità Buona fotoincisività Buona elettroerodibilità	Stampi e portastampi di medie e grandi dimensioni per materie plastiche standard	~ 1000	~54
	M201				~54
	M238				~54
	M261				~40
Acciai resistenti alla corrosione	M300 Extra	Alta resistenza alla corrosione Buona resistenza Alta lucidabilità	Stampi e portastampi per materie plastiche corrosive	~1000	46-49
	M310 Isoplast				55-57
	M314 Extra				47-50
	N690				60-62
Acciai super resistenti all'usura e alla corrosione	M310 Isoplast	Altissima resistenza all'usura Altissima resistenza alla corrosione Alta resistenza a compressione Altissima lucidabilità Minime variazioni dimensionali dovute al trattamento termico	Stampi di elevata precisione e per materie plastiche altamente corrosive		> 56
	M310 Isomatrix prodotto con la metallurgia delle polveri				58-62
Acciai super resistenti all'usura	K190 Isomatrix prodotto con la metallurgia delle polveri	Altissima resistenza all'usura Altissima lucidabilità Alta resistenza a compressione Minime variazioni dimensionali dovute al trattamento termico	Stampi per tecnopolimeri caricati Cilindri e viti d'iniezione ed estrusione		65-67
Acciai temprabili a cuore	K110	Altissima tenacità Alta temprabilità Alta resistenza a flessione e compressione	Stampi Espulsori Bussole Guide Anelli	1200-1600	63-65
	K600				53-58
	W300				50-56

Figura 37: classificazione acciai materie plastiche. Fonte: Il Manuale dello stampo, R.Suzzani

I materiali utilizzati, invece, per la costruzione di stampi prototipali o a basse tirature possono essere: silicone, gesso, acciaio leggero, magnesio o altri materiali appartenenti alla categoria delle leghe leggere. Diverso potrebbe essere in futuro l'utilizzo del magnesio, quale interessante materiale per eventuali lavorazioni e costruzioni. Ciò che rende il magnesio interessante, è senz'altro la sua elevata presenza in termini di reperibilità e la sua facilità di lavorazione a cui si potrebbe prestare, data la sua "morbidezza" alla lavorazione a taglio. Lo svantaggio è dato dall'elevata infiammabilità e per la sua poca affidabilità nelle lavorazioni intensive. In futuro si potrà, in ogni caso, aumentare la sua applicazione in ambito meccanico sulla base di ricerche specifiche.

Nelle interviste effettuate nelle officine di lavorazione posso, certamente, affermare che, non vi è una strategia univoca, pur trattandosi di imprese relativamente vicine dal punto di vista geografico. L'una incentrata nella produzione e lavorazione di stampi rigorosamente d'acciaio, l'altra concentrata nel business stampista ma con lavorazioni di stampi d'alluminio.

Tutte e due le aziende *Flextronics S.r.l* e *Model Stampi* appaiono ferme nel proprio modo di interpretare questo importante mercato. La prima produttrice di grossi stampi per elevate quantità di pezzi plastici prodotti, l'altra di dimensioni più piccole, incentrata su un mercato che richiede tirature limitate.

"Da qualche anno abbiamo spostato l'attenzione sulla sola produzione di stampi in alluminio. Questo è stato fatto non solo per vantaggi economici, bensì per poter rispondere alle esigenze del mercato che appaiono in cambiamento" (Cuzziol, 2013). Ecco spiegata la motivazione che sta alla base della scelta dell'utilizzo dell'alluminio. L'alluminio permette, tirature limitate, il che presuppone produzioni di stampi in forma rapida e ripetuta nel tempo. Inoltre, le condizioni di mercato sono cambiate rispetto a decenni fa, quindi è sempre più difficile interpretare e prevedere quali siano le prospettive future. A detta dell'imprenditore, poter lavorare l'alluminio rende molto più flessibile la lavorazione dello stampo, implicando tempi minori di consegna, rapidità di reazione di fronte a nuove commesse e risparmio dal punto di vista economico. *"Il risparmio derivante dalla lavorazione di stampi in alluminio è quantificabile per circa ¼ rispetto alla lavorazione dell'acciaio. Tale cifra è riscontrabile in fase di stampaggio con riduzioni pari al 20% nell'apertura dello stampo (maggiore leggerezza), 20% nella*

fase di iniezione del materiale, 60% nella fase di raffreddamento.” Tutto ciò è sintetizzabile in alcuni secondi (circa 2-4 secondi) distribuiti nel ciclo di stampaggio di un singolo pezzo.” (Cuzziol, 2013)

A parità di produzioni e prendendo in esame uno stampo d'acciaio ed uno in alluminio, si possono avere dei vantaggi nella scelta del secondo materiale.

Scegliendo come unità di misura 1h lavorativa della pressa meccanica si hanno i seguenti vantaggi:

Singolo pezzo prodotto acciaio = 10” pezzi prodotti = 360

Singolo pezzo prodotto alluminio = 8” pezzi prodotti = 450

Ciò vuol dire che ogni 5 pezzi prodotti con stampo d'acciaio, ne vengono prodotti 6 con l'alluminio e quindi avremo una differenza di circa 110 pezzi all'ora.

Questo esempio di calcolo raffigura il risparmio che l'alluminio può portare a parità di produzione rispetto all'acciaio in fase di stampaggio, oltre alla maggior rapidità di lavorazione (circa $\frac{1}{4}$).

Principali fasi di lavorazione dello stampo

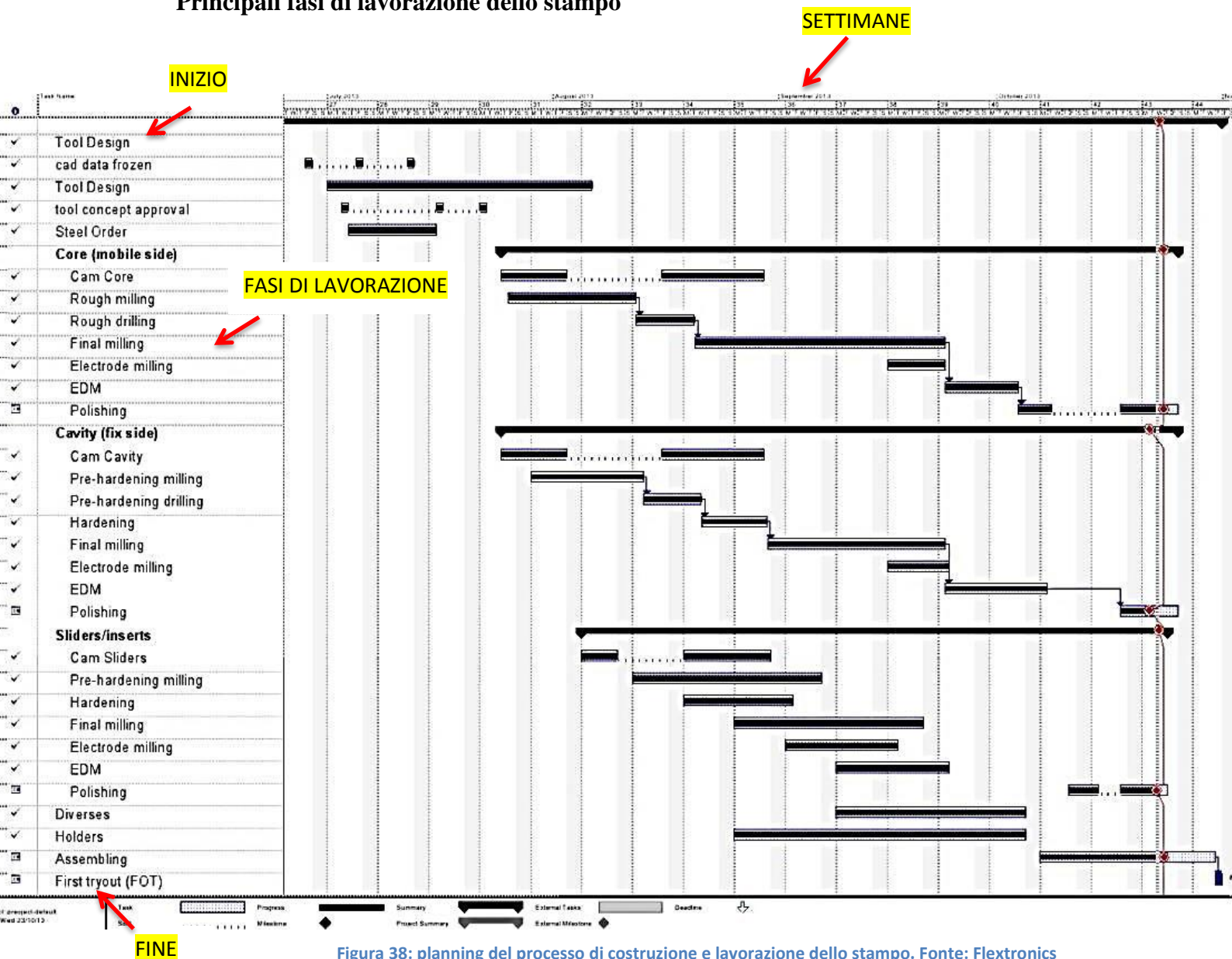


Figura 38: planning del processo di costruzione e lavorazione dello stampo. Fonte: Flextronics

La figura 39 descrive chiaramente qual è il flusso operativo da seguire per la lavorazione e la costruzione dello stampo, dalla progettazione e design fino alla prima prova stampo. La durata delle fasi sono espresse in settimane e si nota, dalle tempistiche di lavorazione, come fase dopo fase, il lavoro fluisce all'interno del processo di produzione.

La descrizione delle fasi produttive vuole essere un esempio dimostrativo di quale siano le principale attività di sviluppo, anche se non potrà essere abbastanza puntuale e precisa in tutte le sue specifiche e funzioni.

Inizialmente lo stampo viene approvato in seguito alla contrattazione tra committente ed impresa produttrice. Una volta accettato il progetto e relativi costi inizia la fase di **progettazione** in CAD 3D dell'oggetto in questione che determina le caratteristiche specifiche di lavorazione delle parti che compongono lo stampo. *“Il sistema CAD (Computer – Aided Design) consiste nell'utilizzo del computer per la progettazione ed il testing del prodotto. I rapidi progressi dell'informatica hanno consentito lo sviluppo di workstation per la grafica a prestazioni elevate e con pezzi sempre più contenuti [...]. Questi strumenti permettono di realizzare immagini tridimensionale in movimento del prodotto nella realtà virtuale. (Schilling, 2009)*

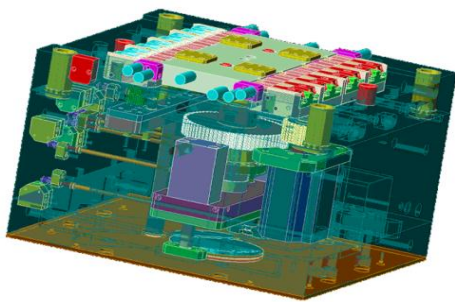


Figura 40: esempio design di uno stampo

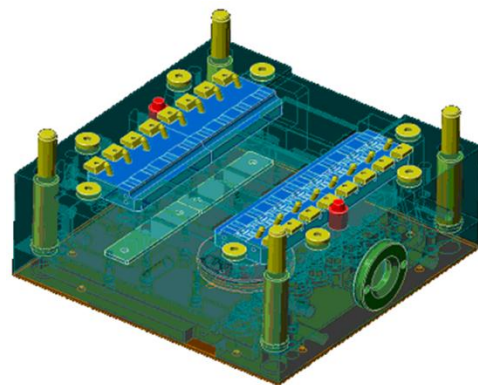


Figura 39: esempio design di uno stampo

Si procede poi con la programmazione CAM (*Computer-Aided Manufacturing*) che permette la programmazione per il funzionamento delle macchine che tratteranno il manufatto. *“La progettazione CAM consiste, nell'introduzione di processi automatizzati nella fase di produzione. L'impegno di strumenti CAM rende la produzione più veloce e flessibile [...] (Schilling, 2009).*

All'interno della fase di progettazione vengono studiati tutti i parametri di design da rispettare tramite l'utilizzo di software (*Visi Design, Visi Modeling Visi Mould*), le criticità in fase di lavorazione e lo studio virtuale del flusso d'iniezione nello stampo.

Altro aspetto positivo della progettazione è la fase di *Mold Flow*, importante per poter rilevare la reazione del materiale in fase di stampaggio, valutando le tempistiche di raffreddamento e di flusso del materiale.

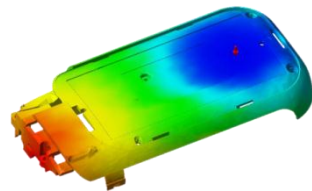


Figura 41: esempio mold flow

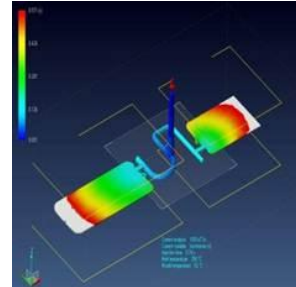


Figura 42: esempio mold flow

Nella fase di studio del design è importante l'apporto del *Simultaneous Engineering*, ovvero chiamato comunemente Co-design, in cui il committente e l'azienda collaborano per trovare la soluzione migliore da apportare al manufatto in progetto. Questa modalità molto utilizzata dalle imprese per fornire servizi aggiuntivi al cliente e migliorare realmente l'esecuzione del manufatto, *“con il Simultaneous Engineering abbiamo potuto migliorare la produzione di uno stampo, portandola ad un tempo di ciclo di 63 secondi, contro i 73 richiesti dal cliente e con un incremento d'output di circa 232 pezzi per giorno”* (Zamuner, 2013). Oltre a tale vantaggio in termini di produttività e tempistiche, il co-design risolve problemi di progettazione e composizione di singoli elementi. La soluzione può essere altamente estetica, grazie all'utilizzo di materiali diversi e la diminuzione di parti da assemblare. *“Il cliente aveva chiesto 9 parti singole da assemblare in un unico prodotto e noi come soluzione abbiamo proposto un pezzo composto da sole 4 parti con l'aggiunta di gomma per migliorare l'estetica”* (Zamuner, 2013).

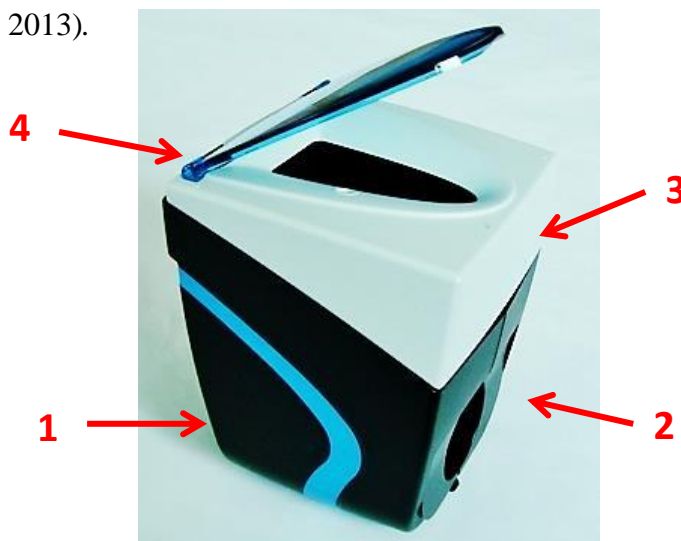


Figura 43: esempio prodotto industriale sviluppato con co-design.

Fonte: Flextronics

Come si evince dall'immagine 43, la fase di progettazione è realmente importante per poi poter sviluppare il processo di lavorazione dello stampo.

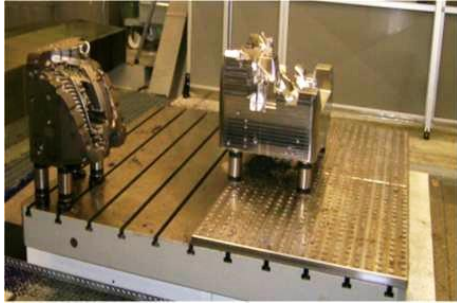


Figura 44: stampo d'acciaio temprato.

Fonte: Flextronics

Il processo continua **nell'acquisto dell'acciaio** in lingotti che più si avvicinano al prodotto finito, quindi si effettua una prima sfaccettatura per permettere di bloccare i fissaggi per una rapido staffaggio in macchina in termini di qualità. Successivamente si effettua una prima **sgrossatura**, poiché acquistando il materiale al grezzo, le dimensioni saranno sempre maggiorate rispetto al blocco di lavorazione. A questo punto

si valuta se il pezzo in lavorazione deve essere soggetto a trattamento termico in base all'applicazione e all'utilizzo che si dovrà fare di questo. Per produzioni elevate, l'acciaio andrà temprato, mentre per stampaggi più contenuti basta acquistare l'acciaio bonificato.

Una volta temprato l'acciaio passa le diverse fasi di lavorazione che sono:

- **Fresatura**
- **Foratura**
- **Erosione**

Le operazioni di sgrossatura e fresatura sono importanti, poiché inizializzano il manufatto, asportando trucioli metallici dal blocco integrale sotto forma di taglio. Queste importanti operazioni vengono effettuate tramite macchinari ad elevata potenza e lavorazione.

Blocco d'acciaio



Figura 45: macchina per lavorazione dell'acciaio.

Fonte: Flextronics

Il flusso di lavorazione prosegue con la foratura, fase in cui si apportando modifiche al manufatto per la costruzione dei circuiti di raffreddamento e con la fase d'**erosione**, che può essere a **filo** o a **tuffo** per l'asportazione del materiale in forme dettagliate per seguire determinate geometrie che con altri macchinari non posso eseguire.

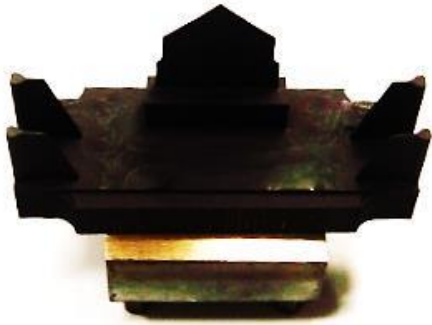


Figura 46: elettrodo in grafite.

Fonte: Flextronics



Figura 47: elettroerosione.

Fonte: Flextronics



Figura 48: erosione a filo.

Fonte: Flextronics

L'oggetto nella foto sulla sinistra (fig. 46) è un elettrodo, il quale viene impiegato principalmente nell'erosione dell'acciaio e dell'alluminio. Esso è utilizzato nella fase di elettroerosione (fig. 47), attività in cui vengono lavorati in acqua parti di manufatti per l'asportazione precisa di materiale.

Ulteriore lavorazione particolare è l'erosione a filo (fig. 48), che permette una precisa definizione del materiale, attraverso il passaggio di un filo ben oleato, tramite piccole cavità nel manufatto.

Tutte e due le lavorazioni di erosione brevemente descritte, lavorano tramite scariche elettriche che, grazie alla loro intensità, asportano il materiale.

Terminate queste fasi, si procede con la finitura del pezzo metallico, procedendo con le lavorazioni degli utensili che andranno assemblati allo stampo. Le operazioni cosiddette di finitura lavorano sul dettaglio e sono effettuate da molteplici macchine che svolgono operazioni differenti. Una volta terminata la finitura, il pezzo e i suoi componenti

vengono controllati in una **sala metrologica** che esegue il controllo dimensionale. Successivamente al controllo, il pezzo è pronto per essere assemblato nelle sue diverse forme. Questo è denominato “operazione di banco” in cui esperti operai eseguono l’assiemaggio dello stampo interno, svolgendo una sorta di valutazione della qualità del prodotto in termini di dimensione, funzionalità e scorrimento di componenti. Questa fase può riscontrare anomalie e criticità da dissipare prima di effettuare le prime prove stampo che coincidono con il completamento del pezzo.

Esempi di preventivazione stampo

Nella fase di preventivazione stampo, in base a quanto riportato dal libro di Giorgio Bertacchi, “*Il manuale dello stampo progettato*”, le tecniche utilizzate appartengono ai metodi attuati nel settore stampista¹⁶:

- *Costo + ritorno sugli investimenti*
- *Costo orario macchina*
- *Fattori di costo*

Negli esempi seguenti il fattore di costo determinerà il metodo di preventivazione dello stampo.

<i>Stampo per Lente a 1 + 1 cavità</i>		
<i>Fasi di lavorazione</i>	<i>Ore di lavorazione</i>	<i>ore fase / totale</i>
<i>Progettazione</i>	400	10%
<i>Modellazione</i>	120	3%
<i>Programmazione Cam</i>	560	14%
<i>Fresatura</i>	1920	48%

¹⁶ Bertacchi G. (2002), “*Il manuale dello stampo progettato*”. Milano: Tecniche nuove.

<i>Erosione a filo</i>	120	2%	
<i>Erosione a tuffo</i>	360	9%	
<i>Assemblaggio</i>	400	10%	
<i>Lucidatura</i>	120	3%	Costi
<i>Totale ore lavorazione</i>	4000	68%	215.300,00
<i>Totale Materiali</i> <i>(acciai + trattamento termico / normalizzati)</i>		31%	99.700,00 €
<i>Costo totale stampo</i>			315.000,00 €

Tabella 2: esempio preventivazione stampo Automotive. Fonte: Flextronics

Viene proposto un esempio di preventivazione di uno stampo per il segmento *Automotive*. Lo stampo prodotto è relativo alla creazione di un pezzo plastico: *Lente anteriore Automobile*. Questo breve esempio illustrativo dimostra la complessità di lavorazione dello stampo, in termini di “*ore fase*”. L’esempio preso in considerazione ammonta a 4000 ore di lavorazione complessive, “traducendosi” in circa 5/6 mesi di costruzione dello stampo. Il processo produttivo, come spiegato in precedenza, comprende particolari fasi di lavorazione, le quali incidono sul totale monte ore, nonché sul prezzo finale. La fase di maggior impatto sul computo totale e nella costruzione del manufatto, senza dubbio, è la **fresatura**. Come visto in precedenza, le lavorazioni tramite fresa sono complesse e dispendiose dal punto di vista orario, poiché, a seconda del pezzo progettato, si deve lavorare l’acciaio o l’alluminio per le operazioni di grossatura e finitura. Queste fasi si implementano grazie a macchine utensili di estrema importanza e complessità.

“La reale innovazione in ambito stampista non è tanto l’automazione dell’intero processo produttivo e diminuzione del contributo umano, ma, al contrario, è l’applicazione dei più avanzati macchinari nella lavorazione del manufatto” (Cuzziol, 2013).



Figura 49: macchinario per la lavorazione dell'alluminio.

Fonte: Model Stampi

Quanto detto dal responsabile dell’officina *Model Stampi* evidenzia la peculiarità della massiccia lavorazione

del materiale in progetto, messa a punto da potenti macchinari. Ecco il perché vi è un chiaro “assorbimento” di ore in queste fasi. I tecnici e i responsabili, chiaramente, intuiscono tali criticità del processo e intervengono investendo nel vero senso della parola, per migliorare, abbreviare ed ottimizzare i trattamenti dei materiali. L’immagine (fig.49) è una macchina che lavora l’alluminio, la cui velocità riduce i tempi di lavorazione ed aumenta la produttività. La macchina in oggetto, permette un risparmio di energia e non solo; grazie alla meccanica di ultima generazione, gli assi operano tramite forza magnetica, il che significa che si riducono drasticamente le eventuali rotture, i tempi e i costi di manutenzione e le relative pause che implicano la mancata messa in opera del macchinario.

Tabella 3: esempio 2, preventivazione stampo acciaio

Analisi economica commessa stampo				
Descrizione	h. Macchina	h. Uomo	Costo	% su Tot.
Progettazione	538,5	538,5	27.309,66	13,43%
Prg. CAM fresa	424	424	18.462,76	9,08%
Prg. CAM filo	4,5	4,5	212,8	0,10%
Fresatura	1.395,5	569	58.500,98	28,78%
Erosione filo	32,5	4,5	887,93	0,43%
Erosione tuffo	433,5	102	12.291,12	6,04%
Assemblaggio	374,5	374,5	18.255,13	8,98%
Tot. Rep Interni	3203	2017	135.920,39	66,87%
Tot. Materiali	0	0	48.214,67	23,72%
Camera calda	0	0	3.000	1,47%
Mold Flow	0	0	3.000	1,47%
Prove stampo	12	12	995,28	0,49%
Tot. Varie	12	12	6.995,28	3,44%
Tot. fuori programma	0	0	0	0
Lucidatura esterna.	107,53	0	5.000	2,46%
Saldatura laser	0	0	818,40	0,40%
Trattamenti termici	0	0	6303,86	3,10%
Tot. gruppi est.	107,53	0	12.122,26	5,96%
Tot. ore indirette di commessa	0	0	0	0
Tot. commessa	3.310,53	2.017	203.252,60	

La diversità dei materiali per la costruzione dello stampo

Materiale	Flessibilità	Vantaggi	Svantaggi
Acciaio	Bassa	<ul style="list-style-type: none"> • Produttività • Peso (fase stampaggio) • Affidabilità / Definizione 	<ul style="list-style-type: none"> • Costo • Tempo lavorazione • Peso
Alluminio	Medio/Alta	<ul style="list-style-type: none"> • Morbidezza • Peso • Costo • Tempo lavorazione 	<ul style="list-style-type: none"> • Usura • Manutenzione • Peso (fase stampaggio)
Silicone	Alta	<ul style="list-style-type: none"> • Flessibilità • Prototipazione • Economicità • Costo 	<ul style="list-style-type: none"> • Ripetizione • Usura • Durata • Definizione

Alluminio

Questo materiale è da sempre utilizzato e pensato per la costruzione di stampi aventi tiratura limitata o per il solo uso prototipale.

A dire il vero, da tempo, in alcuni Paesi come Stati Uniti e Germania, si è cercato di aumentare la funzionalità e la durata di tali manufatti in alluminio. Il motivo deriva principalmente per la migliore attitudine alla lavorazione dell'alluminio rispetto all'acciaio (molto più duro). Con tale materiale si possono ridurre, di gran lunga, i tempi di flusso del blocco grezzo nel ciclo produttivo. Nello specifico le fasi ad elevata intensità di lavoro come quelle di fresatura, risultano più corte e veloci. *“Utilizzando la stessa macchina a controllo numerico e gli stessi utensili, si possono usare velocità di fresature triple rispetto a quelle consentite usando blocchi d'acciaio”*. (R.Suzzani, 2002). A conferma di quanto detto, R. Suzzani individua nell'alluminio un materiale con elevate potenzialità. Intervistando il responsabile officina *Model Stampi*, come già specificato in precedenza, ha dichiarato di aver indirizzato la rotta del business

aziendale, in maniera sostenuta, verso la sola costruzione e vendita di stampi in alluminio. Questo oltre a poter aprire mercati come quelli degli *stampi rapidi*, presuppone una maggiore economicità produttiva sul fronte dei tempi e dei costi di lavorazione.

Le ragioni degli ulteriori vantaggi, oltre alla morbidezza dell'alluminio che facilita fresatura e tempo di lavorazione, risiedono nel peso e nella conducibilità termica che caratterizza tale materiale. Esso è elemento di estrema importanza, per elevati quantitativi produttivi gioca un ruolo fondamentale in fase di stampaggio. Come riportato da un'intervista del Sig. Cuzziol Franco (*Model Stampi*), il tempo d'apertura e chiusura dello stampo in pressa determina un sostanziale vantaggio dell'alluminio rispetto all'acciaio; ragion per cui si giustifica un aumento di *output* prodotto ogni stampata della pressa cui monta uno stampo d'alluminio anziché d'acciaio. *“Nel caso di grandi volumi è evidente la maggior facilità che si riscontra nel posizionamento dello stampo e la maggiore velocità che si può utilizzare nell'aprire e chiudere lo stesso, date le minori inerzie in gioco”* (R.Suzzani, 2002). Si può dunque approssimare una cifra che descrive il vantaggio dell'alluminio per tirature medio/basse: ogni stampata con stampo d'alluminio è tradotta con un vantaggio del 20% sul pezzo prodotto con stampo d'acciaio.

