

# Stampaggio digitale ad alta velocità:

Una straordinaria alternativa al tradizionale stampaggio a iniezione per la produzione di parti in plastica in piccole serie

Lo stampaggio digitale è un processo di produzione additiva altamente scalabile che consente di velocizzare e semplificare la produzione di parti in plastica.

La tecnologia di stampaggio digitale di 3D Systems consente il passaggio dei progetti dal CAD alla produzione senza utensili, facilita le iterazioni in tempo reale dei progetti di parti, accelera il passaggio alla produzione di nuovi progetti senza necessità di riattrezzaggio e consente di produrre rapidamente parti troppo complesse per lo stampaggio a iniezione tradizionale.

Questo documento descrive l'evoluzione dello stampaggio digitale, spiegandone il funzionamento, elencandone i vantaggi per i produttori, rivelando i fattori economici chiave di questa tecnologia e fornendone le prospettive secondo un esperto del settore. I risparmi in termini di costi e tempo sono documentati in studi di comparazione che offrono una panoramica sulle prestazioni dello stampaggio digitale rispetto a quelle dello stampaggio a iniezione tradizionale.



## Introduzione

- Una svolta radicale dopo quasi 150 anni di utilizzo degli utensili
- Un approccio modulare e altamente scalabile alla produzione ad alta velocità di parti in plastica
- Possibilità di usare nuovi materiali grazie a tempi minori di permanenza nel contenitore
- La confluenza di tecnologie che rende possibile lo stampaggio digitale

### Cambio radicale dopo quasi 150 anni

Dalla sua invenzione avvenuta quasi 150 anni fa, lo stampaggio a iniezione è stato uno dei punti cardine nel mondo della produzione.

Tale processo è migliorato considerevolmente negli anni grazie all'invenzione di forme solubili di acetato di cellulosa, delle macchine a iniezione a vite, del processo di stampaggio a iniezione assistito da gas e di un'ampia gamma di materiali.

Lo stampaggio a iniezione è passato dalla produzione di oggetti semplici come bottoni o pettini fino a quella di oggetti complessi praticamente per qualsiasi settore, compreso l'automotive, l'aerospaziale, la sanità, i prodotti di consumo, l'edilizia, l'imballaggio e molti altri.

Ma c'è un aspetto dello stampaggio a iniezione che non è cambiato: la necessità degli utensili. Nonostante i miglioramenti in termini di semplicità e velocità grazie ai progressi nella lavorazione CNC e nella stampa 3D, l'utilizzo di utensili per stampi a iniezione sempre più complessi viene ancora quantificato in settimane e a volte in mesi.

### Un approccio altamente modulare

L'approccio di 3D Systems allo stampaggio digitale senza utensili è reso possibile dal processo di produzione modulare Figure 4™, una configurazione di stereolitografia (SLA) brevettata 30 anni fa dal cofondatore di 3D Systems

Chuck Hull.