Dunque, l'acciaio risponde ad esigenze di flessibilità poiché è possibile produrre stampi per 200/300 stampate fino a 30.000/50.000. Alcuni manuali si spingono fino a 300.000/500.000 ma non le giudico veritiere per il fatto che tale materiale è facilmente usurabile dopo medie produzioni. Inoltre questo materiale permette di dimezzare i tempi di attesa da parte dei committenti, grazie al risparmio netto delle tempistiche di costruzione. Mai come in questi tempi la velocità di risposta al mercato, sempre più instabile e difficilmente prevedibile, è chiaramente un aspetto che porta ad avere un vantaggio competitivo rispetto ad altri fornitori. La “gestione del tempo” è risorsa critica e cruciale nel mercato di fornitura, tale da essere considerato un “asset strategico immateriale”.

D'altro canto, oltre ad aspetti positivi, vi sono anche aspetti negativi che interessano questa categoria. Un' aspetto negativo può essere inteso come la “limitata” tiratura della produzione totale di manufatti plastici. Questo certamente dipende dalle esigenze che

intervengono dopo la ricezione di una commessa. A fronte delle centinaia di migliaia, se non milioni, di copie producibili con elementi in acciaio, l'alluminio può assicurarne molto meno. Si può dire che, chi produce stampi in alluminio, si posiziona all'interno di un segmento di mercato che mette già per certo la quantità di prodotti richiesti ed in misura ridotta rispetto a prodotti seriali derivanti da stampi in acciaio. Quindi questo può essere un aspetto negativo ma non influisce come variabile negativa, ogni qualvolta si ricevono commesse da parte dei clienti.

L'aspetto che può influenzare e restringere il campo d'applicazione di stampi d'alluminio può essere, senz'altro, il suo peso in fase di stampaggio. Il peso dunque può assumere caratteristiche positive ma anche negative a seconda della visione del processo produttivo. Ciò vuol dire che esistono prodotti che richiedono pressioni elevate in fase d'iniezione del materiale plastico, implicando quindi pesi e strutture massicce del manufatto metallico. L'alluminio non potrà mai raggiungere pressioni elevate come quelle assicurate dall'acciaio. Questo aspetto influenza le tipologie di materiale utilizzato per l'iniezione e le tipologie di prodotti riproducibili.

Ulteriore aspetto che differenzia l'alluminio dall'alternativa dell'acciaio è caratterizzato dall'usura e relativa manutenzione. Essendo un metallo più "morbido", è di conseguenza più esposto a usure e manutenzioni nel ciclo di stampaggio. Usure che possono portare a rilavorazioni o sistemazioni del manufatto, le quali possono implicare dispendi economici e mancati avviamenti del ciclo produttivo.

Acciaio

L'acciaio è l'elemento fondamentale nella costruzione stampi. Il mercato di tali manufatti si suddivide circa in questa maniera: 80% stampi d'acciaio e 20% stampi d'alluminio. La ragione della diffusione dell'acciaio sta evidentemente nell'enorme quantità e serialità di prodotti plastici richiesti. L'acciaio, come detto, assicura un'elevata produzione di prodotti che gli stampi in alluminio non possono assicurare. Vengono utilizzati per produzione che investono un po' tutti i settori ad alta intensità di particolari plastici: automotive, industriale e medicale. Laddove vi sia il bisogno di forniture milionarie di pezzi, l'acciaio le può certificare con estrema prontezza.

Il netto vantaggio rispetto a tutti gli altri materiali e mezzi di produzione sta proprio in tale concetto produttivo, la ripetibilità del singolo pezzo. A fronte dell'ingente esborso economico che si può presentare nell'acquisto di uno stampo d'acciaio, questo è facilmente ammortizzabile in un'elevata quantità di pezzi stampati. Dunque la "facilità" produttiva è l'elemento principe del vantaggio di tale metallo rispetto ad altri.

L'elevata affidabilità che tali stampi assumono in ambito stampista induce le officine e i laboratori medio/grandi a focalizzarsi nella loro costruzione

Silicone

Lo stampo in silicone è il modello più adatto per il rapid tooling o ancor meglio soft tooling, potendo stampare dai 5 ai 50 pezzi circa con materiali diversi. Gli stampi cosiddetti in resina siliconica permettono una maggiore flessibilità rispetto ai metalli come l'acciaio o l'alluminio, contando su tempi di lavorazione molto più veloci e lotti produttivi molto bassi.

Come si evidenzia nella tabella comparativa, i vantaggi in termini di economicità e flessibilità si controbilanciano con gli svantaggi riscontrabili per quanto riguarda la ripetibilità delle stampate e la manutenzione del manufatto siliconico.

Ovviamente l'utilizzo di tali stampi è orientato solamente per le produzioni prototipo, in modo tale da valutare la fattibilità di prodotti futuri, avendo realmente un pezzo finito sul quale poter approfondire determinate analisi.

L'interessante utilizzo degli stampi in silicone si unisce all'applicazione del prototipo creato in 3D, replicando in forma indiretta il pezzo necessario. Come si potrà vedere nelle tecniche additive, la Stereolitografia permette di riprodurre un pezzo plastico in poche ore e applicarlo all'interno di un contenitore, atto ad essere riempito di materiale siliconico. In tal modo il silicone raffreddato prende la forma del pezzo interno, il quale sarà oggetto di riproduzione prototipale tramite lo stampo creato.

Materie plastiche per lo stampaggio

Tra le diverse categorie di materie plastiche ci sono quelle che racchiudono la maggior parte dei polimeri utilizzati nello stampaggio plastico, e sono:

1. Termoplastiche
2. Termoindurenti

Termoplastiche

Le materie termoplastiche è il gruppo di polimeri più conosciuto, grazie al suo diffuso utilizzo nei prodotti che incontriamo nella vita quotidiana. Si tratta di polimeri plastici che, ad alte temperature sotto pressioni elevate, fondono, diventando così malleabili potendo dare una forma all'oggetto da produrre. Una volta raffreddati si induriscono mantenendo una buona resistenza e forma applicata. È possibile poter modificare la forma di un prodotto termoplastico attraverso il calore, ovvero fondendo nuovamente il pezzo ed imprimendogli sagome differenti.

Termoindurenti

Un'altra tipologia di materie plastiche è la categoria dei termoindurenti, diversa da quella precedentemente descritta, poiché rappresenta delle differenze sostanziali in termini caratteristiche intrinseche, una volta terminato il processo di fusione. Ciò che accomuna le categorie Termoindurenti e Termoplastici è la lavorazione, che avviene sempre tramite fusione e successivo rammollimento. I materiali Termoindurenti raffreddano per effetto della reticolazione tridimensionale ed una volta giunti a completo raffreddamento, essi non possono più essere rilavorati come può accadere per i materiali Termoplastici. Questo chiaramente può essere un limite anche in vista dei possibili scarti da poter rilavorare, ma d'altra parte vi sono dei vantaggi che si manifestano attraverso¹⁷:

- *Elevata stabilità termica*
- *Elevata rigidità*
- *Elevata stampabilità dimensionale*
- *Resistenza al creep e dalla deformazione sotto carico*

¹⁷ <http://w3.uniroma1.it/pasquali/page2/page9/page10/files/04-02.pdf>

- *Basso peso*
- *Elevate proprietà di isolamento elettrico e termico*

Tecniche ed innovazioni nello stampaggio

Concept Moulds Project

Considerando le complessità che si incontrano nella costruzione dello stampo, è sempre più utile prevedere al meglio eventuali aspetti critici relativi al manufatto metallico. Legato a tale complessità, vi è in prima istanza il costo che queste inficiano nella lavorazione e quindi nella composizione del costo finale.

Per tali ragioni, si stanno sviluppando metodologie di progettazione che mirano a contenere le innumerevoli variabilità che uno stampo presenta e quindi il costo complessivo dello stesso.

Una tecnica indicata è il *Concept Mould Project*¹⁸ (fig.50), ovvero un *concept* di stampi che vuole essere sempre più standardizzata per poter personalizzare lo stampaggio a seconda delle richieste dei clienti.

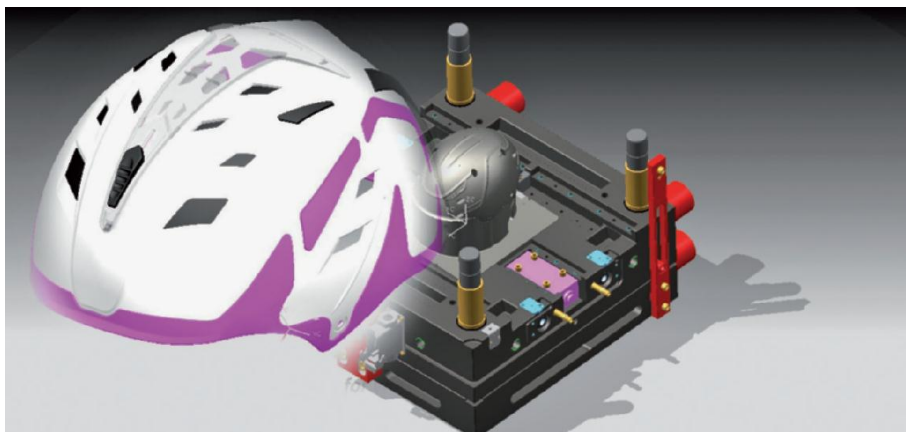


Figura 50: concept mould project di stampi per lo stampaggio di caschi.

Fonte: <http://www.clickthegear.it/dallidea-di-concept-mould-project-alloggetto/>

¹⁸ Da qui in poi si utilizzerà anche l'acronimo C.M.P.

Questo nuova prospettiva di pensiero è stata sviluppata dall'azienda *Zanola s.r.l.* avente sede in provincia di Brescia. *“In un momento di crisi economica che ha colpito il mercato negli ultimi anni, la Zanola s.r.l. si è data da fare per giocare nuove carte a favore della competitività”* (Guaglione, 2013). Tale metodo descritto è stato applicato alla progettazione e relativo stampaggio di prodotti per la sicurezza dell'uomo: i caschi.

Il plurale, utilizzato per il termine *“caschi”*, è riferito sia all'elevata numerosità dei pezzi prodotti, ma anche e soprattutto, per la produzione di elementi per la sicurezza utilizzati in modalità differenti. Più semplicemente, lo stampo ideato con metodo C.M.P. può essere sviluppato per la fabbricazione di caschi da sci, ma anche caschi per ciclisti, per pattinatori freestyle (roller) e addirittura per skater. Questa è un'utilissima tecnologia creata per essere impiegata nello stampaggio di prodotti affini.

Grazie a questa alternativa di progettazione, è così possibile venir incontro sempre più alle esigenze del cliente, soddisfacendo *“personalizzazione”*¹⁹ e tempi di consegna.

“Questa nuova tecnologia consente al committente di produrre una nuova taglia o un nuovo modello, sostituendo solo i componenti dello stampo che sono interessati al cambiamento; tali componenti, essendo anch'essi standard, hanno un costo prestabilito vantaggioso e riducono drasticamente i tempi di cambio versione e/o taglia”. (Guaglione, 2013).

¹⁹ Con il termine personalizzazione si intende, il punto d'incontro tra richieste del committente e vincoli del produttore riferiti ad un intero lotto produttivo e non solo per alcuni pezzi.

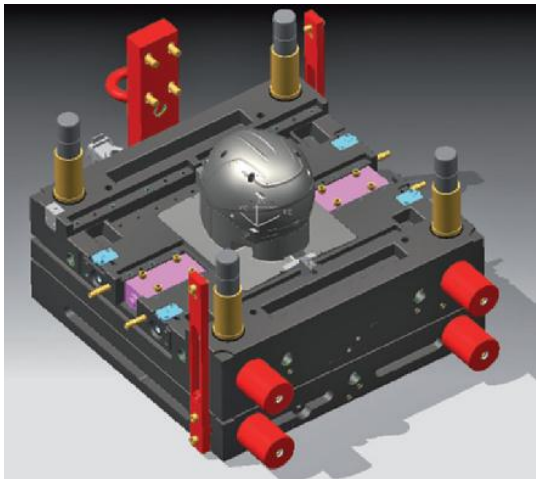


Figura 52: punzone stampo "C.M.P."

Fonte: <http://www.clickthegear.it/dallidea-di-concept-mould-project-alloggetto/>

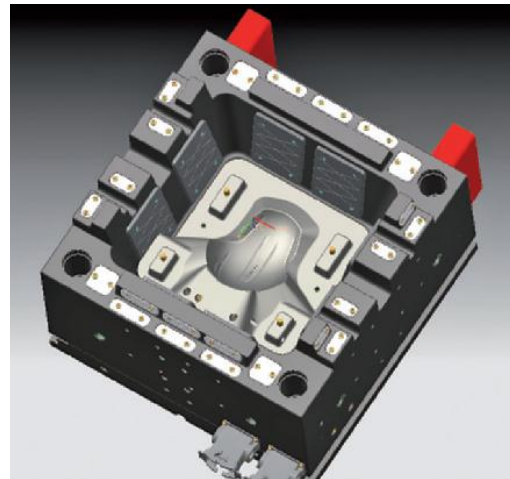


Figura 51: matrice stampo "C.M.P."

Fonte: <http://www.clickthegear.it/dallidea-di-concept-mould-project-alloggetto/>

La modularità creata per tale tipologia di stampaggio permette quindi di poter pensare diverse varietà di caschi con differenti particolarità, date le crescenti esigenze estetiche, che spingono a ripensare sempre più il design del prodotto ed in tempi sempre più ristretti. Grazie a ciò è possibile poter progettare di volta in volta i re-styling dei prodotti in progetto. *“Il mercato richiede estetiche sempre più estreme, feritoie, aeratori particolari; ovviamente queste cose comportano una complicazione nello stampo”* (Guaglione, 2013).

Oltre ai vantaggi estetici descritti, vi sono ulteriori aspetti positivi nella composizione materiale, rendendo più compatto possibile il manufatto e riducendo criticità nella movimentazione in fase di stampaggio.

Caldo-freddo nello stampaggio ad iniezione.

In ambito di stampaggio, vi sono determinati sviluppi sui modi e metodologie da applicare a tale processo, per cercare maggiore stabilità di performance in termini qualitativi, in cui clienti ormai richiedono sempre più.

Uno dei sistemi utili per apportare vantaggi, attualmente sembra essere il sistema **caldo-freddo**. L'innovazione si inserisce appunto in fase di stampaggio ad iniezione, nel quale il flusso del materiale polimerico dentro lo stampo subisce differenti stressature. Il

sistema caldo-freddo interviene regolando la temperatura in fase di iniezione del materiale, modificandola a seconda della fase del processo. In particolare, si porta l'acqua ad una temperatura di 170° in fase di iniezione, mantenendo costante la temperatura dello stampo, a 90° in fase di raffreddamento. In tal modo lo stampo si adegua a tali temperature, facilitando il flusso e lo stampaggio del materiale, evitando criticità comuni che si manifestano nella produzione di questi manufatti plastici. *“Il progetto mette in evidenza come una gestione ben controllata completamente dei flussi di iniezione del materiale, consenta di evitare molti classici inconvenienti: linee di giunzione, risucchi ecc.”* (Ariete, 2013)

Vantaggio significativo viene tratto da quei materiali nei quali si rilevano criticità in fase di stampaggio, come possono essere l'acrilonitrile-butadiene-stirene (ABS). Inoltre si evidenziano vantaggi in termini di risparmio del tempo di ciclo.

Il nuovo concetto di sistema-stampo.

La galoppante crisi economica intervenuta da qualche anno a questa parte, non ha risparmiato nemmeno un settore che pareva essere più o meno al sicuro rispetto ad altri, spingendo molte attrezzature e laboratori alla chiusura.

Oggi, nella seconda metà del 2013, dopo momenti burrascosi, pare che qualcosa stia tornando alla normalità. In ogni caso, come la risacca di un'onda modifica ciò che passa sotto la sua forza, la crisi ha lasciato tracce ed aspetti tutt'altro che trascurabili. Lo scenario oggi si presenta piuttosto modificato, in cui Cina, India, Turchia ed altri Paesi in forte e costante sviluppo impongono cambiamenti dal punto di vista dell'offerta da parte di chi, fino a qualche anno fa, era competitivo grazie “solo” al proprio know how maturato fino a quel tempo. La qualità dello stampo, intesa come valore assoluto non può più bastare, è anzi sempre più estremizzata. *“Quanti oggi giorno acquistano uno stampo, difficilmente si accontentano del manufatto in se e per se”* (Carminati, 2013). Appare dunque capire come essere competitivi in una situazione così destrutturata, in cui le frontiere di fornitura sono divenute globali.

La ragione per cui tale paragrafo è inserito nelle innovazioni riferite a questo settore, sta nel fatto che vi deve essere una visione innovativa di affrontare la competitività con i

Paesi stranieri. L'innovazione, in questo caso, non coglie più aspetti tecnici da migliorare ma, al contrario, sviluppa strategie più astratte ma di rilevante importanza per il futuro del comparto.

Ciò che si prospetta e che si richiede oramai allo stampista, è quello di essere inserito in un sistema in cui la qualità non si rilevi solamente nel prodotto tangibile, ma nell'intero processo di progettazione, di lavorazione e di validazione. Il "vero significato dello stampo attuale è, nelle parole di Marco Buzzi²⁰, "quello di una attrezzatura tale da rispondere a caratteristiche precise di qualità di prodotto ma anche di processo". (Carminati, 2013).



Figura 53: i nuovi parametri di "qualità" che lo stampo deve possedere.

Fonte: Stampi, costruzione e progettazione, edizione Ottobre.

Dunque appare evidente il nuovo concetto di qualità, termine che oggi racchiude una moltitudine di principi e standard che le aziende devono saper gestire, in quanto mai posseduti o rimasti latenti fin da prima. Il vero cambiamento sta nella capacità di andar oltre a quanto richiesto e fruito fino ad ora, sapendo arricchire le proprie conoscenze, funzionalità, competenze tali da poterle rintracciare in un processo vero e proprio. "Grazie alla diffusione della tecnologia di lavorazione, l'acquirente non appare più

²⁰ Impiegato presso Valeo, con ruolo di Mould Engineering Manager.

interessato a come viene costruito lo stampo, ma al contrario, l'analisi del committente si è spostata sulle capacità di analisi del processo in fase di progetto (saper calcolare/leggere/interpretare un moldflow, conoscere le peculiarità delle materie prime), pianificazione ed avanzamento dei lavori". (Carminati, 2013). Quanto detto è ciò che oramai il cliente si attende, poiché aggiunge Marco Buzzi, *"la consegna dello stampo insieme alla scheda di stampaggio e processo non è più essenziale per fare business"* (Carminati, 2013). In altri termini lo stampista deve essere capace e competente in tutta la filiera, sapendo che il processo interviene per una data produzione. Tali capacità è sempre più difficile rintracciarle in un'unica impresa, tanto che appare sempre più utile l'organizzazione di queste attraverso una rete. La gestione del cliente può passare tramite una proficua rete di conoscenze, come risultato della collaborazione tra imprese.

La nuova sfida sta nel proporre il vero valore aggiunto condensato in una pluralità di aspetti e conoscenze incluse nel cosiddetto *"sistema – stampo"*, concetto in cui si custodiscono le chiavi di volta per interpretare rapidamente le richieste del mercato e continuare ad essere competitivi.

Capitolo 3:

IL DIGITAL MANUFACTURING: LO SVILUPPO DELL'INDUSTRIA MANIFATTURIERA

Questo capitolo descrive e segna la rottura con lo status produttivo fino ad ora visto. E' in atto una rivoluzione industriale: tramite il fiorire ed il diffondere di nuove tecnologie è possibile individuare schemi produttivi differenti da quelli del passato.

Il nuovo processo apre le porte ad una maggiore personalizzazione "di massa", potendo contare su tempistiche differenti e vantaggi dalle nuove tecnologie.

Il settore stampista, in particolare, vedrà da vicino il diffondersi di determinate tecniche, come ad esempio quelle riferite all'"additive manufacturing" che potrebbero insidiare parte del mercato dello stampaggio.

Gli elementi per una nuova rivoluzione industriale

Qualcosa sta cambiando, o meglio, qualcosa è già cambiato: grazie alla diffusione di tecnologie innovative ed alla loro comune confluenza, il palcoscenico produttivo/manifatturiero si sta lentamente modificando.

Oggi si parla di “Officina digitale”, “Officina del XXI secolo”²¹: lo sviluppo tecnologico che ha rivoluzionato l’idea del produrre e lavorare.

Si è dunque aperta una netta frattura tra ciò che si poteva produrre nel passato e ciò che è possibile costruire adesso. Il reale concetto sta nel comprendere come poter adattare ed integrare molte delle nuove tecnologie che stanno trasformando molti settori produttivi. Tutti questi elementi innovativi hanno spinto la nascita di movimenti che inglobano coloro i quali, dall’idea realizzano il prodotto stesso, anche in copia singola. I “Makers”, staccati da ogni istituzione economica, progettano e costruiscono loro ideazioni. Tutti possono diventare maker o geek.²²

Tale movimento ormai riconosciuto da più parti e da molti autori, da Chris Anderson (“*Makers, il ritorno dei produttori*”) per quanto riguarda il panorama americano, ma anche dal Professore Stefano Micelli (“*Futuro artigiano, l’innovazione nelle mani degli italiani*”), attento alle dinamiche entro i nostri confini.

Questo tema ha spinto la rinascita e la rivalutazione di figure importanti e care a molte economie globali. La nuova figura dell’artigiano digitale non si identifica nei vecchi paradigmi produttivi, piccoli e distanti da una rete internazionale, ma negli attori coinvolti nella nuova era industriale, influenzati dal web e dall’avvento delle nuove tecnologie.

Può apparire azzardato poter parlare di “nuova rivoluzione industriale”, ma effettivamente molto di nuovo si può riscontrare in tale cambiamento.

²¹ “L’Officina del XXI secolo” è il nuovo concetto espresso da Chris Anderson nella sua descrizione della nuova figura dell’artigiano, cui utilizza nuovi metodi produttivi e di trasformazione basati sull’applicazione della tecnologia digitale.

²² Termine che indica lo “smanettone”, ovvero quel soggetto con passione ed elevate competenze in un particolare settore, come ad esempio l’elettronica, che dall’hobby può farlo diventare un lavoro vero e proprio.

La personalizzazione non è più vista come limite alla redditività, ma come elemento fondamentale, così come difficilmente si potrà parlare di lotti produttivi, ma di *creazioni numerate*, data la limitata (talvolta) estensione della produzione. La nuova figura dunque non si ispira al “vecchio” stereotipo artigiano, ma a quello di un’entità capace e ricca di conoscenze, legata a comunità di rete ed in grado di essere flessibile ed orientata al palcoscenico globale²³.

Proprio per tale motivo, l’emblema del “Maker” assolve a tre diverse categorie²⁴:

1. persone che usano strumenti digitali desktop per creare progetti per nuovi prodotti e realizzare prototipi (“fai da te digitale”);
2. condividere i progetti e collaborare con gli altri in community online;
3. l’utilizzo di file di progetto standard che consente a chiunque di mandare i propri progetti ai service di produzione commerciale.

Dalle passate e quanto mai note rivoluzioni industriali, di origine inglese (applicazione meccanica nel settore tessile) ed americana (riproduzione massiva di elementi e copie standard di prodotto), si sta *materializzando* un nuovo orizzonte. E’ già in atto la rivoluzione industriale digitale che ci sta proiettando verso diverse prospettive, calcate fino ad ora. La terza rivoluzione industriale (fig. 54).



Figura 54: la terza rivoluzione industriale. Fonte: <http://www.economist.com/node/21553017>

²³ Micelli, S. (2011). *Futuro Artigiano. L’innovazione nelle mani degli italiani*. Marsilio Editore

²⁴ Anderson, C. (2013). *Makers. Il ritorno dei produttori*. Rizzoli Etas Editore

Ciò che potrebbe manifestarsi, è un cambiamento di prospettiva: sarà possibile un ritorno alla localizzazione e una diminuzione della delocalizzazione?

La domanda potrebbe avere diverse risposte.

Un ipotetico spunto di discussione, a carattere personale, può essere il peso sempre più consistente che le nuove tecnologie apporteranno alle produzioni. Risparmio di tempo, personalizzazione, robotica, web, assumeranno un valore aggiunto al singolo prodotto. I costi di trasporto incideranno negativamente con il passare del tempo così come l'industrializzazione dei Paesi in cui gran parte della produzione è oggi delocalizzata porterà ad un aumento dei costi e dei salari, riducendo il gap tra paese d'origine e quello di produzione. Si aprono in tal modo differenti scenari in cui possibili neo *start up*, dal carattere artigianale ma dai connotati tecnologici potrebbero spingere ad un ritorno della manifattura dentro i confini nazionali. *“Secondo Anderson, la prossima rivoluzione industriale sarà guidata da una generazione di piccole imprese a cavallo tra l'alta tecnologia e l'artigianato, capaci di fornire prodotti innovativi, altamente personalizzati, a scala limitata”* (Micelli, 2011). Anche il professor Micelli supporta la tesi “provocatoria” di Anderson, in cui le piccole imprese possano guidare lo sviluppo in una nuova epoca industriale, sostenendo però che questo nuovo concetto industriale potrà avere ancora carattere internazionale e non strettamente locale, sorretto ancora da aziende di grandi dimensioni che assicureranno economie di scala.

Un utile confronto si può fotografare tra **Cina** e **Stati Uniti**.

L'innovazione potrebbe giocare a favore della potenza americana, da sempre sviluppatrice di tecnologie.

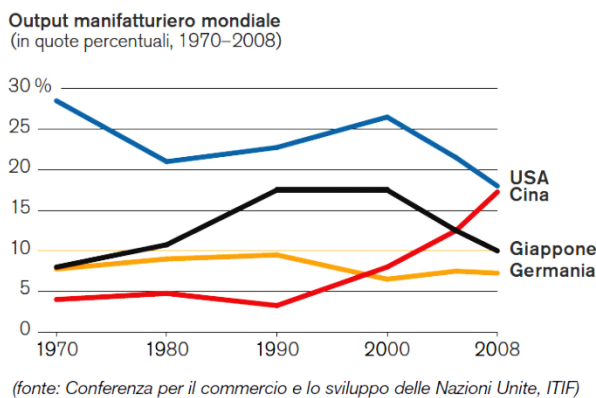


Figura 55: output manifatturiero mondiale.

Fonte: Technology Review MIT,
http://www.technologyreview.it/archivio/2_Mar-Apr_2012.pdf

I grafici proposti fotografano la situazione economica tra i due diversi colossi manifatturieri (fig. 55).

Come si vede dai grafici, appare sorprendente il netto calo produttivo del Paese a stelle e strisce, a favore dell'aumento della produzione cinese,

che nel 2008 ha eguagliato l'output statunitense. Per molto tempo è stata la prima potenza mondiale nella produzione dei manufatti, per poi finire alle spalle della Cina.

“Gli Stati Uniti ad oggi producono il 19,4% di manufatti su scala mondiale, contro i 19,8% della Cina. Gli Stati Uniti importano più di quanto esportano”. (Rotman, 2012).

Come nei primi capitoli è stato specificato, ciò che si sta modificando è legato anche allo sviluppo dei paesi come la Cina, in cui tra le varie ragioni, si registrano incrementi dei salari orari. Come si può vedere dalla figura 56, in 15

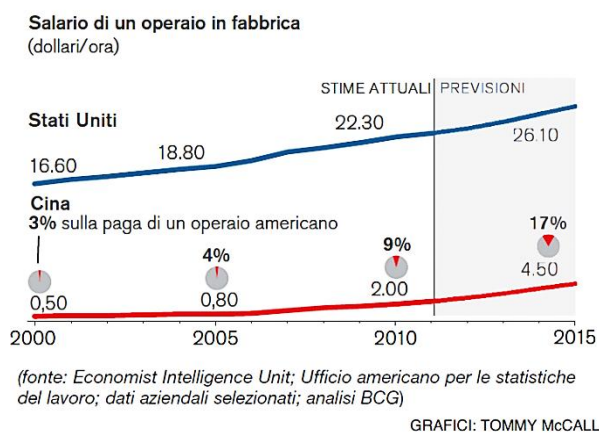


Figura 56: salario operaio in fabbrica.

Fonte: Technology Review, MIT, http://www.technologyreview.it/archivio/2_Mar-Apr_2012.pdf

anni, dal 2000 al 2015, l'impatto del salario orario di un operaio cinese subirà un incremento di circa 14 punti percentuali, passando dal 3% al 17% circa. Per questi motivi è anche possibile che le decisioni strategiche delle grandi aziende subiscano dei cambi di rotta, che unitamente allo sviluppo ed applicazione di nuove tecnologie potrebbero sconvolgere gli assetti produttivi fino ad oggi solcati. La tecnologia così come la robotica incideranno pesantemente sul vantaggio competitivo di ogni singolo prodotto, superando il peso gravoso dei costi che intervengono nella fase produttiva come quello della manodopera equiparandoli tra Oriente ed Occidente.

Questa nuova rivoluzione industriale del terzo millennio può rivelarsi travolgente non solo per i cambiamenti appena descritti, bensì per elementi innovativi che implicheranno cambiamenti produttivi: tempi di ciclo, personalizzazione e creatività.

La terza rivoluzione industriale: il Digital manufacturing.

Come afferma Neil Gerschenfeld, professore presso il M.I.T di Boston e titolare del corso *“How to Make Almost Anything”*, *“A new digital revolution is coming, this time*

in fabrication” (Gershenfeld, 2012)²⁵. Siamo già dentro ad una autentica rivoluzione industriale, stavolta all’interno della fabbricazione. L’attenzione non è più posta alle potenzialità dei bit, ma quanto essi influenzino il mondo reale e tangibile.

La nuova rivoluzione industriale, la terza, pone le basi per ulteriori confini produttivi e manifatturieri; ben oltre ciò che adesso alcune tecnologie stanno manifestando.

Gershenfeld, in un estratto del documento “*How to Make Almost Anything*” pone alla luce i cambiamenti intervenuti con l’impatto digitale. La digitalizzazione consente di comandare tramite computer oggetti che fino ad oggi necessitavano dell’input umano, come ad esempio la macchina da cucire computerizzata. Un utile e piccolo esempio proposto dal Workshop formativo tenutosi a Milano il 25/26 Ottobre 2013, può essere illustrato prendendo in esame lo sviluppo dei servizi bancari, passando dallo sportello al bancomat e da questo all’Internet Banking. Ciò che è stato fatto dal settore bancario in generale, è quanto fatto da altri attori del mercato. Non è stato così per alcuni, come la famosa azienda Kodak, finendo ai margini del mercato perché non ha saputo interpretare il contesto e ristrutturarsi secondo l’ottica digitale.

Attualmente ci troviamo in una contingenza in cui molte tecnologie ad elevato potenziale confluiscono attorno alla figura dell’artigiano digitale. Processi, macchine a CNC, sistemi informatici stanno cambiando il concetto di fabbrica, passando dalla produzione di massa alla personalizzazione²⁶.

Le radici della rivoluzione risalgono addirittura al 1952, quando i ricercatori del M.I.T. collegarono il primo computer ad una fresa, creando la prima macchina a controllo numerico. Il computer permetteva di progettare e costruire componenti con forme più complesse rispetto a quelle soggette a lavorazione umana. Da allora ne seguì un’applicazione costante su tutti i sistemi di taglio, inserendo nel tempo il laser come strumento per queste macchine, creando i famosi *laser cutter*. Ad oggi quasi tutte le macchine a controllo numerico toccano i prodotti commerciali. Ciò che però nel passato non si poteva creare con tali macchine, era la riproduzione della struttura interna a corpo unico di un prodotto. Ecco che la rivoluzione industriale ha portato alla ribalta anche la

²⁵How to Make Almost Anything, <http://cba.mit.edu/docs/papers/12.09.FA.pdf>

²⁶ Manufacturing: The third industrial revolution | The Economist

stampa 3D. L'origine di tale tecnologia risale agli anni '80, dalle prime rudimentali stampanti per la prototipizzazione rapida. All'epoca solo qualche materiale plastico poteva essere adoperato e in modalità del tutto ristrette (stereolitografia); attualmente la disponibilità di materiali e modalità di riproduzione si è allargata potendo fare affidamento anche su materiali come il metallo, bronzo e ceramica.

Le epoche passate hanno visto l'affermarsi di modelli di business sempre differenti, sospinti da rivoluzioni industriali che ne cambiavano i connotati. Ciò che differenzia la terza rivoluzione industriale dalla prima e seconda, è la democratizzazione della produzione, secondo cui un designer può diventare imprenditore nello stesso istante. Le classi imprenditoriali sorte con la prima e seconda rivoluzione, precludevano la gloria dei soggetti che volevano addentrarsi nel mondo industriale in quanto, le troppe barriere all'entrata respingevano molti innovatori. “ *I grandi inventori e uomini d'affari della Prima Rivoluzione Industriale, come James Watt e Matthew Boulton che si guadagnarono la fama con il motore a vapore, erano non solo intelligenti, ma anche privilegiati, nati nella classe dominante o abbastanza fortunati da attrarre l'attenzione di qualche membro d'elite. Da allora in poi, nella maggior parte dei casi, imprenditorialità ha significato avviare una drogheria all'angolo o qualche altro modesto business locale*”. (Anderson, 2013). Proprio tale citazione di Chris Anderson, sottolinea quale radicale cambiamento è intervenuto grazie alla digitalizzazione di oggetti fisici. Tali barriere tenderanno a non esistere più, liberando le redini dell'innovazione e creatività detenute nelle menti di qualsiasi soggetto, come lo era Fred Hauser, il nonno di Chris Anderson, sfegatato inventore. Il concetto di fabbrica sta cambiando: in cui Gutenberg democratizzò la conoscenza²⁷, oggi il web ha democratizzato l'innovazione nei bit²⁸, la digitalizzazione sta portando il computer a programmare qualsiasi produzione in tutto il mondo, liberando la manifattura dai soliti quattro muri ingrigiti delle fabbriche attuali. “ *Ora le aziende nascono nelle stanze dei dormitori universitari e diventano grandi prima che i fondatori si possano laureare, i computer amplificano il potenziale umano*”. (Anderson, 2013).

²⁷ <http://www.confindustriaroma.it/Public/Doc/le-nuove-frontiere-della-produzione-la-digital-fabrication.pdf>

²⁸ C. Anderson (2013). *Makers, il ritorno dei produttori*. Rizzoli - Etas

Nel grafico (fig. 57), è possibile notare come l'impatto sul PIL pro-capite delle rivoluzioni industriali sia stato differente tra la prima e l'attuale terza. Nel grafico si può proprio vedere come il *fabbing*²⁹ e quindi l'utilizzo del computer abbia aumentato il beneficio pro-capite in maniera esponenziale, riscontrando una crescita mai registrata nelle epoche e rivoluzioni passate.

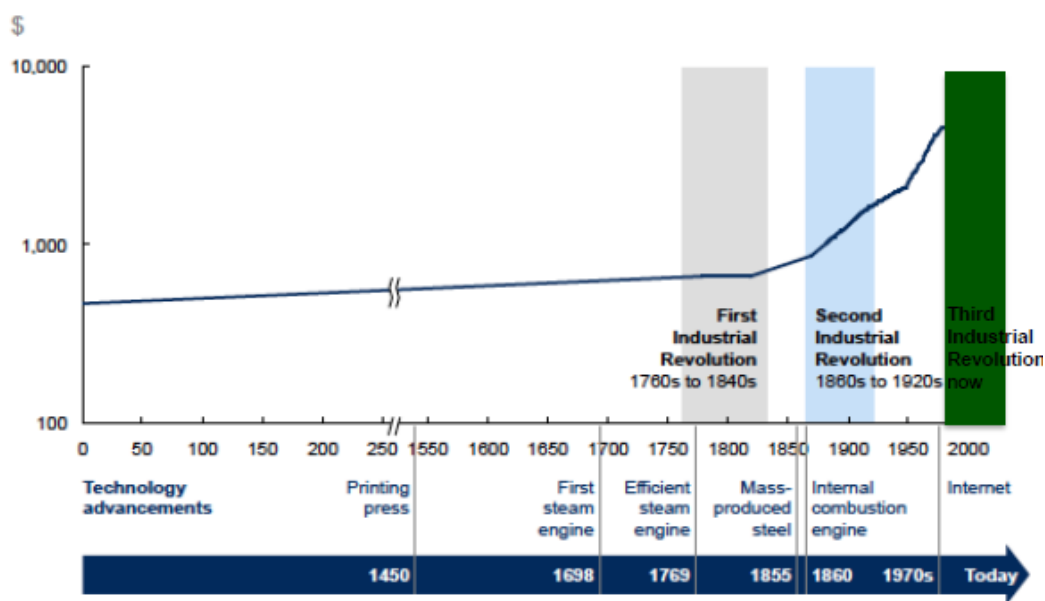


Figura 57: impatto dell'innovazione sul PIL pro-capite. Fonte: Angus Maddison, "Statistics on world population" 2008 - Università degli studi di Brescia, Centro di ricerca in Supply Chain e Service Management.

Proseguendo nella descrizione della rivoluzione digitale, concetto fondamentale espresso da più autori è l'orientamento alla condivisione, verso il pianeta "Open", ovvero la disponibilità di conoscenze e strumenti diffusi nel tessuto sociale-industriale, tali da creare le potenzialità per coltivare autonomamente la creatività ed innovazione. Cory Doctorow per l'appunto sosteneva che: "*Making in short, is not about making, is about sharing*" (Doctorow)³⁰, ecco che il pensiero del "condividere" è chiaramente instillato negli autori che sostengono la diffusione di ciò che si può produrre in epoca digitale. Appaiono dunque essenziali le scelte dei grandi player mondiali in ottica di condivisione, proponendo al mercato software open-source come 123D di Autodesk o Sketchup di Google. La nuova era digitale ha portato una ventata di innovazioni, le

²⁹ Altro termine per indicare la rivoluzione digitale

³⁰ <http://www.confindustriaroma.it/Public/Doc/le-nuove-frontiere-della-produzione-la-digital-fabrication.pdf>

quali a più soggetti sono risultate del tutto nuove e ad altri hanno suscitato la completa affermazione, come nel caso delle stampanti 3D.

Nel complesso questa nuova ottica industriale ha coinvolto una serie di tecnologie ed ambiti che hanno segnato il passo con i vecchi paradigmi produttivi.

Di seguito è utile poter raggruppare quali tecnologie e campi siano stati soggetti a questo nuovo scenario.

L'Università di Brescia nella sezione centro di ricerca su Supply Chain e Service Management, ha pubblicato un interessante report in cui queste tecnologie sono elencate, proponendo un esempio per ciascuna innovazione.



CON RIFERIMENTO A QUALI TECNOLOGIE

Qualche esempio...



Additive Manufacturing

Processo di realizzazione di prodotti per aggiunta di strati di materiale e non per asportazione

GE Aviation



Internet delle Cose

Connessione di oggetti e di cose alla rete di Internet con la quale scambiano informazioni e dati

**Rolls Royce
CAT**



Realtà Aumentata

Aggiunta e sovrapposizione di informazioni sulla realtà circostante per una maggiore comprensione della stessa

Boeing



Realtà Virtuale

Creazione di un mondo virtuale nel quale l'utente si trova completamente immerso e distaccato dalla realtà

**Balfour Beatty
Rail**



Intelligenza artificiale (sistemi esperti e robotica)

Realizzazione di robot e macchine più sofisticate e avanzate in grado di comunicare con l'uomo in modo diretto e naturale, con tempi di programmazione ridotti e di apprendere dal mondo circostante

Google



Nanotecnologie e materiali avanzati

Manipolazione della materiale a livello atomico per realizzare materiali con proprietà fisico/chimiche ottimizzate

Aston Martin

The Digital Manufacturing Revolution (©) - Centro di ricerca SCSM - Università di Brescia

Figura 58: tecnologie riferite alla terza rivoluzione industriale.

Fonte: Università degli studi di Brescia, Centro di ricerca in Supply Chain e Service Management.

Da questa interessante immagine si denota ancora quanto si debba apprendere rispetto alla moltitudine di tecnologie in fase di lancio e di sviluppo e come queste potranno contribuire alla causa dell'uomo per progredire nel tempo. Nel prossimo capitolo descriverò l'additive manufacturing, contrapponendola a quanto detto e descritto nei primi due capitoli: lo stampaggio tradizionale.

L'officina del XXI secolo di Chris Anderson

L'illuminato Neil Gerschenfeld, ed il curioso Chris Anderson, grazie ai loro veri e propri laboratori tecnologici, attrezzati delle più avanzate e particolari innovazioni a carattere digitale, hanno dato l'input alla diffusione di tali tecniche digitali nel mercato e nelle mani di ulteriori makers e creativi inventori.

Le nuove officine e i Fab-Lab, hanno potuto identificare ed elencare quali strumentazioni hanno avuto il pass per poter arredare i locali dei nuovi artigiani digitali.

Chris Anderson ha proposto una breve lista di quali siano le innovazioni in cui si riscontra l'impatto della nuova era digitale, fornendo un'illustrazione completa per chiunque intendesse approfondire ed intercettare il nuovo paradigma dell'artigiano digitale. Si elencheranno le più importanti innovazioni soggette alla rivoluzione digitale, prendendo spunto, nella fattispecie, dallo "scantinato tecnologico" di proprietà di Chris Anderson, in modo da rendere l'idea ai più di quale possa essere un laboratorio innovativo e come poterlo costruire.

La cosiddetta officina del XXI secolo ha al suo interno determinate tecnologie:

- Software di modellazione 3D,
- Scanner 3D,
- Stampanti 3D,
- Fresatrici a controllo numerico (CNC),
- Laser cutting o taglio laser,
- Kit di elettronica.

Qui di seguito si daranno delle brevi descrizioni per ogni tecnologie e/o conoscenze sopracitate; inoltre verrà consigliato una o più tipologie in commercio, per dare un punto di riferimento.

I software di modellazione CAD 2D - 3D

Il primo passo da affrontare nell'era digitale è, senza alcun dubbio, aumentare la dimestichezza con i software di disegno digitale. Questi programmi sono fondamentali per poter implementare e sviluppare il design digitale, tanto da poter scegliere quello più adatto alle esigenze personali.

Esistono programmi “free” come Google Sketchup, semplice da apprendere e altri programmi per usi più professionali, come Solidworks ed AutoCAD orientati per i futuri architetti ed ingegneri.

La distinzione essenziale da effettuare è la diversa dimensione sulla quale poter lavorare, ovvero progettare in 2D e 3D. Le macchine a controllo numerico, come laser cutter, necessitano di un'immagine bidimensionale, poiché è come se questi strumenti lavorassero come delle forbici su un foglio di carta. Tali disegni sono facilmente progettabili, potendo utilizzare programmi vettoriali come quelli del pacchetto Adobe, nel caso Illustrator oppure, il programma CorelDRAW.

I progetti ed i disegni creati su tali piattaforme di modellazione fungono da “tracce”, ovvero ogni singola linea, curva o segmento verrà interpretata dalla macchina a controllo numerico, in tal caso il laser cutter, come un disegno da seguire dalla testina laser. L'utilizzo di questi strumenti è abbastanza semplice una volta maturato, una certa esperienza poiché, solitamente, vengono modellati pezzi standard da combinare con le figure richieste.

Discorso leggermente diverso va fatto per disegni e progetti destinati ad una modellazione o riproduzione 3D. E' il caso dell' “Additive o Subtractive Manufacturing” ovvero della stampa 3D o delle frese a CNC³¹ a tre assi. Per tali strumentazioni sarà necessario un adeguato programma di grafica tridimensionale.

³¹ Computer Numerical Control: macchina a controllo numerico

Il processo di creazione e di disegno è sostanzialmente lo stesso descritto in precedenza per le figure in 2D, tali da poter essere tagliate con il laser cutter: è senza dubbio necessario porre più attenzione semplicemente perché l'oggetto da poter stampare o fresare dovrà possedere il fatidico "piano z" ovvero quella dimensione che ne fornisce struttura verticale e non piatta come avverrebbe per una classica stampante a getto, la quale lavora sui due piani "x" ed "y".

Detto ciò, come le multinazionali dei cartoni animati utilizzano tali disegni per le future creazioni, il designer, o chiunque abbia la volontà di approcciare a tali strumentazioni, deve iniziare il proprio progetto dalle forme semplici, chiamate appositamente "primitive geometriche". Combinando tante forme quanto il progetto ne richiede, sarà possibile dar vita a qualsiasi disegno o creazione.

Software 2D suggeriti:

- **Proposta gratuita:** Inskape
- **Proposta a pagamento:** Adobe Illustrator

Software 3D suggeriti:

- **Proposta gratuita:** Google Sketchup, Autodesk 123D, TinkerCAD
- **Proposta a pagamento:** Solidworks

Lo scanner 3D



Figura 59: scanner 3D. Fonte: <http://3dprinthq.com/the-importance-of-3d-scanners/>

Uno dei sistemi più innovativi e di recente concezione è senza dubbio lo scanner 3D (fig. 59). Questo strumento consente una rapida creazione di un oggetto già esistente, catturandolo tramite sistema digitale che fotografa e replica nella sua interezza l'oggetto fisico. Il funzionamento è, come per lo scanner, incorporato nelle stampanti di casa, i quali prima catturano e poi trasferiscono l'immagine in formato digitale sullo schermo del

nostro PC.

Questo strumento ancora richiede dei miglioramenti e, soprattutto, è ancora un po' troppo costoso per favorire una rapida diffusione. Il prezzo dello scanner è influenzato dai parametri qualitativi dello stesso, ovvero, velocità di cattura, qualità della scansione e molti altri aspetti. Il prezzo può partire da 350 - 400 € per le versioni low costs, da porre sulla scrivania di casa per intenderci, per arrivare anche sopra i 1500 - 2000 € per strumenti più avanzati.

Al di là del prezzo, la scansione 3D permette di ridurre le tempistiche di progettazione dal 20% all'80%, a seconda del progetto, riducendo errori e costi in fase di creazione virtuale. È risaputa la difficoltà di creazione ex-novo di un qualsiasi oggetto o modello, proprio per tale motivo l'adozione di uno scanner può rendere più efficace ed efficiente la progettazione, affidandosi alla sola modellazione ex-post tramite software CAD di un oggetto scannerizzato.

Per creazioni hobbistiche è anche consigliato poter fotografare con strumentazione digitale un oggetto in diverse angolazione e successivamente caricare tali immagini in un sistema come *Autodesk 123 Catch* per poter ricreare il prototipo tramite una moltitudine di puntini che ne determina l'immagine digitale. Un ulteriore sistema

“geek” può essere quello di usufruire e convertire il sensore *Kinect* concepito da Microsoft per la *Xbox 360*. Pensato per aumentare il piacere di ogni singolo utente, questo sensore è divenuto presto



KINECT™
for XBOX 360.

un economico scanner da poter utilizzare in casa. Ovviamente il popolo di utenti online, grazie ai blog e

Figura 60: sensore Kinect - Microsoft.

Fonte: <http://www.kentstrapper.com/usare-kinect-come-scanner-3d-fai-da-te-ecco-come/>

comunità virtuali, ha subito fornito indicazioni sull'uso e sui software anche gratuiti da adoperare per la conversione di questo strumento.

Gli scanner in commercio, come detto, saranno soggetti ad ulteriori migliorie nel corso degli anni poiché, per le strumentazioni “user-friendly” vi è ancora da lavorare in fase di modellazione.

Scanner 3D suggeriti:

- **Hardware proposti:** MakerBot 3D scanner. Per rifinitura dell'immagine si consiglia Meshlab.
- **Software proposti:** Free Autodesk 123D Catch

Le stampanti 3D

Le stampanti 3D appartengono a quella categoria di strumentazione digitale che più sta avendo riscontro e successo sul mercato. I primi prototipi hanno origine negli anni '80 del XIX secolo, ovvero circa 30 anni fa. È sempre stato il sistema di prototipizzazione rapida per eccellenza, permettendo ai bit di trasformarsi in atomi in qualche istante. Da quei tempi tale tecnologia ha subito cambiamenti, incorporando al suo interno diversi sistemi di riproduzione tridimensionale, che verranno approfonditi nel capitolo successivo.

Attualmente le stampanti 3D dividono il pensiero di molti interessati, ponendo il dilemma se si tratta di qualcosa da poter usare a livello amatoriale o se abbia connotati ben più fondati tali da poter promuovere un nuovo paradigma produttivo in un futuro prossimo.

A dire la verità è già possibile suddividere i diversi usi, potendo contare su un set di diverse tecnologie “additive”. A differenza dei sistemi sottrattivi, la stampa 3D riproduce fedelmente quanto creato da un software prima descritto. La tecnologia alla base è quella di riprodurre, strato dopo strato, un oggetto con materiali metallici o plastici. La tecnologia brevettata dalla multinazionale Stratasys è denominata FDM – Fuse Modeling Deposition ed è la tecnica forse più diffusa, grazie alla semplicità d'utilizzo, costi e dimensioni.

L'utilizzo delle stampanti 3D è sempre stato inteso come strumento per la prototipazione rapida in fase di studio del design, modellazione, struttura ed assemblaggio di un prodotto divenuto poi seriale attraverso sistemi produttivi convenzionali, come quelli descritti nei primi due capitoli. Certamente l'utilizzo continuerà anche in questo senso, ma da qualche anno a questa parte, la stampa 3D è

intesa anche come “manifattura diretta” tale da poter dar vita a singoli prodotti o in lotti limitati, altamente personalizzati. Questo nuovo e diverso uso fa di questa una delle tecnologie più in voga in questo momento, data la realizzabilità di ogni singolo progetto, purché avente dimensioni limitate. Sicuramente nei prossimi anni la tecnologia migliorerà come è migliorata dal punto di vista dei costi e dei prezzi finali e migliorerà grazie al diffuso utilizzo ed alla scadenza di alcuni brevetti, i quali daranno un’ ulteriore spinta propulsiva, tale da far triplicare lo stesso mercato, secondo indagini di mercato.

Ancor oggi, come detto in precedenza, la tecnologia più diffusa e atta ad essere utilizzata in un laboratorio creativo è, senza dubbio, l’FDM. Questo metodo prevede la deposizione di materiale polimerico su un piano d’appoggio, il quale contiene l’intero oggetto da stampare fino all’ultimo strato ad esso appartenente. La fusione del materiale avviene tramite ugello, il quale estrude il filamento plastico di differenti colori, avvolto in una bobina del peso di circa 1 kg, riposto a bordo della stampante 3D. I risultati non si avvicinano alla perfezione ma sono costituiti ancora da alcuni inestetismi da migliorare nel tempo. Le altre tecniche riproduttive diffuse sono: la sinterizzazione laser e la stereolitografia. Queste due tecniche vengono utilizzate maggiormente in ambito industriale, per la creazione di prototipi ma anche di prodotti finiti, come possono essere le famose *cover* per *smartphones*. E’ difficile poter suggerire un’unica stampante modello FDM poiché, da qui ad un anno, ne saranno prodotte diverse, migliorandosi giorno dopo giorno.

Stampanti 3D suggerite:

- **Kenstrapper Mendel Max:** stampante all’avanguardia, di concezione italiana prodotta dai fratelli Cantini per l’azienda Kenstrapper con sede in provincia di Firenze.

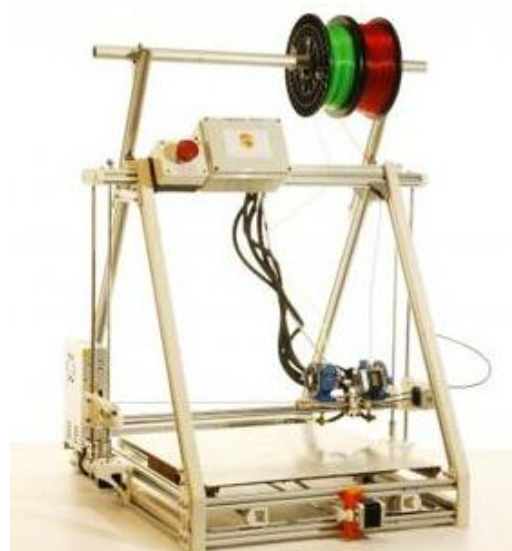


Figura 61: stampante FDM Kenstrapper.

Fonte:
<http://www.kenstrapper.com/prodotto/mendel-max/>

Il laser cutter

Il laser cutter appartiene alla tecnologia opposta rispetto alla stampa 3D, poiché, come detto, esso lavora sottraendo del materiale già presente in fogli o blocchi. Dunque è un funzionamento inverso ma non per questo di diversa efficacia, poiché esso, come sarà spiegato in seguito, opera con estrema precisione dimensionale ed assolve a lavorazioni nelle quali è richiesta finitura estetica e attenzione al dettaglio.

Come molti possono sapere, il laser cutter o taglio laser è stato, nel tempo, una strumentazione attribuibile al solo settore industriale, favorendo le aziende nella lavorazione dei materiali, contribuendo in precisione e velocità. Attualmente il proliferare di sistemi open source e l'abbassamento dei prezzi hanno concorso, con la sua diffusione, anche nei piccoli laboratori artigiani e negli scantinati di casa di qualche hobbista.

Il funzionamento del laser cutter è facilmente intuibile, esso taglia qualsiasi materiale, dalla plastica all'acciaio, tramite un fascio laser CO₂, il quale incide con precisione millimetrica il materiale. La traccia, per così dire, che il laser deve seguire è ovviamente data dal disegno CAD sviluppato al computer. Come detto in precedenza, il disegno è necessario che sia progettato tramite CAD 2D, poiché esso funziona come una forbice tagliando solo su un piano, da destra a sinistra, dall'alto in basso (asse x e y). Il laser lavora su una precisione millimetrica, ricreando progetti con estrema esattezza. I vantaggi di questa tecnologia sono riscontrabili nell'assenza di materiale di scarti come possono essere eventuali trucioli, mancanza di polveri derivanti da asportazione di materiale e maggiore qualità estetica superficiale.

Le soluzioni, momentaneamente in commercio, prevedono differenti tipologie di lavorazione e precisione. È possibile dire che le dimensioni dei profilati possono avere grande varianza, partendo da poche decine di millimetri e arrivando mediamente a dimensioni di circa 260 mm x 360 mm. Esistono anche lavorazioni ben più grandi, ma si fa riferimento all'industria siderurgica, la quale lavora pezzi d'acciaio o alluminio di grandi dimensioni.

Per usi domestici è sconsigliato l'utilizzo del taglio laser per materiali come plastica poiché, potrebbe emettere fumi nocivi se non dotati di un efficiente sistema di aspirazione.

Le soluzioni di seguito assolvono per un uso domestico e quindi non si fa riferimento ad usi industriali.

Laser cutter suggeriti:

- **Software proposto:** Autodesk 123D Make e ApS – Ethos
- **Service:** Vectorealism.com

Le frese a CNC

Le frese appartengono a quella categoria delle macchine a controllo numerico dette CNC. Al pari dei laser cutter esse fungono da tecnologia sottrattiva, ovvero levigano, smerigliano e asportano tutto ciò che non serve per la finitura del prodotto finito. Esattamente l'opposto per la tecnologia additive della stampa 3D.

La fresa o fresatrice a controllo numerico è una tecnologia più datata rispetto al taglio laser, la quale appartiene ai settori industriali ormai da qualche anno, ma sono più recenti quelle governate da computer, ovvero le cosiddette macchine a controllo numerico, completamente automatiche. In passato questa macchina utensile veniva adoperata solo manualmente e quindi incorporando i limiti umani, riscontrandoli nell'errore produttivo della stessa. La differenza esistente tra quest'ultima ed il laser cutter è la dimensione che essa lavora, ovvero rispetto all'utensile precedentemente descritto essa opera in tre dimensioni: x, y, z.

La fresatrice tramite un mandrino, un utensile provvisto di contorni taglienti, asporta qualsiasi tipologia di materiale senza intervenire sulla punta dello stesso, in quanto opera tramite erosione e non tramite foratura.

Queste macchine a controllo numerico sono costituite da 3 fino a 5 assi, vere e proprie superpotenze produttive, operando ai limiti della "fisica", arrivando ad una precisione di

0,001 millimetri (micron). Il vantaggio di operare con queste macchine è quello di non avere alcun limite dimensionale e di forma.

Queste attrezzature meccaniche vengono utilizzate perlopiù nell'industria stampista, nella quale la produzione e lavorazione degli stampi è demandata al funzionamento di questi utensili per migliaia di ore. Abbiamo visto come l'attività di fresatura nella costruzione di uno stampo impieghi dal 30% al 50% delle ore di produzione totale.

L'utilità di tali macchine non si scopre certo ora, ma l'automazione ed il controllo tramite computer sarà certamente il futuro che investirà tali macchine permettendo lavorazioni che prima d'ora l'uomo non poteva effettuare.



Figura 62: fresatrice a CNC ultima generazione.
Fonte: Flextronics

L'immagine in fig. 62, raffigura una fresatrice del 2012 con capacità di lavorazioni estreme per l'industria stampista. E' dotata di strumentazione all'avanguardia e auto-rotante per lavorare in tutti i lati. Il costo di una macchina utensile di queste dimensioni e caratteristiche sfiora il milione di euro.

Chiaramente si sta parlando di tecnologia all'avanguardia e non suggerimenti per chi dovesse avvicinarsi domani all'artigianato.

Vi sono soluzioni per il panorama hobbista che Chris Anderson ha consigliato nel suo libro.

Fresatrici suggerite:

- **Hobby:** My DIYCNC
- **Uso avanzato:** Shop Bot Desktop

Il kit di elettronica

Quest'ultimo paragrafo, a mio giudizio, è forse quello più futuristico ed innovativo, appartenente alla rivoluzione digitale.

Quando si parla di elettronica si pensa a qualcosa di difficile ed inarrivabile da comprendere ed utilizzare. Non è mai stato più semplice e facile di così.

L'input è stato dato dall'ormai conosciutissimo kit starter di Arduino, creazione di Massimo Banzi, grazie al quale le cose prendono vita; ecco la definizione "Internet delle cose". Gli oggetti fisici, grazie a questo kit di sensori ed attuatori, prendono vita e potranno assolvere ad operazioni mai viste, collegarsi con altri dispositivi, rimanere connessi ad internet, trasferire informazioni a più utenti.

Il paradiso della nuova elettronica cresce di giorno in giorno, scoprendo sempre nuove innovazioni. Arduino ha dato il "là" al nuovo aspetto di questa materia.

Attualmente, come riporta Chris Anderson, vi sono aziende che propongono eccellenti soluzioni e tutorial, nonché comunità virtuali che sostengono ed aiutano richieste degli utenti. Come sottoscrive lo stesso autore, il kit d'elettronica si completa con un utile multimetro e saldatore. Questo per uso artigianale ed hobbistico.

La portata innovativa degli oggetti intelligenti è e diverrà sempre più crescente, poiché solo l'1% o il 2% afferma di abitare ad esempio già in una casa con sistema di domotica integrato. La facilità e sicurezza di utilizzo di oggetti e strumenti futuri farà aumentare tempo e qualità della vita al singolo utilizzatore. Pensiamo alle sveglie che suonano prima al mattino avvisandoci che quel giorno, a quella determinata ora, la strada che ci porta al lavoro potrebbe essere congestionata dal traffico, consigliandoci di fare più in fretta per scampare intere mezz'ore ad imprecare sul volante. Ci aiuta.

Un'ulteriore invenzione può derivare dal tweet emesso dalla nostra pianta sul terrazzo di casa che necessita urgentemente d'acqua per sopravvivere. Oltre a questi casi pittoreschi vi sono già ulteriori innovazioni che hanno, da qualche anno, investito soprattutto le abitazioni. Le lampade intelligenti che possono accendersi o spegnersi a qualsiasi orario e a qualsiasi distanza: è già realtà. Di tali prodotti se ne parlerà sempre di più.

Riporto un esempio di un'azienda, da me conosciuta, con sede nella provincia di Treviso, la quale da soli 5 anni ha fondato il proprio business sulla personalizzazione di chiavette USB. Da quel giorno, come riporta l'intervista, iniziando un po' per gioco, un po' per sfida, le cose sono andate bene ed attualmente l'azienda *Maikii* fattura 8 milioni di euro, vendendo circa 600.000 chiavette all'anno per clienti come Google, Microsoft, Armani e tante altre prestigiose aziende.

Come loro stessi hanno spiegato in un'intervista al Corriere Innovazione, le chiavette USB dureranno ancora per qualche anno, ecco che qualcosa d'innovativo lo stanno pensando. Il progetto che ora hanno in mente è del tutto incline al trend tecnologico appena enunciato, ovvero poter fornire queste chiavette di una mente. Il progetto, in questo caso, è trovare una collaborazione con l'azienda *Dropbox*, leader nel cloud computing, per installare all'interno di tali memorie esterne un programma che consenta il caricamento on-line dei dati³².

In breve è stato descritto quanto l'elettronica possa caratterizzare il futuro di qualsiasi oggetto fisico privo di vita.

Strumenti suggeriti:

- **Kit hobbista:** Kit Arduino
- **Multimetro:** Weller WES51
- **Multimetro:** Multimetro Sparkfun.

³² http://corriereinnovazione.corrieredelveneto.corriere.it/2014/14-gennaio-2014/chiavette_usb-2223920044735.shtml

Capitolo 4:

LA STAMPA 3D:

L'ORIGINE DI UNA NUOVA MANIFATTURA

Nel terzo capitolo si vuole porre alla luce una nuova metodologia produttiva integrante e sostitutiva delle attuali tecniche convenzionali.

La stampa 3D come indice di rottura con il passato e come opportunità per il presente.

Si descrive questa tecnologia digitale come alternativa economica e flessibile alle produzioni seriali di lotti limitati di prodotti, approfondendo le varie tecniche additive presenti attualmente nel panorama mondiale.

La stampa 3D.

Il presente è il futuro.

Estrema curiosità ed attenzione è rivolta al tema delle stampanti 3D, vero argomento di rottura di tale “rivoluzione industriale” con il passato.

In linea con quanto descritto nei capitoli precedenti, tale tecnologia assume reale importanza nelle sua applicazione in ambito industriale e come essa si propone nell’integrarsi e sostituirsi a modalità produttive attualmente utilizzate.

Un nuovo orizzonte si sta dunque “materializzando”.

E’ davvero sconvolgente la diffusione e le conseguenti scoperte che, giorno dopo giorno, avvengono in merito a tale tecnologia.

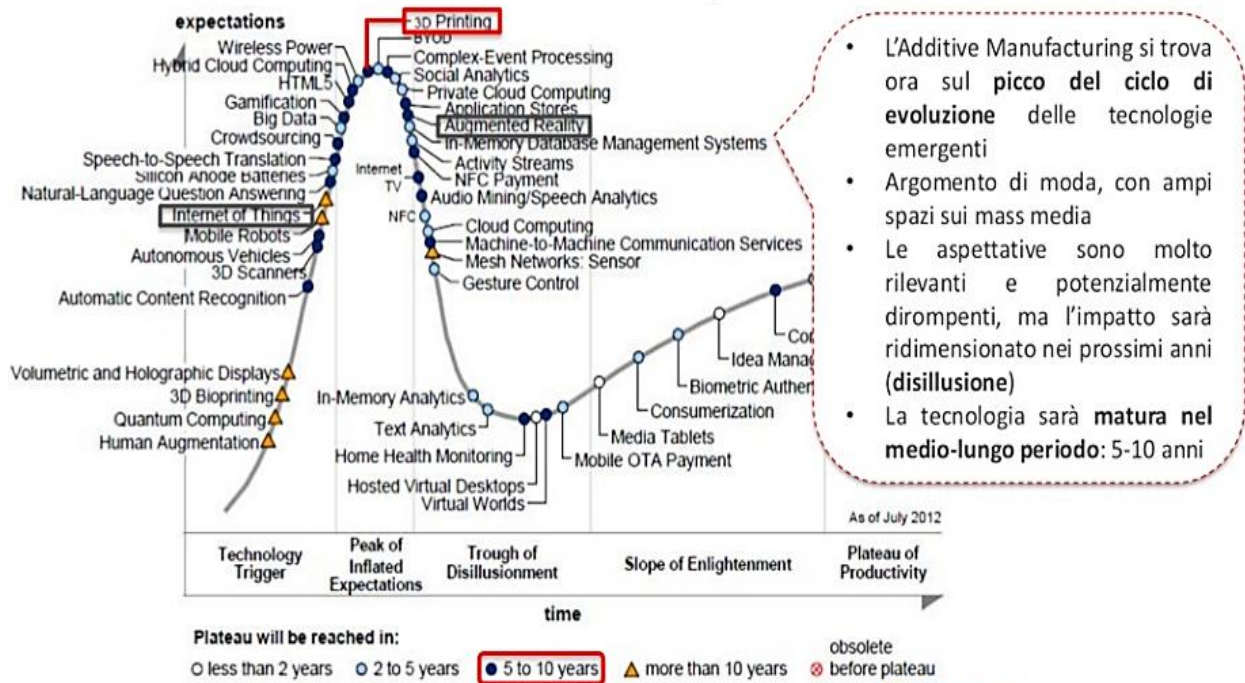
La stampa 3D ha radici che risalgono agli inizi degli anni 80’, periodo in cui l’industria metalmeccanica provava nuove soluzioni produttive, sostitutive rispetto alle attuali del periodo, per poter abbreviare i tempi di ciclo delle produzioni. In tal modo, vennero eseguiti i primi esperimenti di Rapid Prototyping, riproducendo, strato dopo strato, prodotti finiti dalle polveri di plastica e di metallo. Inizialmente la sperimentazione prototipale era l’ambito di applicazione a cui si addiceva questo nuovo sistema di produzione 3D, ma con il passare del tempo, ci si accorse che era possibile realizzare, in piccole quantità, elementi e prodotti direttamente con un disegno virtuale, rendendo economico il processo produttivo.

Neil Gershenfeld fu uno dei primi ricercatori che approcciò a tale tecnologia, sviluppando dispositivi per replicare oggetti direttamente dal file elaborato al computer. Da allora la ricerca è proseguita ottenendo significativi risultati, portando gli utilizzi della stampa 3D verso confini mai pensati, fino a qualche decina di anni prima.

Come si può vedere nell’interessante fig.63 che descrive il ciclo di vita delle tecnologie, la stampa 3D è attualmente sul picco della curva. Molti investimenti si stanno orientando verso questa tecnologia, seppur ancora molti miglioramenti sono necessari.

CICLO DI VITA DELLE TECNOLOGIE EMERGENTI

Posizionamento dell'additive manufacturing



- L'Additive Manufacturing si trova ora sul **picco del ciclo di evoluzione** delle tecnologie emergenti
- Argomento di moda, con ampi spazi sui mass media
- Le aspettative sono molto rilevanti e potenzialmente dirompenti, ma l'impatto sarà ridimensionato nei prossimi anni (**disillusione**)
- La tecnologia sarà **matura nel medio-lungo periodo: 5-10 anni**

Gartner
Fonte: Gartner Inc.'s 2012 Hype Cycle for Emerging Technologies

Figura 63: ciclo di vita delle tecnologie emergenti.

Fonte: <http://www.smau.it/milano13/schedules/la-terza-rivoluzione-industriale-il-digital-manufacturing-scenario-ad-oggi-ed-a-tendere/>

La stampa 3D, in ogni caso, rischia davvero di sconvolgere il mercato, ma ben di più l'intero processo produttivo dei materiali, stravolgendo tempistiche e mercati di fornitura, costi e sistemi di manutenzione, creazione di nuovi prodotti, importanza del design. Insomma si tratta davvero di un potenziale ad elevato carico innovativo. Ciò che la stampa 3D sta portando e, ciò che si sostiene in questa tesi, è senza dubbio il cambiamento di paradigma che passa dallo stampaggio tradizionale mediante le tecnologie avvolte nel sistema stampo, alla riproduzione additiva tramite stampanti 3D.

La tecnologia additiva in questo momento vive un momento di piena evoluzione con numerosi progetti ed aziende che sorgono, giorno dopo giorno, tanto da interessare in prima persona capi di governo nell'attuazione di studi e ricerche che si interessino di questa nuova tecnologia. L'amministrazione Obama ha investito nella creazione di Fab Lab in cui poter sviluppare creazioni innovative tramite attrezzi digitali e stampa 3D,

affermando che: “La stampa 3D ha il potenziale per cambiare la produzione di tutto il mondo” (Barack Obama, Presidente U.S.A.). Anche Rich Karlgaard, della rivista Forbes, sostiene l’eccezionalità che la stampa 3D potrebbe assumere nel decennio 2015-2025, “...la fabbricazione dei prodotti fisici potrebbe trasformarsi da un’attività ad alta intensità di capitale in qualcosa di più simile all’arte e al software”(Karlgaard, *Makers, il ritorno dei produttori*, 2013). La stampa 3D rompe le barriere che fino ad ora occultavano la facile personalizzazione, luoghi di produzione, tempistiche di produzione, creatività e variabilità. E’ un cambiamento che molti definiscono totale negli anni che verranno. Charles Golden, amministratore della Nasa, sostiene che gli astronauti saranno dotati di stampanti 3D per poter stampare nello spazio pezzi di ricambio per manutenzioni a decine di migliaia di chilometri di distanza dalla terra e da ogni processo produttivo. Come si vede sarà una tecnologia che irromperà sempre più in qualsiasi settore a qualsiasi latitudine, longitudine ed altitudine. Saranno interessati scienziati che studiano la biomedica, ingegneri aerospaziali che progettano singoli pezzi per giganteschi aerei e ingegneri meccanici che faciliteranno l’aerodinamica ed il peso delle auto del futuro. Tutti avranno potenzialmente l’opportunità di creare qualcosa sulla scrivania in casa propria. Certamente vi sono anche coloro i quali non credono ed espongono le loro perplessità che tale tecnologia possa soggiogare in futuro, modalità che ancor oggi portano ad una standardizzazione ed economie di scala. Ecco che l’apporto di questa tecnologia, nei prossimi anni, avrà una portata trasformativa, come conferma l’immagine 64, sotto proposta. Il tema appare interessante e di seguito verrà approfondito.

MATURITÀ		Tra 2-5 anni	Tra 5-10 anni	>10 anni
BENEFICI	Trasformativi	<ul style="list-style-type: none"> Business Model Innovation 	<ul style="list-style-type: none"> Additive Manufacturing 	<ul style="list-style-type: none"> Business Process Management Managementless Organization Sustainability Management Talent Science
	Elevati	<ul style="list-style-type: none"> BPO Location Intelligence Product Cost and Life Cycle Management Supply Chain Management 	<ul style="list-style-type: none"> Business Analytics Cloud Business Mass Collaboration M-Commerce Micrometered Revenue Models Risk Management/GRC Traceability and Provenance 	<ul style="list-style-type: none"> Customer Experience Management Data Science Management Design Thinking E-Discovery Exploiting Sensor Grids Neurobusiness Robostaffing
	Moderati		<ul style="list-style-type: none"> Innovation Management 	<ul style="list-style-type: none"> Augmented-Human Staffing Mass Customization

Figura 64: benefici stampa 3D. Fonte: <http://www.smau.it/milano13/schedules/la-terza-rivoluzione-industriale-il-digital-manufacturing-scenario-ad-oggi-ed-a-tendere/> Gartner's 2012 Hype Cycle for Emerging Technology

Da Rapid Prototyping a Direct Manufacturing.

Le tecniche di riproduzione 3D provengono, come è facile intuire, dalle più diffuse tecniche di **Prototipazione Rapida**³³. Tali tecniche differiscono da quelle precedentemente descritte in merito alla prototipazione in ambito stampista, sviluppate tramite materiali differenti, come l'alluminio o il silicone. Negli stampi possono essere utilizzati prototipi stampanti in 3D, ma la loro riproduzione avviene con metodologie e materiali diversi. Le tecniche 3D recentemente hanno trovato maggiore diffusione ed applicazione in ambito industriale, grazie alla migliore economicità di talune macchine e anche agli sviluppi intervenuti in tali tecnologie. Dagli anni '70 le tecniche di riproduzione 3D, intese come **Rapid Tooling** hanno subito migliorie dovute agli studi su tali utili tecnologie. In quegli anni tali metodi erano considerati estreme innovazioni tali da scatenare la fantasia di chi li avrebbe adoperate. Ben presto ci si rese conto che molta strada ancora andava percorsa e molte applicazioni trovavano terreno ancora poco fertile per la loro maturazione a livello industriale. Già in quegli anni si intercettavano però necessità di cambiamenti dal punto di vista produttivo, il mercato richiedeva sempre più prodotti con diverse varianti, diversa complessità e con cicli di vita più brevi. Ragion per cui tali esigenze apportavano un incremento di costi che innalzavano il valore del prodotto e un maggior carico economico per le aziende.

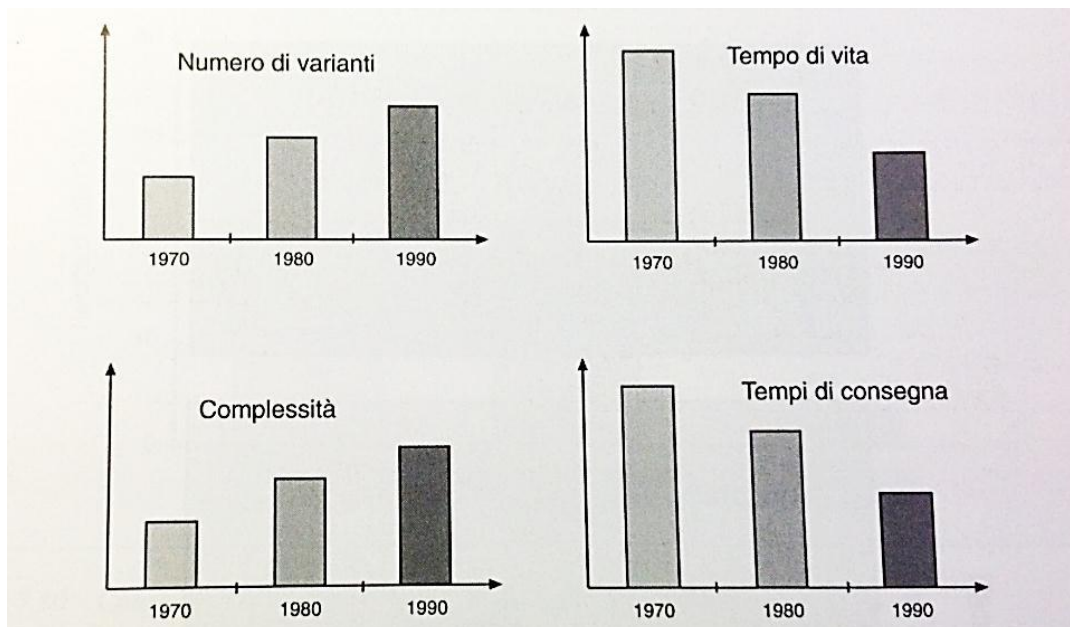


Figura 65: cambiamenti richiesti dalle aziende produttive. Fonte: Il manuale dello stampista, R.Suzzani, Tecniche Nuove 2002

³³ tale termine è anche indicato con l'acronimo RP, dall'inglese Rapid Tooling.

Il rapid tooling apparve a quel punto una valida innovazione per poter ovviare a quanto detto. Dagli anni 70' fino ai primi anni del 2000, la spinta innovativa in tale campo ha incentivato la diffusione e l'adozione di tali metodi produttivi, migliorando il *time to market* e quote di mercato³⁴. Come illustrato in modo preciso nella figura 62, le esigenze delle aziende su muovevano verso una maggiore complessità e differenziazione degli elementi prodotti, riducendone però tempi di consegna e ciclo di vita del prodotto. In tale ottica l' RP (Rapid Prototyping) risultava quantomai efficace e funzionale.

L'integrazione dunque di tali sistemi, nel tessuto aziendale, comportava già all'epoca una parametrizzazione differente dei sistemi produttivi interni, nonché una continua attività di ricerca e sviluppo in concorso talvolta con istituti di ricerca. La prototipazione rapida o RP, ha assunto elevata importanza nel corso degli anni, grazie al mancato utilizzo di utensili e strumenti aggiuntivi in fase di produzione. In poco tempo è possibile riprodurre fisicamente oggetti e figure geometricamente complesse direttamente tramite modello tridimensionale sviluppato su software CAD.

La tecnologia di riproduzione 3D, a fine anni 90', si presentava ancora troppo lontana dall'essere considerata sostituita rispetto al concetto convenzionale di produzione. Nel corso degli anni molti studi ed applicazioni si sono susseguiti: dalla possibilità di impiegare la stampa 3D come tipologia prototipale a sostegno delle produzioni convenzionali si è giunti a considerare tale "nuova" tecnologia come possibile metodo sostitutivo delle metodologie da sempre utilizzate: gli stampi. L' RP, nel tempo, è sempre più diventata una vera e propria tecnica produttiva e sempre meno una metodologia relegata alla sperimentazione e alla valutazione di fattibilità produttiva in serie. Ancor oggi gli scopi di tale tecnologia assolvono a quelli sempre presi d'esempio, ovvero:

- Riscontrare il design del modello prodotto e creazione di esempi pubblicitari;
- Analizzare forma ed aspetto per chiarire la struttura dell'oggetto in questione;
- Studiare scorrimenti aerodinamici;

³⁴ R.Suzzani. (2002). *Il manuale dello stampista*. Milano: Tecniche nuove

- Creazione di elemento per la costruzione di stampi prototipi (ad esempio silicone).³⁵

Oggi, oltre a tali funzioni, la prototipazione 3D, evoluta nella più generica “Stampa 3D”, è divenuta una reale modalità produttiva che ha ampliato i confini della progettazione e personalizzazione, potendo migliorare aspetti economici e ciclici in ambito produttivo.

Tabella 4: comparazione tra stampi e stampa 3D nel sistema riproduttivo.

Materiale	Flessibilità	Vantaggi	Svantaggi
Acciaio	Bassa	<ul style="list-style-type: none"> • Produttività • Peso (fase stampaggio) • Affidabilità / Definizione 	<ul style="list-style-type: none"> • Costo • Tempo lavorazione • Peso
Alluminio	Medio/Alta	<ul style="list-style-type: none"> • Morbidezza • Peso • Costo • Tempo lavorazione 	<ul style="list-style-type: none"> • Usura • Manutenzione • Peso (fase stampaggio)
Silicone	Alta	<ul style="list-style-type: none"> • Flessibilità • Prototipazione • Economicità • Costo 	<ul style="list-style-type: none"> • Ripetizione • Usura • Durata • Definizione
Stampa 3D	Altissima	<ul style="list-style-type: none"> • Progettazione • Produzione • Economicità • Flessibilità • Personalizzazione 	<ul style="list-style-type: none"> • Tempi ciclo • Serialità • Qualità pezzo finito

³⁵ www.aero.polimi.it/~sala/bacheca/PROTOTIPAZIONE.pdf

In tal modo i prodotti avranno inizio e fine all'interno dello stesso processo, avendo come *output* il prodotto finito, idoneo ad essere venduto o assemblato con altri pezzi finiti.

La tabella costruita nel capitolo precedente paragonava i vari aspetti concernenti i materiali per la lavorazione e prototipazione degli stampi. A quella grazie alla tecnologia additiva si è potuto aggiungere adesso un tassello fondamentale per la realizzazione di manufatti e prototipi in maniera rapida e personalizzabile.

Questo cambiamento sposta contemporaneamente aggiunge un ulteriore uso della stampa 3D, da **Rapid Prototyping** a **Rapid** o **Direct Manufacturing**. Senza certamente tralasciare la funzione fondamentale che la stampa 3D assolve in termini prototipali, si è davanti a delle possibilità concrete che la tecnologia additiva possa davvero guadagnarsi posizioni competitive a favore dell'industria stampista.

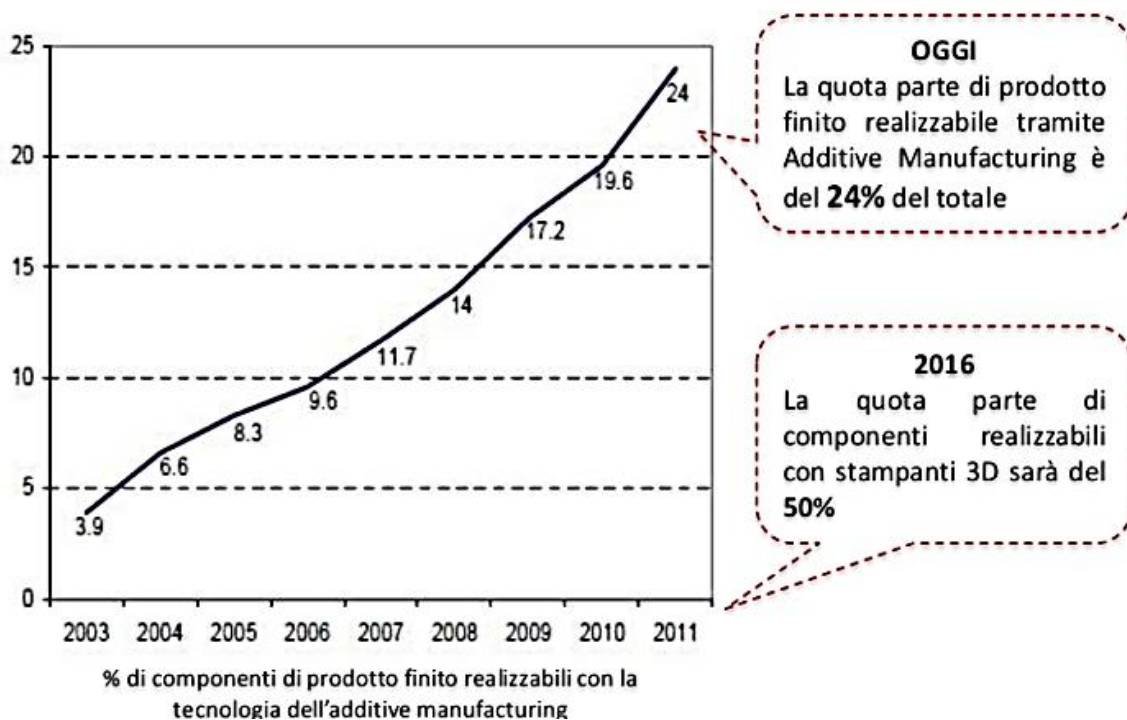


Figura 66: impatto della stampa 3D sulla manifattura.

Fonte: <http://www.smau.it/milano13/schedules/la-terza-rivoluzione-industriale-il-digital-manufacturing-scenario-ad-oggi-ed-a-tendere/> - Wholers Report 2012

Importante estratto della ricerca effettuata da **Smau** Milano, interviste e fotografa l'attuale impatto della stampa 3D negli attuali sistemi industriali, scorporando l'impatto in termini di prodotto finito, pari al 24% della produzione totale ed in termini di componenti realizzabili con stampa 3D, pari al 50% del totale, quota onestamente elevata.

La crescita ed il miglioramento tecnico unito all'abbattimento dei costi delle stampanti, ha permesso una sua rapida diffusione negli ultimi 3 / 4 anni, modificando lo scenario globale ed inserendo nel mercato stampanti più efficienti ed efficaci di quelle già presenti negli anni '90. Ecco che con l'utilizzo di modelli additivi nuovi è possibile poter parlare di Direct Manufacturing.

Molti addetti ai lavori si interessano a tale movimento e si pongono numerose domande a riguardo, cercando di capire se le produzioni tramite nuovi metodi possano raggiungere produzioni elevate e seriali. Quindi da:

- Rapid Tooling da **1 a 500 pezzi** a
- Direct Manufacturing > di **50.000 pezzi**.

Con il Direct Manufacturing si rappresentano quei processi che grazie alla stampa 3D consentono di abbreviare e diminuire i passaggi per la creazione di pezzi finiti. Le fasi di sviluppo non passano più tramite progettazione e costruzione degli stampi, ma direttamente da modello CAD.

La prototipazione rapida ha da sempre assolto a diverse esigenze, le quali si differenziavano in base al "business" in cui l'azienda era inserita. Oggi il prodotto finito può certamente essere un pezzo di un'azienda che progetta componenti per automobili e per quella che produce componenti medicali

Facendo un po' di chiarezza elencheremo e specificheremo le funzionalità di ogni tipologia di riproduzione rapida.

Oramai i prototipi sono considerati in numerosi casi veri e propri prodotti da poter posizionare in tempi brevi sul mercato finale o intermedio, con elevata personalizzazione, come già ampiamente accennato prima.

Di seguito vengono raffigurate una serie di applicazioni e settori in cui la stampa 3D è già utilizzata. Alcuni di questi usi sono già consolidati, come ad esempio nell'industria aerospaziale e medicale. Altri invece si trattano ancora di sperimentazioni pionieristiche.



Questa tecnologia viene già impiegata nei settori più disparati



Settore	Esempi di oggetti in stampa 3D
•Tecnologia medicale e dentale	Protesi, denti, modelli dentali, orecchio umano, farmaci con stampante 3D
•Ricerca e sviluppo	Centrali solari con stampante 3D
•Industria alimentare	Carne con stampante 3D bio
•Industria automobilistica	Componenti di auto con stampa 3D di Citroën GT, Jaguar Land Rover o del costruttore ecologico Kor Ecologic
•Industria edile e metalmeccanica	Vari modelli e prototipi con stampa 3D
•Chimica/materiali sintetici	Modulo chimico universale dell'Università di Glasgow, che può essere costruito con una stampante 3D molecolare e che rivoluziona anche la produzione farmaceutica
•Architettura	Stampa di plastici di progetti architettonici 3D. Uno studio di architettura olandese sta studiando il modo di costruire una casa intera con un'enorme stampante 3D.
•Aerospaziale	Il Rover della NASA, che potrebbe essere impiegato nelle prossime missioni sulla Luna o su Marte, è stato parzialmente costruito con una stampante 3D.
•Comunicazione e pubblicità	Autoritratti, give-away, awards, poster con stampa 3D o particolari per spot pubblicitari
•Grafica e design	Cover per cellulari, mattoncini Lego, lampade di design o creazioni personali con una stampante 3D
•Moda e fashion	Capi di haute couture, calzature, cinture ecc. con stampante 3D
•Industria cinematografica e musicale	Musica: chitarra elettrica generata con 3D Printing. Film: per il film Skyfall di James Bond, ad esempio, il telaio dell'Aston Martin è stato prodotto con una stampa 3D.
•Utilizzo domestico	Piccoli oggetti per l'uso quotidiano

Figura 67: esempi di settori coinvolti nella stampa 3D. Fonte: Bank Vontobel - http://derinet.vontobel.ch/Pdf_Flyer/CH0141505112i.pdf

La situazione attuale della tecnologia additiva è caratterizzata anche da una serie di vantaggi contrapposti a dei limiti che certificano l'impatto sostenibile che tale

tecnologia ha nei confronti dell'ambiente. Nella figura 68 si elencano gli aspetti che giocano a favore dell'ambiente.

Gli aspetti che più sostengono il sentimento di ecologia e minor impatto ambientale sono senza dubbio: la **riduzione del materiale di scarto** e il **risparmio energetico** per il funzionamento delle stampanti 3D. Questi temi sono stati confermati in maniera chiara, da Ignazio Pomini, imprenditore intervistato dal sottoscritto e del quale si parlerà nei paragrafi successivi. Come si evince dalla tabella sottostante, vi sono ulteriori vantaggi derivanti dall'applicazione di tale tecnologia, non meno importanti di quelli sopra sottolineati. Essi sono:

- Efficienza nell'utilizzo di materiale grezzo
- Minima quantità di prodotto chimico richiesto
- Possibilità di creazione di prodotti dal design a basso impatto ambientale
- Ridotte emissioni di carbonio

Tali aspetti consolidano l'importanza della stampa 3D in ottica energetica e sostenibile. Molti passi in avanti si devono ancora fare, ma gli aspetti descritti partecipano ad un cambiamento manifatturiero, non solo dal punto di vista pratico ma anche energetico.

Is AM <i>more</i> or <i>less</i> green than traditional manufacturing?
+ Reduces material waste and scrap
+ Limits the amount of energy used
+ More efficient use of raw materials
+ Minimal harmful (e.g., etching) chemicals needed
+ Environmentally friendly product designs possible
+ Changes to design streamlined
+ Carbon footprint of a given product reduced (via reduced waste and need for global shipping)

Figura 68: aspetti legati alla sostenibilità ambientale della stampa 3D. Fonte: Strategic Foresight Report - 3D Could 3D Printing change the world?, Atlantic Council, http://www.atlanticcouncil.org/images/files/publication_pdfs/403/101711_ACUS_3DPrinting.PDF

Il mercato internazionale delle stampanti 3D.

La presenza sul mercato internazionale di questa nuova tecnologia produttiva è ancora debole rispetto al potenziale offerto dalla stessa, bensì di anno in anno il tasso di

crescita delle vendite complessive e in generale della diffusioni di stampanti 3D è in netta crescita. Analizzando i dati della *Wholers Association*, la quale pubblica report annuali relativamente alla stampa 3D, il mercato e le vendite, prendendo in considerazione il 2007, il giro d'affari è cresciuto di 1 miliardo di dollari. Nel 2007 si attestava attorno ad 1 miliardo l'intero comparto, mentre il 2012 è stato chiuso raggiungendo i 2 miliardi di dollari, vendendo circa 50.000 stampanti 3D in tutto il mondo³⁶.

Mr. Wholers si spinge oltre, prevedendo crescite maggiori, arrivando a 3 miliardi di dollari nel 2015 e 6 miliardi nel 2020. Una crescita costante.

Di seguito vengono proposti dei grafici per fornire una situazione chiara dell'attuale situazione del mercato 3D.

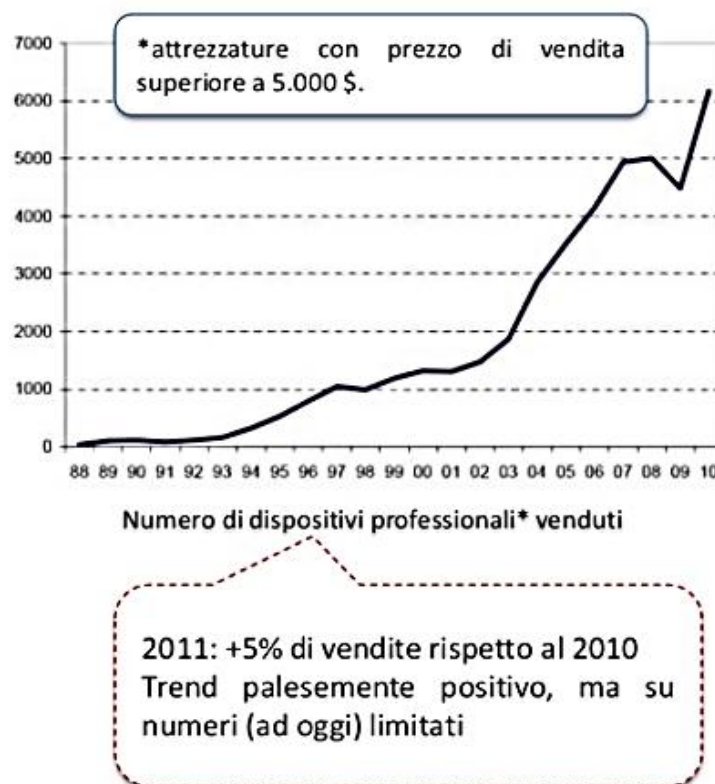


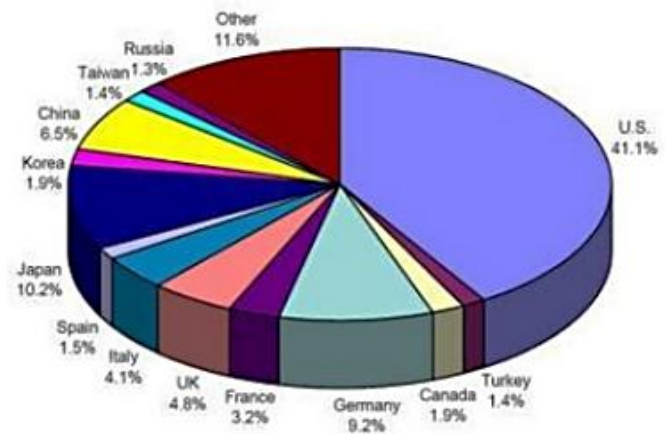
Figura 69: scenario del mercato stampanti 3D.

Fonte:
<http://www.smau.it/milano13/schedules/1-a-terza-rivoluzione-industriale-il-digital-manufacturing-scenario-ad-oggi-ed-a-tendere/> - Wholers Report 2012

³⁶ Bank Vontobel, una tecnologia

Figura 70: applicazioni mondiali delle stampanti 3D.

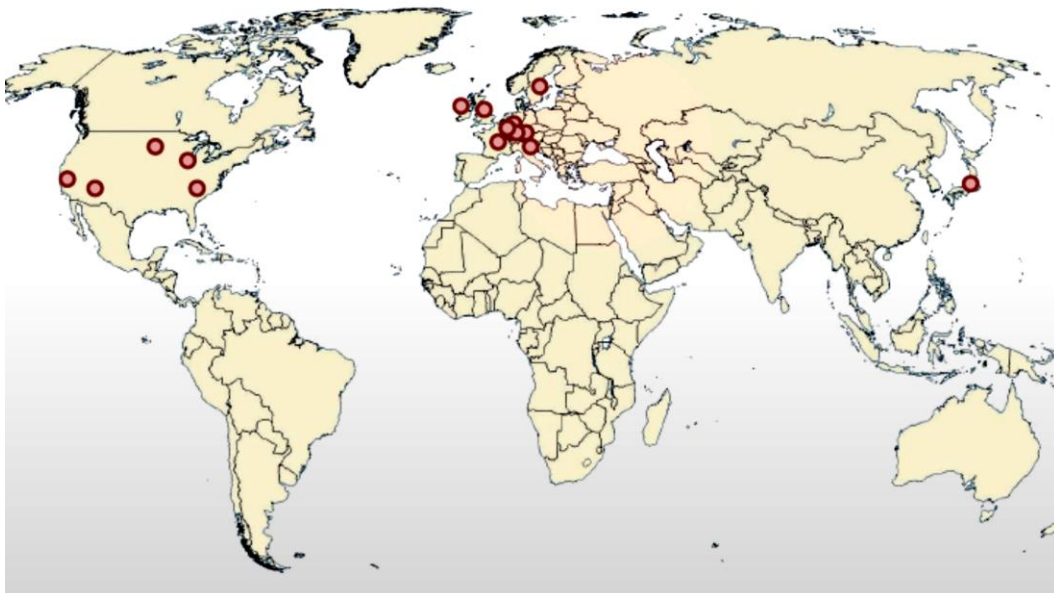
Fonte:
<http://www.smau.it/milano13/schedules/la-terza-rivoluzione-industriale-il-digital-manufacturing-scenario-ad-oggi-ed-a-tendere/> - Wholers Report 2012.



Installazioni nel mondo

- 40% delle installazioni totali è negli USA
- In Europa si trova il 25% delle applicazioni industriali
- **L'Italia è tra i paesi europei più attivi su questo fronte**

Nelle immagini seguenti si fotografa in maniera sintetica il posizionamento degli attuali attori del mercato internazionale, dividendo i produttori dai distributori.



Dalle immagini proposte si può notare come lo sviluppo e la diffusione delle stampanti 3D sia effettivamente ancora piuttosto concentrato in determinate aree geografiche ed in quantità ristrette, rispetto al potenziale. Questo però, a mio giudizio, non è assolutamente un problema, poiché numerose altre aziende e start up stanno nascendo e diffondendo il loro business basato sul “3d Printing” nel momento in cui si sta scrivendo questa tesi.



Figura 72: distributori europei. Fonte: Premis

A porre l’accento sulla crescita di tale manifattura digitale, vi è anche la finanza che insolitamente si è accorta di questo nuovo cambiamento di prospettiva, credendo nelle nuove tecnologie 3D, spingendo per gli investimenti in tale comparto. In particolare *Kenneth Wong*³⁷ ha emanato una nota a rialzo per i prossimi 5 anni, in cui il mercato delle stampanti 3D triplicherà il suo valore. La ragione del fatto sta nella diffusione della suddetta tecnologia tra utilizzatori ed appassionati privati, ma anche all’interno del segmento industriale. La moltiplicazione degli utilizzi promuoverà la generazione di nuovi modelli e il suo costante inserimento in diversi settori.

L’esempio dell’attenzione finanziaria a tale “movimento” è riportato dall’azienda tedesca **Voxeljet**, per la quale l’anno 2013 ha segnato il suo ingresso in borsa. Le quote iniziali di 13 dollari, hanno raggiunto quota 33 dollari a Dicembre 2013, avendo picchi di oltre 60 dollari per azione.

Un segnale questo che, molto più di una semplice tecnologia, sta orientando i mercati produttivi e finanziari. Come l’azienda tedesca, le aziende statunitensi come Stratasys (leader nelle stampanti per uso industriale) hanno inglobato altre aziende di successo come Makerbot (costruttrice di stampanti 3D per uso domestico) per poter mantenere un livello di competitività maggiore, in grado di contrastare la prevedibile futura avanzata di stampanti “*Made in China*” a basso costo.

³⁷ analista della società Citi.

Non vi sono dati certi in merito alla segmentazione attuale del mercato, le stampanti 3D assolvono a differenti usi e produzioni.

Certamente diverse sono le stampanti per uso domestico, delle quali si parla approfonditamente al giorno d'oggi, dalle stampanti per uso industriale. I due mercati si distinguono, oltre che per il segmento servito, per la tipologia di stampante venduta.

Come è semplice pensare, non si parla della stessa tipologia di stampanti, bensì di modelli totalmente differenti. In seguito si descriveranno le differenze.

Nel panorama internazionale vi sono attualmente diverse aziende che si dividono l'attuale mercato. Le diverse aziende si concentrano principalmente su due segmenti di mercato: quello consumer e quello professionale.

Come si può vedere dal grafico sottostante, leader mondiale è da sempre **3D System**, nota azienda americana quotata in borsa che produce e distribuisce stampanti 3D in tutto il mondo. Da sempre è in prima linea nella ricerca e sviluppo di nuove stampanti e nuovi metodi d'applicazione.

Altre importanti attori del mercato internazionale sono sicuramente **Stratasys** e **Eos**. In particolare **Stratasys** operativa nel settore delle stampanti professionali, sta movimentando il mercato delle stampanti 3D già da un anno a questa parte, unendosi prima con **Objet**, creando così uno dei *player* mondiali del 3D.

Nel 2013, inoltre, un'ulteriore mossa strategica ha portato la famosa **MakerBot Industries**, azienda start up produttrice di stampanti 3D a basso costo con tecnica FDM³⁸, sotto la proprietà di Stratasys, rafforzando ancor di più la sua *leadership* sul mercato, dividendoselo con la "sorella" **3D System**. L'acquisizione è avvenuta per una cifra che si aggira attorno ai 607 milioni di euro, smuovendo gran parte del mercato delle stampanti³⁹.

³⁸ il Fused Deposition Modelling è uno dei sistemi di stampaggio 3D.

³⁹ <http://www.labviewworld.it/2013/06/stratasys-acquista-makerbot-per-607-milioni-di-dollari/>

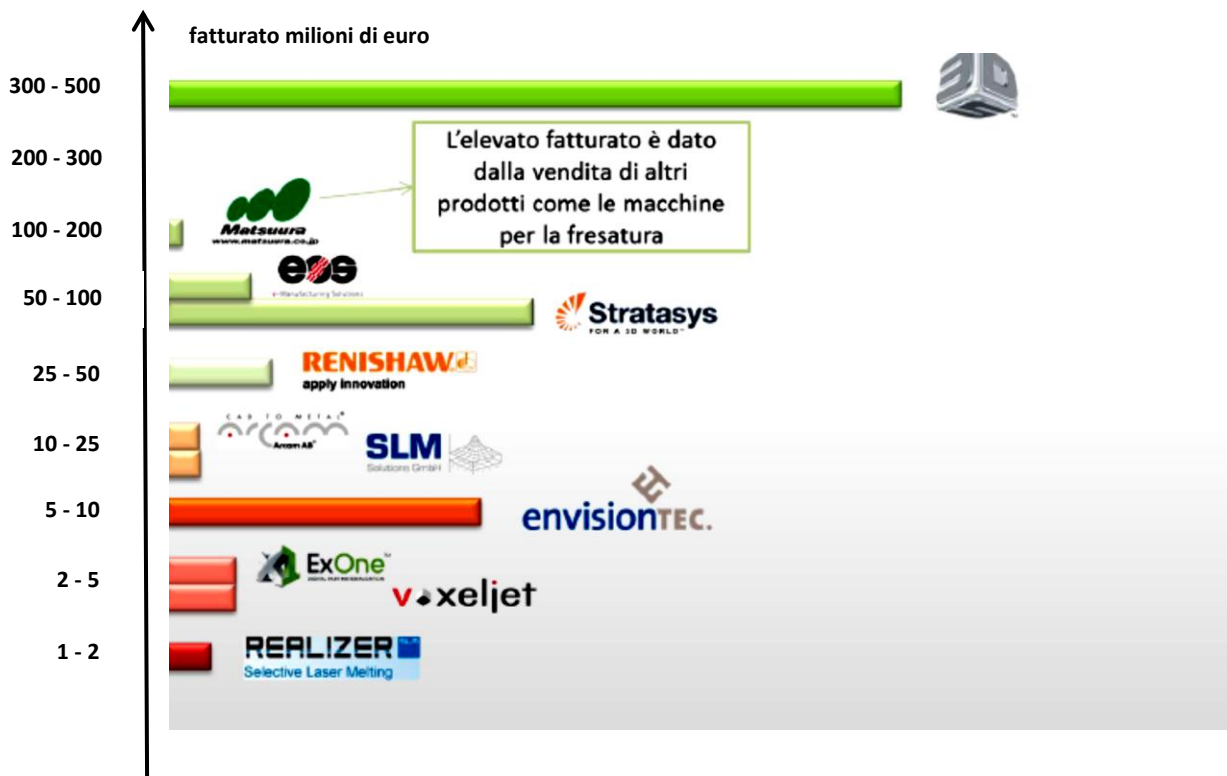


Figura 73: maggiori produttori di stampanti 3D. Fonte: Premis

Nel contesto italiano, uno dei principali poli d'attrazione della stampa 3D, è la zona cosiddetta "PaTreVe", ovvero l'area geografica inerente alle province di Padova, Treviso e Venezia. Tale zona inizia ad essere terreno fertile per le nuove aziende digitali o come Federico Guerrini le dipinge in un articolo del giornale la Tribuna di Treviso "..." *i patiti della stampa in tre dimensioni, una nuova classe di artigiani digitali che, pur se in maniera ancora embrionale, inizia a prender piede in varie parti d'Italia [...], come testimoniano i dati forniti da 3D Hubs, la zona a cavallo tra Venezia, Treviso e Padova è una delle più vivaci in questo senso.* (Guerrini, 2014)



Figura 74: titolo articolo economico del giorno 09/01/2014. Fonte: La Tribuna di Treviso

Il processo di funzionamento della costruzione 3D

Una volta completato il quadro generale, fotografando il periodo storico che la manifattura sta vivendo e gli orizzonti che si apriranno in tema di stampanti 3D, è possibile descrivere nel dettaglio di cosa si sta parlando.

Il processo di stampa tridimensionale è la modalità di concepimento di un prodotto solido in maniera inversa rispetto ai sistemi produttivi tradizionali, fino ad ora osservati. Rispetto al manufatto prodotto tramite perforazione e sottrazioni di materiale, o mediante attribuzione di forma tramite stampo, la stampa 3D segue il processo additivo, da cui il termine “*additive manufacturing*” noto ormai in tutto il mondo.

Con tale metodologia produttiva il singolo pezzo viene creato, strato dopo strato, fino al completamento del prodotto. Le tipologie di stampanti 3D variano a seconda della metodologia produttiva, la quale è determinata in base alle specifiche del prodotto richiesto ed alla sua qualità.



Figura 75: stampante 3D - Fused Deposition Modelling.

Il metodo tradizionale, utilizzato fino ad oggi, potrebbe risultare obsoleto o troppo dispendioso per poter produrre sia qualche prototipo o un lotto di qualche centinaia di pezzi da vendere sul mercato. La stampa 3D fino a poco tempo fa poteva essere relegata alla sola prototipazione rapida, argomento che con il tempo è stato confutato grazie all'avanzamento della ricerca e alla diffusione di stampanti sempre più all'avanguardia che sopperiscano e

superino criticità relative alla dimensione riproducibili, materiali impiegati e tempi di ciclo. Per alcuni prodotti ormai non serve più saldare ed assemblare pezzi differenti, ma basta solo progettare al computer un modello solido del manufatto che ci interessa e dare l'avvio alla stampante tramite semplice clic.

Tutto ciò che si pensa è possibile riprodurlo dopo una semplice mezz'ora di progettazione. In tal modo vengono abbattute le barriere all'entrata, come le economie di scala, per la realizzazione di semplici prodotti in piccole quantità. Non si fa più riferimento al lotto minimo da produrre per abbattere costi fissi derivanti da ammortamento di impiantistica e stampi, ma la nuova concezione di produzione sta portando verso una maggiore personalizzazione e flessibilità produttiva. Per queste ragioni le stampanti 3D possono avere un grande valore produttivo. E' giusto dire inoltre che la produzione tradizionale, come quella stampista, certamente per il momento non scomparirà, poiché in ogni settore ci sarà bisogno di economie di scala e produzioni massive da destinare al mercato.

Il processo additivo che si pone in contrapposizione rispetto al modello stampista, ha inizio dall'elaborazione di matematiche tridimensionali utilizzando software di modellazione indicati (CAD, Solidwork), in grado di sviluppare formati di tipo “.obj” o “.stl”. Tale acronimo sta a significare “Standard Triangulation Language” ovvero il modello standard in cui si esegue la prototipazione rapida e la stampa 3D.

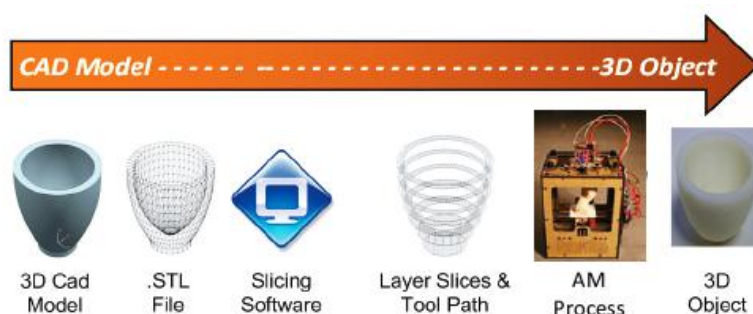


Figura 76: processo Stampa 3D. Fonte: Strategic Foresight Report - 3D Could 3D Printing change the world? , Atlantic Council, http://www.atlanticcouncil.org/images/files/publication_pdfs/403/101711_ACUS_3DPrinting.PDF

Detto ciò, serve un determinato software per tradurre tali files di prodotto in una serie di specifiche che la stampante dovrà eseguire (g-code). Alcuni di questi software sono⁴⁰:

- *Repetier-Host*
- *Slic3r*
- *Cura*
- *Replicator G*
- *Printrun*

⁴⁰ www.blender.it/stampa3D/pdf


Una volta delineato il prodotto tridimensionale, le sue specifiche vengono introdotte nel sistema di trasformazione additiva subendo una scomposizione virtuale in singoli strati per mezzo di un processo di taglio. Rielaborato il modello virtuale, il prodotto può essere stampato livello dopo livello come è indicato nella figura 61.

Classificazione dei materiali impiegati

Le tecniche di produzione 3D di tali manufatti sono le stesse in cui da tempo si esegue la prototipazione rapida, da sempre utilizzata per gli scopi sopra elencati. Il percorso per descrivere le metodologie produttive deve essere effettuato cercando di chiarire le diversità che stanno alla base delle tecniche utilizzate. Le tecniche di riproduzione impiegano dei piccoli corpuscoli liquidi o solidi, aventi dimensioni che possono variare da 0,05 a 0,25 mm per un totale di circa 200 livelli, i quali tramite la loro polimerizzazione⁴¹ raggiungono il giusto grado di solidificazione, creando così il pezzo nella sua interezza e complessità. La classificazione generica di tali metodi avviene in base al **materiale** utilizzato ed alla **forma** desiderata. In base ai composti utilizzati ed ai loro stati si effettuano ulteriori divisioni. Principalmente il materiale si presenta in tre stati differenti:

- **liquido,**
- **polvere,**
- **solido.**

I processi comunemente utilizzati sono⁴²:

 *fotopolimerizzazione di monomeri liquidi - SLA;*

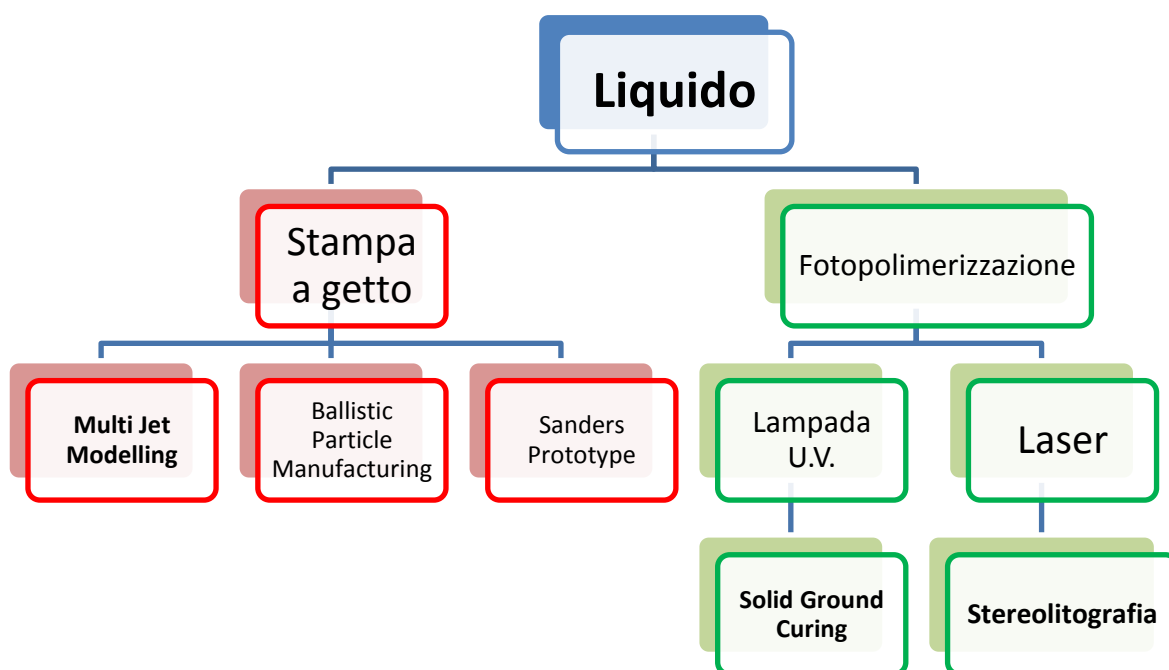
 *sinterizzazione selettiva di polveri con il laser - SLS;*

⁴¹ termine per indicare la solidificazione o indurimento del materiale impiegato.

⁴² R.Suzzani. (2002). *Il manuale dello stampista*. Milano: Tecniche nuove

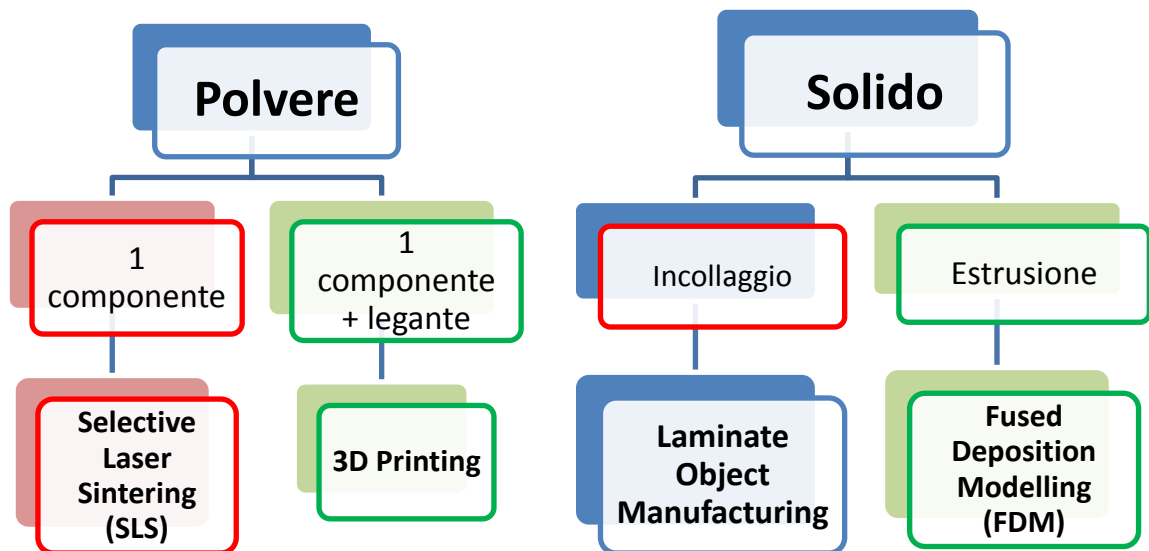
- ✚ estrusione di filamenti in materiale termoplastico - FDM;
- ✚ spruzzatura di termoplastici o collanti con tecniche simili alla stampa a getto d'inchiostro - MJM.
- ✚ stratificazione di fogli di carta o lamiera - LOM;

Di seguito verranno proposti tre diagrammi in cui si distinguono le varie tecniche di riproduzione 3D. I diagrammi sviluppati e le conseguenti descrizioni di processi e fasi di produzione prendono esempio da quanto proposto dal *Manuale dello stampista* di Renato Suzzani.



I processi che adottano materiale allo stato liquido vengono suddivisi a seconda dell'indurimento avvenuto tramite radiazione ultravioletta in un caso e mediante fusione, deposito e solidificazione nell'altro (metalli, resine termoplastiche)⁴³.

⁴³ R.Suzzani. (2002). *Il manuale dello stampista*. Milano: Tecniche nuove



I sistemi che invece utilizzano il materiale polveroso subiscono l'unione per effetto della fusione dei componenti tramite sinterizzazione laser o mediante l'applicazione di un legante adatto. Ancora differente è il processo che riguarda la solidificazione del materiale solido, il quale si deposita, strato dopo strato su tale composto ricreando il manufatto desiderato. Una tecnica relativa a questo *cluster* di riproduzione è certamente l'FDM (Fused Deposition Modelling).

Come si nota dai diagrammi alcune tecniche sono state evidenziate in quanto risultano le più utilizzate nello stampaggio 3D, di seguito seguirà attenta analisi.

Per ogni tipologia 3D, suddivisa per varietà di materiali, viene proposta una descrizione relativamente al processo di funzionamento.

Tipologie di stampanti 3D

Stampanti per materiale liquido

La classificazione delle diverse tipologie di stampanti 3D avviene partendo dalla categoria di modelli che lavorano e trasformano il materiale a partire dallo stato liquido.

Il materiale liquido viene riscaldato grazie alla fotopolimerizzazione, ovvero fascio di luce che polimerizza la resina liquida.

Stereolitografia (SLA)

La Stereolitografia denominata con l'abbreviazione (SLA – *Stereolithographic Apparatus*) appartiene alla categoria dei materiali liquidi. Questa tecnica è stata la prima introdotta come modello prototipazione rapida dalla famosa 3D System. Ancor oggi è la più divulgata tra le metodologie 3D. La Stereolitografia utilizza l'energia del laser che aiuta la polimerizzazione del liquido posto sul piano d'appoggio. In tal modo il composto solidifica e crea gli strati che compongono il manufatto intero.

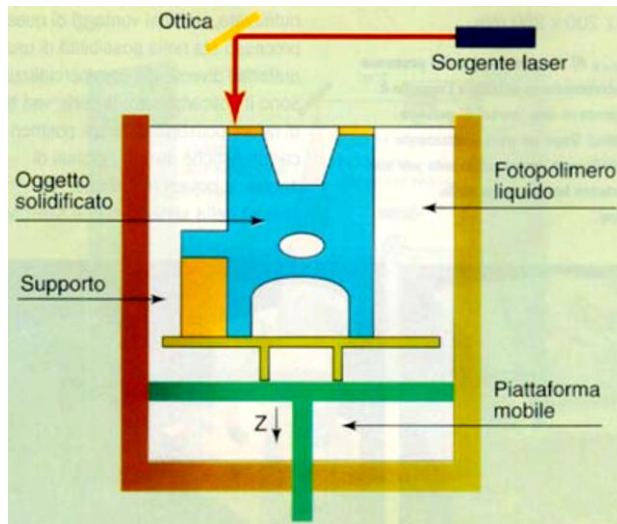


Figura 77: processo stereolitografico.

Fonte:

<http://www.kaemart.it/vp/bovisa/bordegoni/materiale/Ra>

Il processo

Il processo stereolitografico è suddiviso in 3 fasi⁴⁴:

1. *Preparazione: slicing* del pezzo per creare le sue sezioni e sostegni nella fase di riproduzione.
2. *Fotopolimerizzazione*: è il processo in cui il manufatto viene riprodotto. Esso viene costruito mediante il laser che grazie ad un sistema che ne dà orientamento, polimerizza il composto nella vasca sottostante. L'effetto della luce sul materiale solidifica il profilo del manufatto, poiché il laser non polimerizza lo strato nella sua interezza. Una volta terminato il micro-processo

⁴⁴ R.Suzzani. (2002). *Il manuale dello stampista*. Milano: Tecniche nuove

di solidificazione dello strato, ne viene riposto un altro sopra il precedente e si continua con quanto specificato fino al completamento della figura.

3. *Post-trattamento*: il processo termina con l'esposizione della resina indurita e di quella più liquida alla luce ultravioletta.

I materiali utilizzati devono avere necessariamente caratteristiche particolari: essere sensibili alla radiazione laser, con determinati vincoli tecnici di viscosità e ritiro, proprietà meccaniche. Le resine maggiormente adoperate in tale processo sono: acrilico ed epossidico.

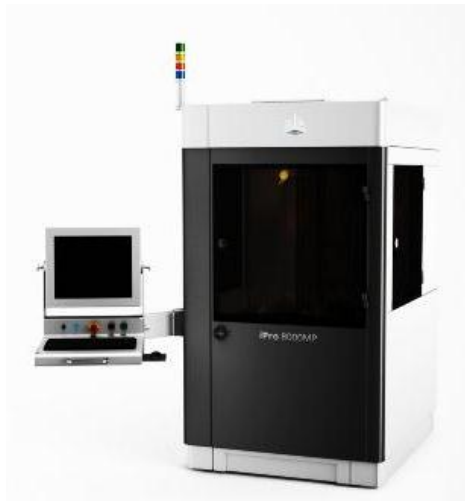


Figura 78: esempio 1 stereolitografia 3D System - 8000Mp.

Fonte: <http://www.3dsystems.com/3d-printers/production/ipro-8000-mp>



Figura 64: esempio 2 stereolitografia 3D System - 950.

Fonte: <http://www.3dsystems.com/3d-printers/production/prox-950>

I vantaggi

I vantaggi associati a tale riproduzione 3D si possono riassumere in⁴⁵:

- Utilizzo materiali non nocivi
- Struttura dei supporti facile da rimuovere
- Precisione del pezzo con strati di 0,02 mm.

⁴⁵ www.aero.polimi.it/~sala/bacheca/PROTOTIPAZIONE.pdf

Le applicazioni

Il processo stereolitografico trova numerose applicazioni produttive, fungendo da anello essenziale nella costruzione di stampi in silicone per la creazione di un numero limitato di pezzi. Una diffusa attuazione può essere la riproduzione 3D di monoblocchi del motore per il settore automotive. Nella fig. 79 si vede il materiale chiaro del manufatto derivante da resina

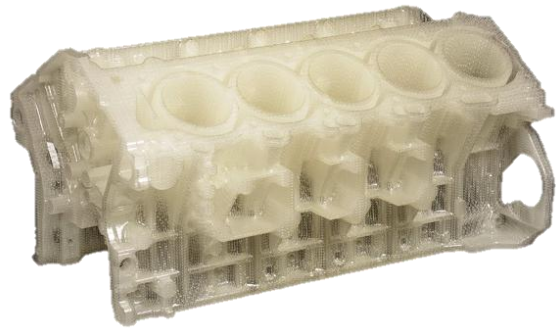


Figura 79: monoblocco automotive creato con stereolitografia.

Fonte: <http://www.3dsystems.com/3d-printers/production/prox-950>

termoplastica. Tale modello, una volta riprodotto, viene apposto all'interno di una struttura quadrata per la costruzione "indiretta" di uno stampo siliconico, tramite la fusione e la colata di silicone sopra il pezzo.

Le applicazioni, dunque, possono essere svariate allargando i confini dell'uso di tale tecnologia. Oltre a queste realizzazioni, la stereolitografia permette di riprodurre determinati elementi per valutare l'aerodinamicità di futuri pezzi installati in auto da elevate prestazioni e in aeroplani.

Nell'esempio della 3D System sono stati prodotti, dal 2001, pezzi da installare in auto



Figura 80: Lotus - F1 con elementi stampanti con stereolitografia.

Fonte: <http://www.3dsystems.com/learning-center/case-studies/f1-team-races-with-3d-systems>

per Formula 1, stipulando una partnership con Lotus.

Grazie a questa nuova modalità di creazione è stato possibile sviluppare componenti altamente sofisticate, come "tunnel per l'aria" ed altre parti finite, alleggerendo e ricercando la modellazione che più si addice ai test aerodinamici.

Ulteriori applicazioni tipiche relative alla stereolitografia possono essere⁴⁶:

- Studio dei flussi
- Elementi con dettagli molto precisi
- Progetti di stile
- Verifiche di assemblaggio.

Multi Jet Modeling

La tecnica Multi Jet Modeling si avvicina, anch'essa, alle tecniche di stampa ad inchiostro, per la facilità e semplicità d'utilizzo.

Alla stessa stregua di una comune stampante bi-dimensionale, la stampante a MJM rilascia del materiale termoplastico allo stato liquido da una testina e dall'altra il materiale di supporto, rendendo estremamente veloce l'intero processo.

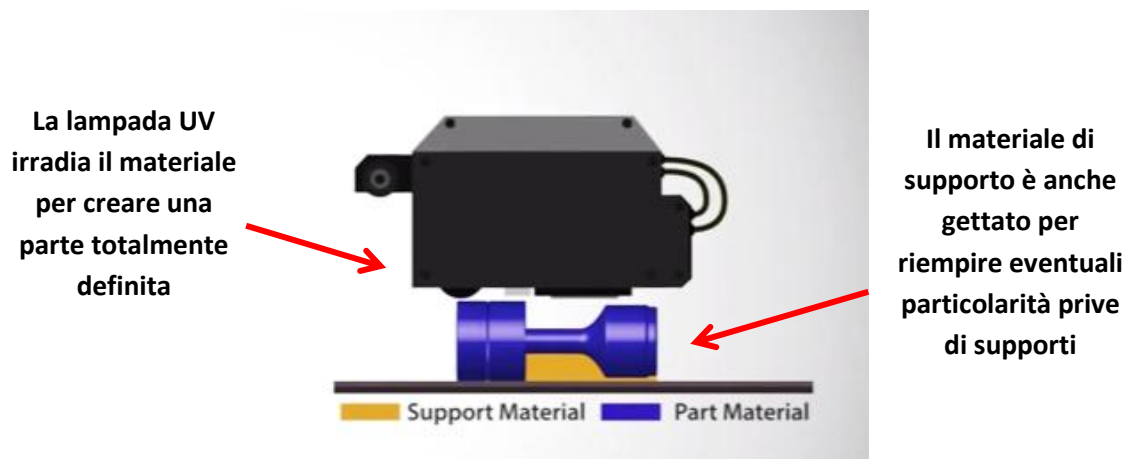


Figura 81: funzionamento Multi Jet Modeling.

Fonte: http://www.youtube.com/watch?v=apm5Gn2s_-M

⁴⁶ www.aero.polimi.it/~sala/bacheca/PROTOTIPAZIONE.pdf

L'intero processo prosegue in linea con quanto visto per le altre tipologie additive, ovvero abbassando la piattaforma di costruzione fino alla costruzione dell'ultima sezione.



Figura 82: modello orafa con stampa MJM.

Fonte:

www.aero.polimi.it/~sala/bacheca/PROTOTIPAZIONE.pdf

La qualità di stampa di tale tecnica è elevata tanto che in molti la definiscono il miglior sistema di riproduzione tridimensionali nel panorama prototipale, ma non nel direct manufacturing.

Proprio per tale motivo gli addetti se ne servono per il veloce attrezzaggio in settori orafi e di modellistica.

Come si è descritto per le precedenti tecniche, i vantaggi riscontrabili sono quasi del tutto simili al 3D Printing. Riassumendoli possono essere:

- Facilità di utilizzo
- Economicità nello sviluppo e stampaggio
- Rapidità produttiva.

I Fotopolimeri PolyJet.

Il **PolyJet** dimostra quanti passi in avanti siano stati fatti nel corso di anche soli 12 mesi, in cui, il materiale trasparente o diverse tonalità di colore, ancora non erano presenti sul mercato. Non si tratta di materiali applicabili alla tecnologia FDM, ma appare interessante poter descrivere brevemente tale tecnologia, la quale è stata ampiamente studiata ed utilizzata dalla multinazionale Stratasys.



Figura 83: stampante Objet 350 Connex.

Fonte: <http://www.stratasys.com/it/stampanti-3d/serie-design/precision/objet-connex350>

La stampante nella fig. 68 è per l'appunto una stampante prodotta dalla Stratasys, capace di produrre manufatti della grandezza di circa 30-40 cm in altezza, larghezza e profondità, potendo scegliere fino ad un massimo di 14 materiali simultaneamente, risparmiando tempo nell'assemblaggio di differenti parti singole.

Grazie alla tecnologia PolyJet questa sorprendente stampante può stampare seguendo la logica multi-materiale e multi-componente. La stampante Objet riproduce fino a 100 materiali differenti potendo comporre al suo interno materiali compositi o parti differenti come ad esempio gomma-plastica.



Figura 84: elemento composito con multi-materiale.

Fonte:

<http://www.stratasys.com/it/materiali/polyjet/materiali-digitali>

Questi materiali prendono il nome di “**Digital Materials**”, ovvero materiale compositi ricreati tramite il doppio getto della stampante, contando su una vasta gamma di fotopolimeri standard come: materiale trasparente, materiale per alte temperature, materiale simil-gomma, materiale opaco-rigido, materiale biocompatibile. Questa nuova applicazione sarà, a mio giudizio, quella più richiesta in futuro da chi si affiderà alla tecnologia 3D. La

possibilità di comporre e ricreare oggetti di diverse dimensioni e diversi materiali, senza dubbio spingerà il 3D verso utilizzi sempre più diffusi ed estesi.

Il limite di questa tecnica additiva sta nella generazione di un numero superiore di scarti rispetto alle altre metodologie e, cosa importante, tale scarto non è possibile riutilizzarlo come può avvenire ad esempio per la polvere non polimerizzata, utilizzata nella sinterizzazione laser.

Le applicazioni

Le applicazioni inerenti alla tecnologia FDM sono del tutto paragonabili alle altre metodologie 3D. Le principali sono:

- Stile e design
- Verifiche aerodinamicità

- Prodotti finiti
- Modelli funzionali
- Prototipi per stampi in silicone

Stampanti per materiale polveroso

La seconda categoria di stampanti descritte qui di seguito, aderiscono al genere che maggiormente si è diffuso in questi anni, grazie alla capacità di trasformazione di differenti materiali. La peculiarità sta nel materiale che si presenta allo stato polveroso.

Selective Laser Sintering – SLS

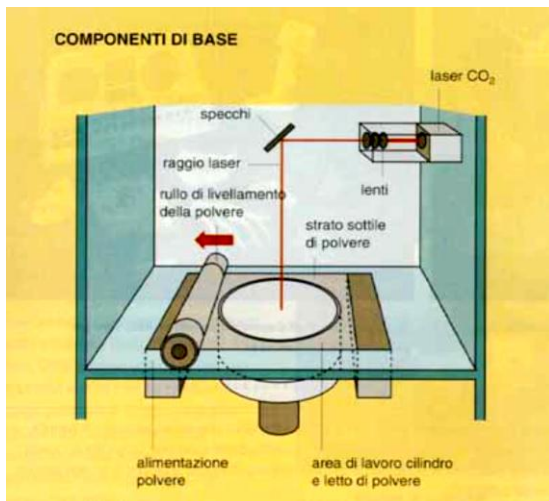


Figura 85: processo Selective Laser Sintering.

Fonte:

<http://www.kaemart.it/vp/bovisa/bordegoni/materiali/RapidPrototyping.pdf>

La Selective Laser Sintering (SLS) o **Sinterizzazione Selettiva Laser** è una delle tecniche additive più utilizzate in ottica manifatturiera ed industriale. Scoperta dalla società DTM Corporation, è stata poi inglobata pochi anni più tardi dalla multinazionale 3D System, leader assoluta del mercato 3D, come già descritto in precedenza.

Il suo diffuso utilizzo è permesso grazie alle capacità di lavorazione su differenti materiali, potendo così sviluppare prodotti

finiti di genere e composti differenti. Uno dei migliori player mondiale a riguardo è la società tedesca EOS.

Il processo

Il processo di funzionamento, come si è visto per le tecniche precedenti, è suddiviso in tre fasi fondamentali:

1. *Slicing*: è la fase comune in tutte le produzioni additive, in cui il software di modellazione effettua una sezionatura virtuale dell'oggetto.

2. *Sinterizzazione*: il funzionamento di tale stampanti consiste nel polimerizzare e fondere, tramite fascio laser e temperatura di fusione relativa, una sezione o parti del materiale riposto sul piano di contenimento. Nell'immagine si nota la distinzione tra prototipo costruito e polvere non trattata, la quale avvolge il pezzo fino al completamento del ciclo, per poi essere rimossa. Solitamente la capacità del "box" di lavoro varia a seconda della tipologia e grandezza della macchina, però generalmente se essa è utilizzata a fini industriali è possibile raggiungere grandezze di circa 60 cm d'altezza, 40 cm di larghezza e 40 di profondità. La polvere viene adagiata sopra ogni strato del pezzo solidificato dal laser, tramite il dispositivo che ripassa sul pezzo ad ogni ciclo di polimerizzazione. Una volta finito il singolo livello, nel gergo di prototipazione *layer*, l'elevatore che contiene la polvere si abbassa di una misura pari allo altezza e quindi il livello della sezione. La polvere in eccesso funge da supporto.
3. *Finitura*: una volta terminato il ciclo, l'intero "*job*", termine utilizzato dagli addetti ai lavori per identificare l'intero lavoro, deve essere ripulito dalla polvere in eccesso solamente dopo aver riportato il manufatto a temperatura ambiente. Il processo di pulizia richiede accuratezza e precisione senza utilizzare materiale abrasivo.

Come detto in precedenza, l'estrema importanza di questo modello additivo tridimensionale, sta nella differente funzione nel trattare diversi materiali.

Attualmente la stampante atta alla sinterizzazione laser, ha la capacità di svolgere⁴⁷:

- Sintering plastico
- Sintering metallico

Sintering plastico

Il sintering plastico non è altro che la sinterizzazione laser con materiale termoplastici. Attualmente è la più utilizzata, grazie alle potenzialità del materiale plastico facilmente applicabile in diversi settori. Esso si presta all'utilizzo non solo in campo

⁴⁷ www.aero.polimi.it/~sala/bacheca/PROTOTIPAZIONE.pdf

automobilistico ma anche in campo medico per la sua facile sterilizzazione. I polimeri termoplastici maggiormente adoperati sono⁴⁸:

- Polistirene
- Elastomeri
- Policarbonati
- Nylon

Il poliammide, in particolare, è utilizzato non come materiale per la riproduzione finale del pezzo, ma nel rapid tooling, come materiale per microfusione compatibile con la cera.

Sintering metallico

Il sintering metallico consiste nella sinterizzazione delle polveri metalliche mediante tecnologia **DMLS** (Direct Metal Laser Sintering).



I materiali metallici utilizzati sono leghe d'acciaio e di bronzo allo stato polveroso.

Figura 86: cerniera metallica Boeing stampata in 3D. Fonte: <http://www.kiorodesign.com/it/3d-metal-printing-info/>

Esse possono essere lavorate con una precisione che varia dai 0,02 ai 0,05 mm per strato, dando estrema rigidità, conduttura termica e resistenza al pezzo.

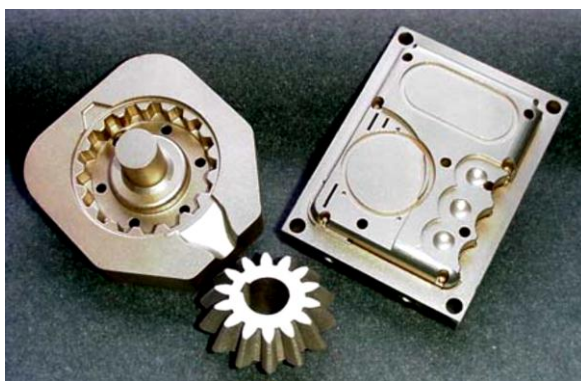


Figura 87: esempi inserti metallici prodotti con sintering metallico. Fonte: www.aero.polimi.it/~sala/bacheca/PROTOTIPAZIONE.pdf

La multinazionale tedesca EOS ha sviluppato interessanti casi-studio a riguardo, proponendo indagini comparative tra la produzione di inserti d'acciaio per stampi ad iniezione, costruiti con modalità convenzionale ed inserti stampanti in 3D mediante DMLS.

Il funzionamento del processo prevede lo stesso ciclo produttivo afferente ai

⁴⁸ www.aero.polimi.it/~sala/bacheca/PROTOTIPAZIONE.pdf

materiali termoplastici, dove anziché la polvere di nylon, vi è la polvere metallica. L'output prodotto avrà consistenza ben diversa e deve essere successivamente trattato con il bronzo. Una volta terminato tale processo il pezzo è pronto per l'utilizzo.



Figura 88: componente motore di un aereo - G.E. Fonte: Technology Review

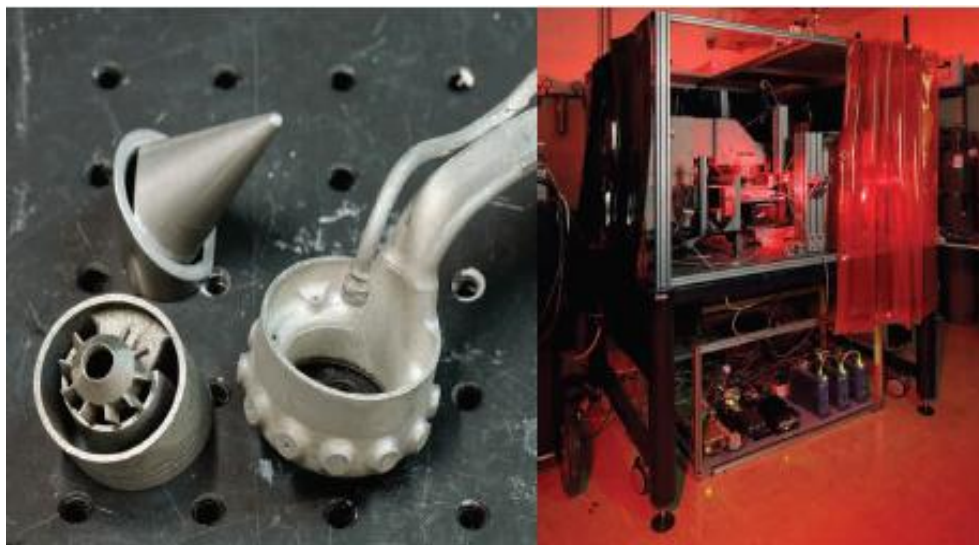


Figura 89: a sinistra piccoli componenti metallici per motori aerei - a destra stampante 3D per test su nuovi materiali ceramici. Fonte: Technology Review

I vantaggi e le applicazioni

Per questa tecnologia ho voluto accomunare i vantaggi e le applicazioni poiché penso che i primi siano la normale conseguenza dei secondi. Questo assunto ha del vero, in quanto è stato provato e studiato che nell'applicazione della sinterizzazione laser per la progettazione e la riproduzione di inserti stampo, vi sono stati dei vantaggi in termini di costi e tempistiche di fornitura dei pezzi pronti.

L'esempio EOS.

E' risaputo dagli addetti ai lavori che, nel sistema convenzionale di produzione di materiali plastici, come nel processo di stampaggio ad iniezione, il tempo ciclo per lo stampaggio di singolo prodotti, è dovuto, per il 70% circa dal tempo di raffreddamento.

LBC un'azienda sviluppatrice di stampi con tecnologia laser, ha voluto impiegare la tecnologia additiva per alcuni degli inserti montati all'interno dello stampo stesso. Questo chiaramente ha influito sull'intero processo produttivo, apportando sostanziali miglioramenti.

In particolare, utilizzando le prestazioni del DMLS, si è stati in grado di migliorare le prestazioni termiche dello stampo. Questo ha influito sugli indicatori economici portando a:

- Una riduzione del tempo di ciclo del 55% circa (equivalente a 40-90 secondi)
- Aumento di produttività del 125%
- Risparmio di 20.000 € annui, a fronte di un esborso di soli 3.250€ ammortizzabili in due mesi.

Questo è uno degli esempi proposti dalla EOS che fa riflettere: come la tecnologia additiva possa integrarsi perfettamente con la tecnologia convenzionale ed in alcuni casi anche sostituirla.

L'esempio Nike e New Balance

Un esempio dell'estrema capacità dell'universo 3D sta nelle immagini, in fig. 90 e 92. Perfino Nike e New Balance hanno creduto nelle potenzialità della stampa 3D e con questa hanno riprodotto, grazie alla tecnologia SLS, scarpe super-personalizzate che con i metodi tradizionali non sarebbe mai potuto accadere. In particolare per la scarpa Nike sono stati riprodotti dei tacchetti per scarpe da Football, disposti in maniera totalmente personalizzata in base agli scatti

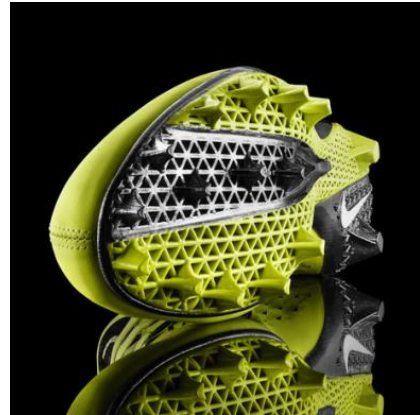


Figura 91: suola Nike Football. Fonte: <http://replicatore.wordpress.com/2013/10/27/tutte-le-scarpe-sportive-stampate-in-3d/>



Figura 90: suola New Balance sprinter. Fonte: <http://replicatore.wordpress.com/2013/10/27/tutte-le-scarpe-sportive-stampate-in-3d/>

degli atleti, così da ottimizzare la performance sul campo.

New Balance non è certamente stata a guardare, promuovendo delle scarpe per corridori ad altissima tecnologia, migliorandone le prestazioni. Alcuni di questi prototipi limitati sono stati assegnati solo ad alcuni degli sprinter più forti al mondo.

Questi esempi dimostrano quanto la stampa 3D stia intervenendo in più processi industriali.

Stampanti per materiale solido

L'ultima classe di modelli a riproduzione tridimensionale si distingue per la trasformazione del materiale allo stato solido, ovvero a partire dalla fusione di materiale polimerico talvolta posto su una bobina di alimentazione. Tale composto si presenta, nella fattispecie, come filamento avente spessore di pochi millimetri.

3D Printing

Questa particolare tecnica è stata sviluppata e brevettata dal M.I.T (Massachusetts Institute of Technology) di Boston e successivamente acquisita dalla società americana

Zcorporation, commerciando la prima macchina con nome Z402. Tale metodologia additiva risulta la più rapida in tema di Rapid Prototyping.

Il processo

La metodologia di funzionamento inizia con la sistemazione della polvere dal cilindro di alimentazione a quello di costruzione. Una volta posizionata la polvere si mettono in azione una serie di testine che assomigliano a quelle delle stampanti 2D ad inchiostro, ma anziché spargere dell'inchiostro, la stampante spruzza da una testina un additivo legante a base di colla che ha la funzione di solidificare il materiale sopra il quale si muove la testina.

Come accade per la tecnica SLS, la polvere non trattata funge da supporto per il pezzo in costruzione, per poi essere rimossa a fine dell'intero ciclo.

Il procedimento si ripete finché l'ultima sezione del manufatto in progetto non è stata stampata. Ogni stato prodotto agisce sui cilindri di alimentazione e costruzione, facendo alzare sempre più il primo e facendo abbassare sempre più il secondo, come avviene nella figura a destra.

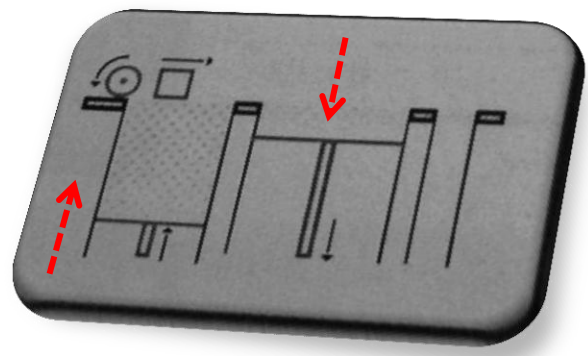


Figura 92: ultima fase del funzionamento 3D Print.
Fonte: Il manuale dello stampista, R.Suzzani, Tecniche Nuove 2002.

Il composto deve avere determinate caratteristiche⁴⁹:

- Elevata percentuale di collante e bassa viscosità
- Facilità di conduzione
- Rapidamente asciugabile

I materiali previsti per questa tecnologia sono ancora limitati ad alcune polveri plastiche, amidi, gesso e polveri ceramiche. Proprio tale limitata varietà di materiali lascia questa tecnologia in posizioni arretrate rispetto alle tre sopra descritte. Oltre a ciò il prodotto risulta rifinito in maniera grossolana e non definito, presentando diverse

⁴⁹ R.Suzzani. (2002). *Il manuale dello stampista*. Milano: Tecniche nuove

rugosità superficiali. Inoltre questi materiali non assicurano un'efficacia strutturale e resistenza alle tensioni meccaniche, implicando limitati usi ed applicazioni.

Come è possibile intuire, questa pratica tridimensionale si addice ancora alla più semplice prototipazione rapida. In questa applicazione la 3D Printing restituisce numerosi vantaggi come:

- Velocità di costruzione data dalla velocità di stampaggio di ogni singolo livello
- Facilità ed affidabilità d'utilizzo e funzionamento
- Ridotta quantità di polvere di scarto
- Elevata poliedricità in diversi settori.

Fused Deposition Modeling

La tecnologia Fused Deposition Modeling (deposizione di materiale termoplastico tramite estrusione) appartiene alla categoria della tecnologia 3D in cui il manufatto riprodotto avviene tramite estrusione del materiale solido. Essa dunque appartiene ad una categoria differente dalla precedente tecnologia descritta (SLA), appartenente alla categoria dei composti liquidi.

Tale sistema è stato scoperto per la prima volta circa 30 anni fa dall'azienda americana Stratasys, attuale leader mondiale di stampanti adoperanti tale tecnologia. Oggi la tecnologia 3D con modalità FDM è aumentata nella sua applicazione prototipale, data la facilità d'utilizzo ma, a tutt'oggi, si è ancora lontani da una riproduzione seriale, pur mantenendo performance riconducibili a modelli creati con metodi tradizionali.

Il processo

Con il termine “deposizione del materiale” si intende lo svolgimento di un processo differente dalla polimerizzazione di resine liquide. Al contrario il sistema Fused Deposition Modeling opera tramite l'estrusione o adagiamento di materiale

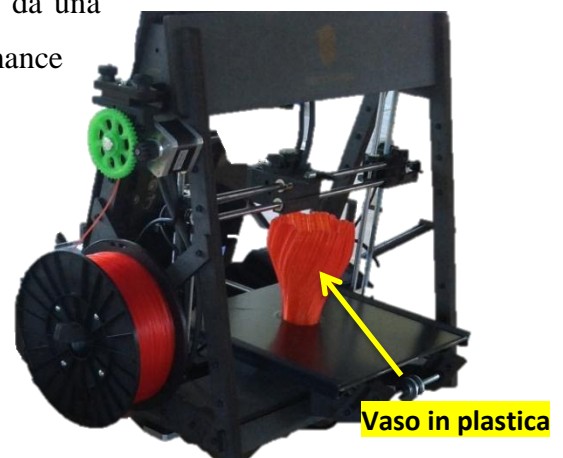


Figura 93: stampante 3D con tecnologia FDM.

Fonte: Kenstrapper

termoplastico, strato dopo strato, sul vassoio di contenimento. A destra è proposto un classico esempio di stampa 3D mediante tecnica FDM. Nell'esempio si sta creando un vaso di materiale plastico tramite la fusione di filamenti plastici in ABS⁵⁰.

I materiali, per l'appunto, possono essere diversi, l'ABS è il composto maggiormente adottato, viste le sue comuni applicazioni e caratteristiche. In particolare l'ABS è un materiale più resistente e duraturo del Policarbonato (PLA), solitamente utilizzato per particolari plastici esposti ad utilizzi più logoranti. Esso si serve di temperature di fusione maggiori (circa 240°/250°) rispetto agli altri composti, per contro vi sono limitazioni relative al colore disponibile e sue applicazioni, causa minor flessibilità rispetto ad esempio al policarbonato.

Il processo può essere suddiviso in 3 fasi:

1. *Preparazione*: è la fase in cui, come in tutte le stampanti 3D, si effettua lo slicing del pezzo, ovvero il taglio virtuale del pezzo in livelli sovrapposti.
2. *Estrusione*: è la fase di creazione del

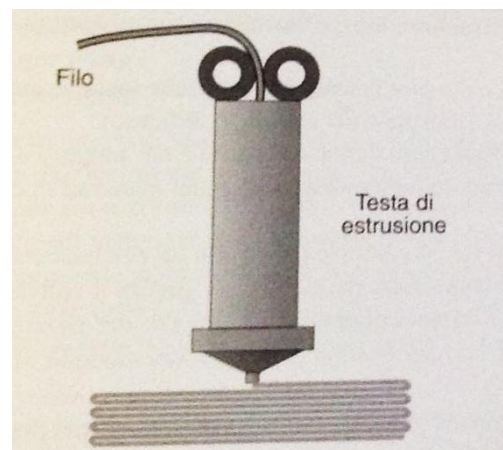


Figura 94: estrusione FDM. Fonte: Il manuale dello stampista, R.Suzzani, Tecniche Nuove 2002.

pezzo mediante la sovrapposizione dei filamenti termoplastici sul vassoio di supporto, adibito per il sostegno

dell'intero pezzo, chiamato asse Z. L'estrusione avviene tramite una testina che si muove in direzione orizzontale, asse X e Y, portando allo stato semi-liquido il materiale plastico, alloggiato all'interno della stampante stessa. La deposizione del materiale avviene sempre partendo dalla base solida, ovvero il piano Z si muoverà verso il basso, consentendo la creazione del manufatto dalla base fino al punto d'altezza massimo.

3. *Finitura*: talvolta il pezzo richiede il trattamento con qualche detergente per poter eliminare porosità e materiali in eccesso.

⁵⁰ L'ABS è l'acronimo del composto termoplastico afferente all' Acrilonitrile Butadiene Stirene. Tale materiale è possibile utilizzarlo sia nello stampaggio tradizionale convenzionale sia nella stampa 3D con tecnologia FDM.

La piattaforma di lavoro può essere aperta come nella figura 66, oppure isolata per mantenere una costante temperatura. Ciò dipende dalle tipologie di macchine e dal costo delle stesse.

I vantaggi

I vantaggi che tale tecnologia può apportare risultano del tutto paralleli a quelli visti per la tecnologia stereolitografica e quelli che si vedranno con le altre tecnologie additive. In particolare la Fused Deposition Modeling consente di assolvere a determinate funzioni grazie al materiale impiegato⁵¹:

- *Solidità dei manufatti dovuta alla composizione del materiale*
- *Elevata accuratezza dimensionale;*

La peculiarità di tale processo 3D sta nell'utilizzo di diverse tipologie di materiale come⁵²:

- *Cera per microfusione*
- *ABS*
- *ABSi*
- *Nylon*
- *Policarbonato (PC)*
- *Elastomero*

Verranno descritti i materiali più importanti.

Per quanto riguarda la cera, si tratta di un termoplastico che da sempre è stato utilizzato in questo processo, il quale permette la creazione di materiali metallici ed altri prodotti finiti tramite la sua microfusione.

I materiali più interessanti nell'applicazione FDM, senza dubbio, sono l'ABS e l'ABSi. Per quanto riguarda il primo, come già accennato brevemente in precedenza, permette la costruzione di manufatti del tutto paragonabili a quelli sviluppati con tecniche convenzionali. Tale assunto consiste nel fatto che la tipologia di materiale ABS è

⁵¹ www.aero.polimi.it/~sala/bacheca/PROTOTIPAZIONE.pdf

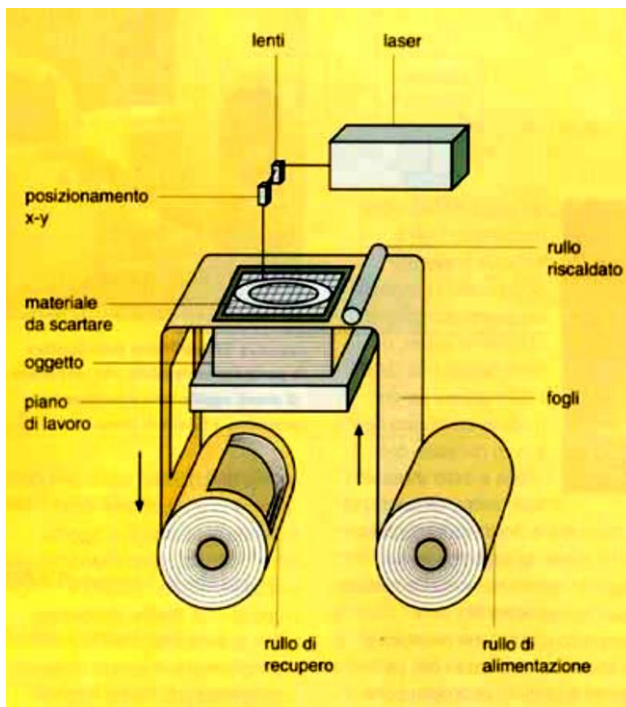
⁵² R.Suzzani. (2002). *Il manuale dello stampista*. Milano: Tecniche nuove

caratterizzata da una fibra molto resistente meccanicamente e chimicamente. Inoltre possiede elevata rigidità e solidità alle alte temperature, unite al basso grado di ritiro. L'ABSi, pur mantenendo le caratteristiche appena elencate per il generico ABS, invece è impiegato nella creazione di componenti medicali.

L'utilizzo del Policarbonato (PC) consente alla tecnologia FDM di allargare i confini di prototipazione e direct manufacturing. Infatti l'elevata importanza del PC consente la costruzione di strumenti resistenti e flessibili al tempo stesso, trovando numerose applicazioni in ambito automobilistico e industriale.

L'ultimo nell'elenco non è propriamente un materiale, bensì una nuova tecnologia che consente di stampare diverse tipologie di materiali, passando dal materiale termoplastico alla simil-gomma, in modo tale da poter ricreare l'elemento progettato nella forma e struttura più veritiera possibile. Tale tecnologia è stata sviluppata dalla multinazionale Stratasys, leader mondiale nella costruzione di stampanti con tecnologia FDM.

Laminate Object Manufacturing (LOM)



La tecnologia Laminate Object Manufacturing (LOM), appartiene al grafico dei materiali solidi per la creazione di prodotti tridimensionali. Tale tecnica tridimensionale si avvale della graduale sovrapposizione di fogli di carta rivestiti da uno strato plastico che fungerà da elemento per la riproduzione 3D.

Per la prima volta la tecnologia LOM è stata introdotta nel mercato dalla americana *Helisys*.

Figura 95: processo Laminate Object Manufacturing. Fonte: www.aero.polimi.it/~sala/bacheca/PROTOTIPAZIONE.pdf

In seguito a vicende societarie l'attuale brevetto per la Laminate Object Manufacturing è in possesso della *Cubic Technology*.

La composizione della stampante è simile a quelle già viste: un computer con sistema laser per la fusione del materiale e un piano d'appoggio. La diversità sta nei fogli di materiale simile alla carta che rilascia da un lato un composto plastico per la lavorazione.

Il processo

Il funzionamento di tale tecnica è intuibile già dalla fig. 95. Prima di poter avanzare il rullo, è necessario lo *slicing* del pezzo tramite sistema software che ne indica i vari strati. Una volta effettuato, si procede con la produzione fisica. Il rullo nel quale è avvolta la carta con materiale plastico adesivo scorre lungo il piano di sostegno, nel quale si ferma per ogni strato del pezzo da costruire. Il laser CO₂ taglia in maniera precisa solo il perimetro della sezione da stampare, senza intaccare il materiale già sovrapposto. Una volta terminato questo micro ciclo, il piano di costruzione si abbassa di un livello per far avanzare accuratamente un ulteriore foglio di carta, regolarmente dosato tramite un rullo surriscaldato che ne facilita l'incollaggio. Il processo avanza fino allo stampaggio dell'ultima sezione e, solo una volta terminato il macro ciclo, si lavora manualmente il pezzo nella sua interezza. È necessario un post-trattamento di lucidatura e pulizia dell'oggetto, nonché un trattamento con materiali come resina epossidica o uretano. I materiali utilizzati hanno costi limitati e sono atossici, mantenuti in un rullo avente da una parte del materiale cartaceo e dall'altro un composto plastico risalente al politene. L'unica misura che garantisce lo spessore è di 0,066 mm.

I vantaggi

I vantaggi che porta in dote questa tecnica additiva possono essere:⁵³

- *Nessuna tensione e modifica interna in fase di costruzione*
- *Processo veloce, dovuto al taglio preciso del laser*
- *Discreta estetica superficiale.*

⁵³ www.aero.polimi.it/~sala/bacheca/PROTOTIPAZIONE.pdf

Le tre diverse e maggiori tipologie del Rapid Prototyping e Direct Manufacturing si possono ancor meglio illustrare in una tabella riassuntiva, che ne sintetizza le caratteristiche principali, ponendo in evidenza gli aspetti più interessanti.

Tabella 5: tabella illustrativa delle maggiori tecniche di stampa 3D.

	Sinterizzazione	Stereolitografia	FDM
Materiale	Polvere: nylon, policarbonati	Liquido: resina epossidica, acrilato	Solido: ABS, poliammide, cera
Reazione chimica	Laser CO ₂ che scalda e fonde lo strato di polvere	Fotopolimerizzazione della resina liquida mediante fascio di luce	Estrusione del filamento plastico tramite ugello
Dimensioni (h, l, p)	30 x 40	50 x 50 x 80	30 x 30 x 30
Spessore livello	0,07 – 0,5 mm	0,1 – 0,5 mm	0,05 – 0,75 mm
Costo	A partire da 12.000€	A partire da 3.000€	A partire da 500€
Personalizzazione	Media	Medio/bassa	Elevata
Brevetto	Scadenza Febbraio 2014	Open source	Open source (scaduto nel 2005)
Applicazioni (settori)	Elettronica di consumo, Automotive, Aerospaziale	Gioielleria, Stampista, Medicale	Automotive, Gioielleria,

I casi italiani di successo

Digital Wax Systems

In occasione di una tappa dell'Open Design 2014 organizzato a Venezia, ho potuto approfondire le mie conoscenze rispetto al fenomeno delle stampanti 3D.

Ho avuto l'opportunità di incontrare gli esponenti della DWS System, azienda veneta che costruisce stampanti 3D, con metodologia stereolitografica, per la riproduzione di modelli per il settore orafa, dentale e medicale. Tramite un'intervista all'Application Engineer Sergio Zenere della sezione Ricerca e Sviluppo, è stato possibile affrontare diverse tematiche legate ai vantaggi, nei vari settori, derivanti dall'applicazione della tecnologia tridimensionale.

L'azienda DWS (Digital Wax System) con sede a Zanè, in provincia di Vicenza, è attualmente una delle poche aziende italiane che ha saputo intercettare le potenzialità della stampa 3D, sviluppando competenze e capacità da integrare, se non sostituire, le dinamiche del sistema produttivo convenzionale in ambito orafa e non solo. Come avrebbero affermato i famosi autori Kim e Mauborgne, i responsabili della DWS Systems *“stanno creando in maniera consapevole, un oceano blu”*. Per oceano blu secondo il libro omonimo Strategia Oceano Blu di W. Chan Kim e Renée Mauborgne si intende: *“Lo spazio di mercato incontestato, alla creazione di nuova domanda e all'opportunità di una crescita redditizia”*. (Mauborgne, 2010, p. 5) L'azienda vicentina, in questo caso, sta innovando il mercato orafa con sistemi che prevedono la

creazione di gioielli, partendo da forme-prototipo in 3D.



Figura 96: gioielli finiti, progettati con stereolitografia.

Fonte: <http://www.youtube.com/watch?v=T4NwFXWG3Sc>

Nel dettaglio l'azienda, fondata nel 2007, sviluppa sistemi produttivi innovativi per l'additive manufacturing. Mediante la tecnologia stereolitografica, progettano e producono stampanti 3D, facilitando il time to market, riducendo al massimo i costi di produzione e migliorando la qualità del

prodotto finito. L'ingegnere Zenere spiega come siano diventati leader nel settore della gioielleria mediante l'applicazione della stereolitografia, consentendo la creazione di figure ed oggetti mai riproducibili nel passato da tecniche convenzionali. In particolare per il settore orafa le metodologie tradizionali prevedono la creazione di modelli di cera, riproducendo due modelli separati, uno per la figura interna ed un altro per la figura esterna dell'ipotetico gioiello. A questo punto le due figure in cera vengono utilizzate per la costruzione di elastomeri o stampi in silicone lavorati manualmente, permettendo la fusione del metallo da saldare e lucidare nella fase successiva di finitura del pezzo. Le fusioni, in questo modo, sono separate e necessitano di lavorazioni manuali per l'assemblaggio. Il sistema stereolitografico invece permette la costruzione di un modello finito e completo, senza lavorazioni manuali e saldature post-produzione. Tramite disegno CAD è possibile progettare un modello e studiarne la fattibilità, riprodurre con la resina un gioiello chiuso e finito, il quale verrà riposto in un forno all'interno di un cilindro costituito da materiale refrattario, come il gesso a base di cristobalite. Il modello tridimensionale lascerà nel gesso la sua impronta negativa; in seguito con il colamento del metallo (oro, argento ecc) sarà possibile estrarre il gioiello finito con getto d'acqua a centomila atmosfere. L'ingegnere Zenere precisa che grazie



Figura 97: gioiello particolare.

Fonte:

<http://www.youtube.com/watch?v=T4NwFXWG3Sc>

all'utilizzo della stampa in 3D, è possibile poter proporre sul mercato figure totalmente nuove, dotate di finiture millimetriche e in forma reticolata chiusa. La definizione dei filamenti può arrivare a 0,15 millimetri, come si vede dall'immagine a sinistra (fig.96), raffigurante dei gioielli finiti e la definizione delle loro maglie. Tali misure e dettagli risultano inavvicinabili con sistema tradizionale. In aggiunta, c'è l'ulteriore e significativo vantaggio nel riprodurre un gioiello in forme e misure del tutto libere, modificando l'immagine cad a computer in pochi minuti e riprodurla qualche ora più tardi mediante stampante. Inoltre la fig.97, mette in risalto la capacità di creare modelli chiusi e con reticolazioni finissime.

E' una metodologia differente che si sostituisce con i metodi convenzionali, come quelli degli stampi. Volendo avere un'idea del processo produttivo, è possibile consultare il sito <http://www.youtube.com/watch?v=T4NwFXWG3Sc>, nel quale è possibile

visionare diversi video che rappresentano il processo produttivo di modelli per il settore orafa, dentale e medicale.

Il processo produttivo inizia con la fase del posizionamento della resina fotopolimerica all'interno dello spazio che funge da recipiente, prosegue con la polimerizzazione della resina su più strati.

A destra, nella fig.98 è riportato un estratto del processo produttivo di solidificazione degli anelli, nel bagno di resina. La luce blu che si intravede nella figura, è l'innovativo laser BlueEdge brevettato dalla stessa azienda, il quale solidifica i livelli di resina, uno alla volta. Il sistema che sorregge i modelli effettua dei movimenti in verticale, immergendo i pezzi e togliendoli ogni volta che si riproduce uno strato. Il risultato è possibile vederlo nella fig.99, raffigurante i due diversi modelli in fasi produttive separate.

Dws System sviluppa anche materiali innovativi, definiti materiali digitali, come una serie di gomme speciali identificabili nelle gomme per cinturino di orologi ed altre gomme per applicazioni nel settore commerciale, come cover per tablet. Oltre alle gomme la stessa azienda ha potuto riprodurre le cosiddette pietre digitali, utili per la creazione di collane o pendagli, paragonabili a qualsiasi altra pietra tradizionale.

Come sopra citato, i settori d'impiego delle stampanti 3D toccano anche i settori come il dentale e il medicale, costruendo protesi e modelli dentali provvisori in totale flessibilità e rapidità.



Figura 98: processo stereolitografico per anelli.

Fonte:

<http://www.youtube.com/watch?v=T4NwFXWG3Sc>



Figura 99: prototipo stereolitografico a sx e modello finito a dx. Fonte: <http://dwssystem.com/>

Il vantaggio assimilabile da questa nuova metodologia produttiva è visibile in fig.100, dalla quale si denota come sia del tutto più rapida la produzione di modelli nello stesso arco di tempo, ben 23 in più rispetto al metodo tradizionale.

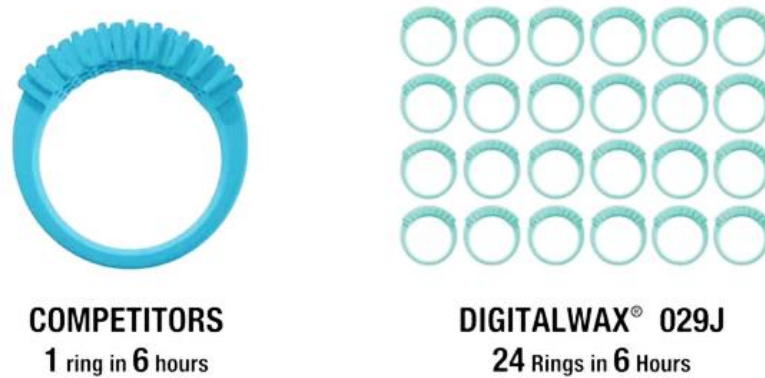


Figura 100: rapidità produttiva tra stampa 3D e metodologia convenzionale.

Fonte: <http://www.youtube.com/watch?v=T4NwFXWG3Sc>

Per completare la descrizione, di seguito sono raffigurate le stampanti che la DWS System propone per poter sviluppare quanto detto in questo paragrafo. Si parte dalle stampanti più piccole al prezzo di circa 30.000 € fino a raggiungere i 250.000€ circa per quella più grande



Figura 101: gamma stampanti 3D.

Fonte: <http://www.youtube.com/watch?v=T4NwFXWG3Sc>

HSL Italia: Exnovo e Bijouets

Un'ulteriore esperienza formativa ed interessante ai fini della stesura di questo manoscritto è avvenuta tramite la visita presso l'azienda **HSL – Italia** a Trento. L'azienda fa risalire al 1988 la prima applicazione della stampa 3D nel settore industriale, cavalcando questo modello di business innovativo. HSL-Italia ha il proprio core business nella progettazione e creazione di nuovi prodotti: Rapid Prototyping e Rapid Tooling. Da qualche anno, esattamente dal 2010, l'azienda ha voluto applicare il 3D Printing per la creazione di complementi d'arredo di design, fondando un nuovo marchio, **Exnovo** e, solo recentemente, è stato fondato un ulteriore brand con nome **Bijouets** per la produzione e vendita di gioielli. I due segmenti racchiudono, al loro interno, prodotti ad elevato grado di innovazione e personalizzazione. Exnovo comprende una gamma di lampade e vari tipi di vassoi, mentre Bijouets si concentra su bracciali, collane ed anelli prodotti in 3D. L'elevato design è accompagnato all'artigianalità tecnologica, unendo l'estetica e lo stile italiano al “saper fare” digitale. L'unione delle due forme crea dei prodotti esclusivi dal punto di vista produttivo e dal punto di vista stilistico. La stampa 3D, come è stato detto a più riprese, libera qualsiasi vincolo produttivo, lasciando spazio a creatività, personalizzazione e bellezza, creando forme e dettagli inesplorati fino ad ora. Di seguito è illustrato il processo con il quale il singolo complemento d'arredo è riprodotto.



1



2



3



4

Figura 102: processo di creazione vassoio. Fonte: catalogo 2013 Exnovo.

Il titolare dell'azienda il Sig. Ignazio Pomini descrive la stampa 3D come un cambio di prospettiva che inevitabilmente implica nuove modalità di strutturazione del lavoro in termini di progettazione ed implementazione.

L'Additive Manufacturing consente di soddisfare obiettivi "economico-morali". Lavorando *Just in Time*, questa tecnologia permette la produzione di piccoli lotti in modo da rispondere in modo efficace alle esigenze di mercato, diminuendo così in maniera sensibile le scorte di magazzino e rimanenze a fine anno. Unito a ciò si lavora per personalizzare i singoli elementi e produrli sempre con diversi stili e design. Tutto questo è realizzabile in sintonia con le politiche volte alla sostenibilità, ed ecco il perché del termine "economia morale" che Pomini utilizza. La tecnologia 3D permette, altresì, di rimediare agli ingenti sprechi produttivi, potendo contare almeno sul 50% del materiale riciclato ed un limitato dispendio energetico, adoperando un utilizzo programmato della macchina, mantenendola a temperatura costante, senza imprevisti termici. È una nuova sfida che coinvolgerà sempre più attori del mercato, ancora timorosi sull'utilizzo di queste tecniche additive.

A differenza dell'azienda DWS System, produttrice di stampanti, la HSL Italia ha saputo indirizzare un business con l'utilizzo di queste stampanti. Ad oggi è una delle poche aziende con un chiaro piano commerciale di espansione, avendo maturato alcuni anni di esperienza, ancora quando l'utilizzo delle tecniche additive per la creazione di prodotti in serie sembrava quasi utopistico.

HSL con il brand Exnovo, è approdata nei migliori loft newyorkesi, in seguito al progetto Design-Apart⁵⁴ che propone di introdurre un nuovo metodo per distribuire l'arredamento Made in Italy. Il loft selezionato misura circa 250 mq posto sulla 25esima strada nei pressi di Flatiron, sarà luogo di incontro per poter saggiare l'arredamento italiano, dalla cucina ai divani e dall'illuminazione ai mobili. In questo modo si crea uno showroom nel quale vivrà il designer Diego Paccagnella dando la possibilità di dare visibilità alle aziende d'arredamento italiane accedendo ad un mercato, quello statunitense, senza avere negozi di proprietà che, oltre l'elevato costo economico, non trasmettono la bellezza ed il senso estetico, relegando l'oggetto ad una comunissima vetrina. In questo modo si vivrà effettivamente un'esperienza del tutto nuova.

⁵⁴ http://america24.com/news/new-york-il-design-italiano-non-paga-affitto?refresh_ce

Collezione **Bijouets** ed **Exnovo**.



Figura 104: bracciale Dentelle.
Fonte: http://bijouets-italia.com/shop/it/bijouets/84-dentelle.html#/colore_bijou-viola



Figura 103: collana Merletto. Fonte: http://bijouets-italia.com/shop/it/bijouets/72-merletto.html#/colore_bijou-rosso



Figura 106: bracciale City. Fonte: <http://bijouets-italia.com/shop/it/bijouets/74-city.html>



Figura 105: anello Net. Fonte: http://bijouets-italia.com/shop/it/bijouets/88-net.html#/dimensione_bijou-xs/colore_bijou-verde



Figura 107: lampada Bandage. Fonte: <http://www.exnovo-italia.com/shop/it/exnovo/43-bandage-applique.html>



Figura 108: lampada Pneu Hanging. Fonte: <http://www.exnovo-italia.com/shop/it/exnovo/83-pneu-hanging.html>



Figura 109: vassoio Basket.
Fonte: <http://www.exnovo-italia.com/shop/it/exnovo/63-basket-d26.html>

4Cube: Un'idea stampata in H-Farm

Un suggestivo modo per avvicinarmi alle potenzialità della stampa 3D è avvenuto grazie alla partecipazione ad un evento innovativo organizzato da **Desall**⁵⁵ nella sede di H-Farm, noto incubatore di idee con sede a Roncade in provincia di Treviso.

All'avvenimento hanno partecipato numerosi designers ed il gruppo **MARKETERs**, IN cui risuldo come socio attivo. E' doveroso sottolineare come il Club parte dell'Università Cà Foscari, di cui faccio parte, sia orientato da sempre al coinvolgimento di studenti appassionati in tema di Marketing e Management.

Quel giorno, Desall ha organizzato una giornata all'insegna della creatività ed innovazione, stabilendo una gara di 8 ore per la creazione e la produzione di un complemento d'arredo riproducibile solamente con stampante 3D secondo metodologia FDM.

Da Giugno fino ad oggi, il tema della stampa 3D si è diffuso in modo quasi virale, attraendo l'attenzione di molti, diventando un argomento topico se si vuole parlare di futuro manifatturiero. Sette mesi fa, non vi erano molte occasioni per parlare e ideare

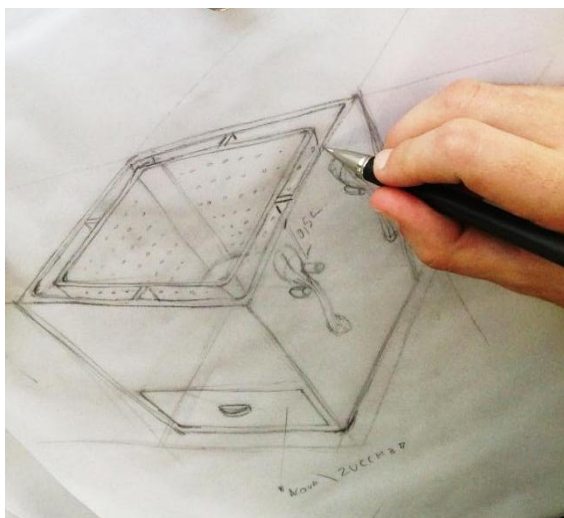


Figura 110: disegno complemento d'arredo. Fonte: Bon4 - H-Farm

prodotti tridimensionali in maniera del tutto libera.

Il gruppo di cui facevo parte denominato Bon4, era formato da 2 marketers e 2 designers. In quelle otto ore abbiamo inizialmente pensato ad un oggetto che potesse soddisfare i parametri per la riproduzione tridimensionale e poi abbiamo sviluppato delle tecniche per la vendita online. L'obiettivo è stato anche quello di poter raggiungere tutti i potenziali

acquirenti solamente con un klik del mouse. Come si nota dalla figura 89, anziché

⁵⁵ Start-up nata in H-Farm (Roncade), che ha sviluppato una piattaforma online, nella quale favorire l'incontro di designers di tutto il mondo per lo sviluppo di progetti digitali con lo scopo di stamparli in 3D.

implementare il disegno su sistema CAD, si è voluti procedere con un disegno-bozza per immaginare meglio il prodotto. Una volta stabilito il prodotto con relative funzionalità, è stato possibile implementarlo e creare i render mediante il software Solidworks. Il complemento d'arredo è stato pensato per un utilizzo estremamente flessibile, con dimensioni e linee atte per la sua riproduzione. Il pezzo denominato 4Cube, per i suoi 4 diversi utilizzi, in totale conta tre componenti in ABS da assemblare singolarmente. Una volta assemblato, la sua funzionalità cambia a seconda del

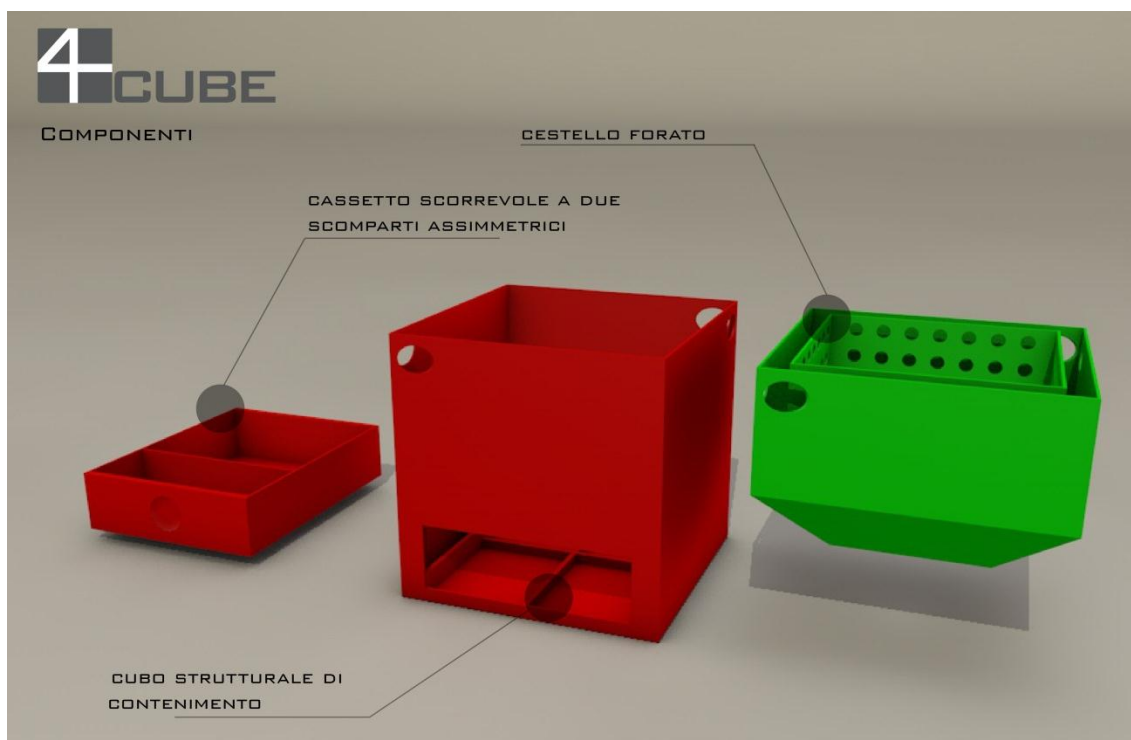


Figura 111: componenti del prodotto. Fonte: Bon4 - H-Farm

posizionamento nell' ambiente domestico, attribuendo un elevato design e stile ai quattro diversi usi, i quali sono:

- **Porta bonsai**



Figura 112: porta bonsai d'arredo. Fonte: Bon4 - H-Farm

- **Zuccheriera**

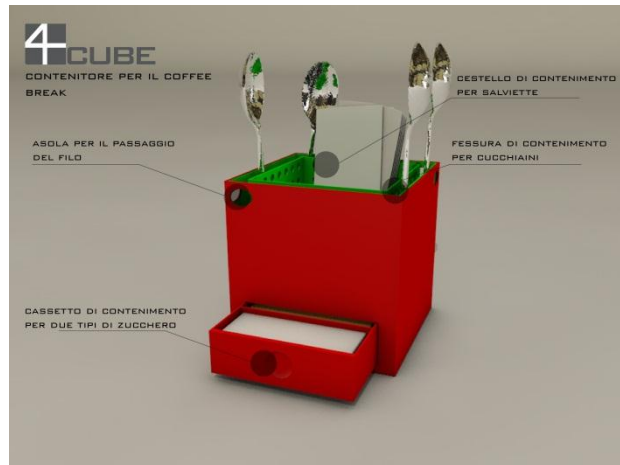


Figura 113: zuccheriera. Fonte: Bon4 - H-Farm

- **Porta penne e biglietti da visita**

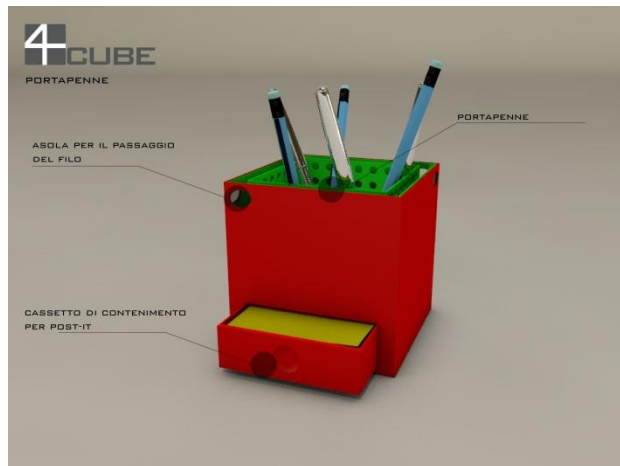


Figura 114: porta penne e biglietti da visita. Fonte: Bon4 - H-Farm

- **Scola stoviglie**

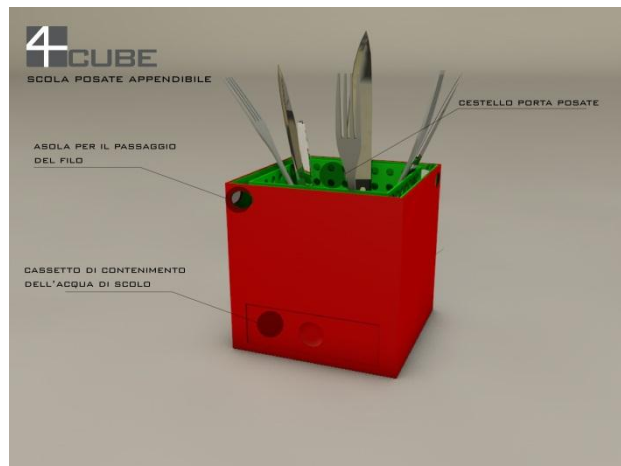


Figura 115: scola stoviglie. Fonte: Bon4 - H-Farm

Determinato il prodotto con relative funzionalità, è stato utile condividere il progetto su piattaforme online per dare la massima visibilità alla creazione. Le piattaforme da noi scelte sono state:

- **Thingiverse.com:** uno dei portali di progetti 3D open source più conosciuti e famosi al mondo, nel quale un utente, da qualsiasi parte del mondo, può scaricare in pochi istanti il disegno da stampare;
- **Fabme.com:** piattaforma di origine italiana che funge da service 3D, stampando a pagamento qualsiasi progetto si richieda.

Questo paragrafo ha sintetizzato una significativa esperienza dall'elevato contenuto formativo, dimostrando come la stampa 3D possa aprire i confini della creatività e sostenibilità.

Conclusione

Erano le 18.55 della sera di un 17 Febbraio, giornata fredda e piovosa, tipica dell'inverno inoltrato. Fuori dalla finestra si potevano scorgere come i rami secchi e bagnati dell'acero del giardino si piegavano quasi a toccare terra, dalla forza del vento gelido che spirava. Tutto d'un tratto, un flash, un bagliore che illuminò e squarciò il torpore della sua mente. Non era un fulmine, ma il ricordo del compleanno di sua madre, Il compleanno, 50 anni portati divinamente e sempre in prima fila. Attimi di panico, oltre agli auguri, la dimenticanza più grave era il regalo, al quale qualsiasi donna teneva e cullava tra le braccia per festeggiare al meglio il proprio anniversario di nascita. Lei, una donna lavoratrice, seria e sempre attenta all'educazione dei figli, aveva perso quel folclore innato che incarna la tipica madre del Sud. Ma una cosa non poteva però mai mancare: il regalo di compleanno.

Passati quegli attimi di terrore, Pietro guardò l'orologio e calcolò che il tempo a disposizione per poter trovare una soluzione alla sua dimenticanza era un'ora e quindici minuti, l'orario di ritorno della madre.

Pensò chiaramente ad un mazzo di fiori, ma dato l'infausto tempo atmosferico che caratterizzava quel grigio pomeriggio, lo scartò senza pensieri; uscire era impossibile. Il ragazzino, ancora tredicenne, privo di qualsiasi patente per mezzo a motore, scartabellò tra i suoi pensieri in cerca di una rapida alternativa, idea! esclamò, un bella torta take away portata fresca fresca dal negozio a pochi isolati da casa sua. Ottima idea, peccato che il mercoledì fosse il giorno di chiusura settimanale. Altra ipotesi andata in fumo. Il tempo passava, mancavano cinquantacinque minuti all'apertura di quella porta in legno massiccio. Pietro fece sprofondare la testa tra le sue braccia conserte poggiate sulla sua scrivania, quando d'un tratto il suo occhio destro semichiuso, puntò sulla mensola della parete azzurra di camera sua, la sua stampante 3D. Era il regalo per la sua promozione dalla prima alla seconda media, avvenuto con la media del 9. Uno studente modello. Per quella stampante suo padre dovette sborsare non pochi denari al fine di soddisfare la passione tipicamente italiana da designer, ma in quell'istante, Pietro, pensò che furono i soldi meglio spesi per un regalo.

Subito aprì il programma “Solidworks” e iniziò a disegnare un oggetto dalla forma cubica, pensato come complemento d’arredo, ma non solo.

L’orologio scandiva imperterrito il passare dei secondi e la candela posta alle spalle del ragazzo, disegnava sulla parete azzurra un’ombra dai contorni ben chiari, dove si scorgevano occhiali e dita al lavoro, che si muovevano al ritmo di click come se fossero i martelletti di una una vecchia macchina da scrivere.

Alle 19.45 il suo progetto era finito, mancava solamente riprodurlo. In fretta collegò i cavi di quella amata stampante 3D al suo laptop e dopo aver impostato i parametri di stampa, cliccò il tasto “Build”. La stampante dopo mesi di inattività, venne messa subito all’opera; iniziò a muoversi quasi ipnoticamente, la testina che, grazie al suo ugello, depositava il polimero di plastica fusa, il quale era ben avvolto in una bobina posto a lato della macchina, che poco a poco costruiva ed erigeva l’invenzione di Pietro.

Dopo circa trenta minuti la creazione era ultimata, il cubo misurava 10 cm d’altezza x 10 cm di larghezza e 10 cm di profondità. L’oggetto si completava di un piccolo cassetto sulla base, ed un cestello forato al suo interno. A vederlo così sembrava quasi un giocattolo, ma rivestiva invece utilissime funzionalità, tanto che il ragazzo non si limitò ad assicurare una sola funzione al suo cubo, ma ben 4, denominandolo in questo modo, “4Cube”. Pietro, dalle spiccate doti creative ed artistiche, diede il meglio di se per poter regalare a sua madre uno splendido oggetto d’arredo, che potesse cambiare funzionalità a seconda della posizione in cui veniva posto in casa. In salotto il “4Cube” incarnava un’incantevole porta bonsai, in cucina assumeva la funzione per scola stoviglie e l’altra come preziosissima zuccheriera; infine sulla scrivania dell’ufficio della madre come utilissimo portapenne e biglietti da visita.

A fine serata, il ragazzino postò il suo progetto per stampa 3D, sul portale Thingiverse.com, portale online nel quale caricare progetti di ogni genere, utilizzabili in maniera open source da tutti gli utenti iscritti e possessori di stampanti 3D. Inoltre dedicò un profilo facebook alla sua creazione, talmente innovativa da registrare molti “like” in poco tempo. Tutto questo lo fece anche per pubblicizzare e rendere noto il suo primo progetto, in modo da poter aiutare tutti quei figli che, in una giornata triste e malinconica, potessero colorare le camere e i loro regali di rosso, rosso “4Cube”.

Questo breve racconto vuole essere la conclusione creativa, fuori dal normale, in linea con la creatività che la stampa 3D permette di applicare liberamente, per qualsiasi produzione. Ho portato a conoscenza quanto il sistema produttivo stia lentamente o velocemente, a seconda dei punti di vista, cambiando.

Approfondendo le dinamiche di cambiamento dall'industria degli stampi fino alla stampa 3D, esplorando nei meandri del sistema produttivo italiano, ho cercato di fare un punto della situazione in merito all'applicazione delle diverse tecniche produttive e di dimostrare in che modo la stampa tridimensionale si stia introducendo nel tessuto industriale ed artigianale italiano.

Riavvolgendo il “nastro”, ormai termine quanto mai obsoleto, una decina di anni fa o anche meno, il ragazzino Pietro non avrebbe potuto inventarsi e produrre a suo piacimento un oggetto da poter regalare o adoperare da lì a poco tempo, o quantomeno produrlo sulla scrivania della sua stanza. Pietro avrebbe dovuto mandare il suo progetto ad un service di produzione, per eseguire uno studio di fattibilità da qualche ingegnere e programmare una produzione che non poteva essere inferiore ad un lotto di qualche migliaio di pezzi, poiché un singolo pezzo da regalare alla mamma non avrebbe soddisfatto le richieste di standardizzazione, ripetizione e popolarità.

Fortunatamente tutto questo ora è possibile, grazie all'abbattimento delle barriere all'entrata della tecnologia 3D: la produzione artigianale sta prendendo una via differente rispetto alla produzione di massa.

Per un singolo progetto o singola idea non servono più grosse fabbriche, macchinari rumorosi e comignoli sbuffanti di fumo grigio, ma pochi click ed un'idea facilmente riproducibile a basso costo. Grazie alla riduzione sostanziale dei costi per possedere una stampante 3D, il presente manifatturiero si sta adattando e lentamente modificando, grazie anche alla diffusione di diversi sistemi di lavorazione digitali, diventando sempre più indipendente dalla dimensione, aprendo nicchie di mercato altamente specializzate fino ad ora inesplorate.

La nuova vera sfida sarà capire come cambieranno in primis gli equilibri di mercato, quali settori e quali singoli oggetti si presteranno a “*switchare*” in maniera decisa verso l'additive manufacturing. Attualmente ho indicato quali settori e più o meno quale

componentistica si stia indirizzando verso questo orizzonte. Sicuramente di giorno in giorno tale tecnologia crescerà e molti altri prodotti potranno essere stampati in 3D. Il 2014 risulterà, oltremodo, un anno all'insegna della diffusione del 3D Printing.

Sicuramente l'applicazione di utensili, come gli stampi, troveranno la loro utilità non solo nelle produzioni ad elevate tirature, ma saranno sempre più affiancati da sistemi riproduttivi 3D. Questi non si limiteranno solo alla prototipazione rapida ma andranno sempre più a creare veri e propri finiti caratterizzati da elevati.

I casi Exnovo e Bijouets non tenderanno ad essere gli unici brand presenti sul mercato, ma saranno sempre di più le aziende ed artigiani digitali che applicheranno la tecnologia additiva nella creazione di prodotti estetici finiti e prodotti con finalità ed usi industriali. Per poter crescere nei numeri, la stampa 3D deve ancora fare passi in avanti in molti aspetti, come tempo di ciclo e materiali; ma certamente questo sarà motivo d'espansione e di crescita. Saranno utili, a mio giudizio, service 3D e laboratori tecnologici per dare sostegno in questa nuova rivoluzione e fungere da centro di conoscenza e competenza a servizio dell'artigianato e dell'industria italiana. Le scuole dovranno poter avere accesso a tale tecnologia per poter istruire, prima di tutto, le nuove generazioni e poi per dare libero spunto alla creatività del singolo studente, vero motore futuro della società. L'educazione alla stampa 3D e le sue future applicazioni potranno far sorgere nuove competenze e nuovi processi produttivi, sostenendo il singoli lavoratori, come il computer ha aumentato la loro funzionalità a partire dagli anni '90.

Bibliografia

- Anderson, C. (2013). *Makers - Il ritorno dei produttori*. Milano: Rizzoli.
- Ariete, V. (2013, Luglio). Il futuro caldo-freddo dello stampaggio. *Stampi, progettazione e costruzione*, p. 28-31.
- Bertacchi, G. (2002). *Il manuale dello stampo progettato*. Milano: Tecniche nuove.
- Bocola, M. (2011). Tafter Journal. Esperienze e strumenti per cultura e territorio. Articolo estratto da "Le nuove frontiere della produzione: la digital fabrication. Confindustria Roma
- Carminati, R. (2013, Ottobre). Stampista, ti vorrei così. *Stampi, progettazione e costruzione*, p. 22-24.
- Gerschenfeld, N. (2012, November). How to make Almost things
- Guaglione, E. (2013, Luglio). Dall'idea di "concept mould project" all'oggetto. *Stampi, progettazione e costruzione*, p. 24-27.
- Imperio, M. (2013, Luglio). Meccanico: una professione complessa. *Stampi, progettazione e costruzione*, p. 22.
- Kim W. C. e Mauborgne R. (2011). *Strategia oceano blu, vincere senza competere*. Milano, Etas

- Micelli, S. (2011). *Futuro artigiano. L'innovazione nelle mani degli italiani*. Venezia: Marsilio Editori.
- R.Suzzani. (2002). *Il manuale dello stampista*. Milano: Tecniche nuove.
- Rotman, D. (2012). Manifattura/Innovazione: non l'una senza l'altra. *Technology Review*, p. 7-8.
- Saechting, H. (2010). *Il manuale delle materie plastiche, 9a edizione*. Milano: Tecniche nuove.
- Schilling M. A. (2009). *Gestione dell' Innovazione, 2° edizione*. Milano. Mc Graw-Hill
- ISTMA American Business Conditions Report, July 2013, analisi situazione economica stampista in America
- Technology Review, la rivista del MIT per l'innovazione
- The Digital Manufacturing Revolution, ricerca Università di Brescia SCSM
- Manufacturing: The third industrial revolution | The Economist

- Documentazione convegno Smau Milano 23/25 Ottobre (Salone Macchine e Attrezzature per l'ufficio), La terza rivoluzione industriale: Il Digital Manufacturing
- Articolo Ottobre 2011, Strategic Foresight Report - Atlantic Council. Could 3D Printing change the world?
- Report della Bank Vontobel, 3D Printing, una tecnologia che ci cambierà la vita?
- Premis - supporto alle decisioni strategiche, analisi settoriale Stampanti 3D
- Articolo economico estratto da La Tribuna di Treviso il 09/01/2013, Stampa in tre dimensioni la capitale è nella Patreve.

Sitografia

<http://www.spol.ice.it/GraficoWM.aspx?IdTavola=13&IdProdotto=25732>

<http://www.spol.ice.it/GraficoMondo.aspx?IdTavola=14&IdProdotto=25732>

http://www.inglass.it/pagine.php?id_menu=10&id_pag=108&id_m=4&id_p=28

<http://ramko.com/products/products.html>

<http://www.chimicamo.org/chimica-generale/tecnologie-di-lavorazione-dei-polimeri.html>

http://corriereinnovazione.corrieredelveneto.corriere.it/2014/14-gennaio-2014/chiavette_usb-2223920044735.shtml

<http://www.confindustriaroma.it/Public/Doc/le-nuove-frontiere-della-produzione-la-digital-fabrication.pdf>

http://www.ecodibergamo.it/stories/Economia/79417_tora_tora_tora/

<http://w3.uniroma1.it/pasquali/page2/page9/page10/files/04-02.pdf>

<http://www.clickthegear.it/dallidea-di-concept-mould-project-alloggetto/>

<http://www.economist.com/node/21553017>

<http://3dprintheq.com/the-importance-of-3d-scanners/>

<http://www.kentstrapper.com/usare-kinect-come-scanner-3d-fai-da-te-ecco-come/>

<http://www.kentstrapper.com/prodotto/mendel-max/>

<http://www.smau.it/milano13/schedules/la-terza-rivoluzione-industriale-il-digital-manufacturing-scenario-ad-oggi-ed-a-tendere/>

http://www.premis.it/casi_trattati.php

<http://www.kaemart.it/vp/bovisa/bordegoni/materiale/Ra>

<http://www.3dsystems.com/3d-printers/production/ipro-8000-mp>

<http://www.3dsystems.com/3d-printers/production/prox-950>

<http://www.3dsystems.com/3d-printers/production/prox-950>

<http://www.3dsystems.com/learning-center/case-studies/f1-team-races-with-3d-systems>

http://www.youtube.com/watch?v=apm5Gn2s_-M

www.aero.polimi.it/~sala/bacheca/PROTOTIPAZIONE.pdf

<http://www.stratasys.com/it/stampanti-3d/serie-design/precision/objet-connex350>

<http://www.stratasys.com/it/materiali/polyjet/materiali-digitali>

<http://www.kaemart.it/vp/bovisa/bordegoni/materiale/RapidPrototyping.pdf>

<http://www.kiorodesign.com/it/3d-metal-printing-info/>

<http://replicatore.wordpress.com/2013/10/27/tutte-le-scarpe-sportive-stampate-in-3d/>

<http://www.youtube.com/watch?v=T4NwFXWG3Sc>

<http://dwssystems.com/>

http://bijouets-italia.com/shop/it/bijouets/72-merletto.html#/colore_bijou-rosso

http://bijouets-italia.com/shop/it/bijouets/84-dentelle.html#/colore_bijou-viola

http://bijouets-italia.com/shop/it/bijouets/88-net.html#/dimensione_bijoux/colore_bijou-verde

<http://bijouets-italia.com/shop/it/bijouets/74-city.html>

<http://www.exnovo-italia.com/shop/it/exnovo/43-bandage-applique.html>

<http://www.exnovo-italia.com/shop/it/exnovo/83-pneu-hanging.html>

<http://www.exnovo-italia.com/shop/it/exnovo/63-basket-d26.html>

<http://www.labviewworld.it/2013/06/stratasys-acquista-makerbot-per-607-milioni-di-dollari/>

www.blender.it/stampa3D/pdf

http://www.atlanticcouncil.org/images/files/publication_pdfs/403/101711_ACUS_3DPrinting.PDF

<http://cba.mit.edu/docs/papers/12.09.FA.pdf>

<http://ctma.com/wp-content/uploads/ISTMA-BCR-July-2013-Rev.pdf>

http://www.technologyreview.it/archivio/2_Mar-Apr_2012.pdf

http://derinet.vontobel.ch/Pdf_Flyer/CH0141505112i.pdf

Interviste

Cuzziol Franco - Imprenditore - Model Stampi (2013, Ottobre 30).

Lucon Raffaele – Operations Manager - Flextronics S.r.l. (2013, Ottobre 28).

Zamuner Mauro – Ex Direttore Commerciale - Flextronics (2013, Marzo 25).

Tinazzi Roberta – Tooling Manager - Flextronics (2013, Novembre 18).

Zenere Sergio – Applications Manager - Dws System (2013, Novembre 22).

Ignazio Pomini – Imprenditore – HSL – Italia (2013, Dicembre 18)

Ringraziamenti

Ringrazio la mia famiglia, per l'affetto ed il sostegno donatomi in questo lungo cammino.

Ringrazio mia nonna, oramai scomparsa, vero perno dell'intera famiglia. Lei ha impartito lezioni di vita, forza e coraggio. Mi ha sostenuto in tutto, nel lungo e tortuoso percorso accademico.

Ringrazio tutti i parenti e cugini per la loro costante presenza.

Ringrazio Nadia, per l'amore ed il sentimento che ci lega.

Ringrazio il Professore Stefano Micelli, per l'importanza e la sua profonda conoscenza che ha saputo trasmettermi in questi mesi.

Ringrazio Francesco "Cucca", per la profonda amicizia, per l'immane vicinanza in tutti questi anni universitari e per la sua saggezza.

Ringrazio "Mirkone", "Teo", "Effe", "Muschio" e "Zando", perché in questi due anni abbiamo vissuto come all'interno di un film, nel quale 6 amici universitari immaginano e cercano di deciptare il futuro.

Ringrazio tutti gli altri miei amici, per la loro amicizia e i bei momenti trascorsi insieme.

Ringrazio il "MARKETERs Club", in quanto socio attivo dal primo giorno della sua fondazione. Grazie ed insieme ad altri studenti è cresciuta la passione per il mondo accademico-socio-culturale.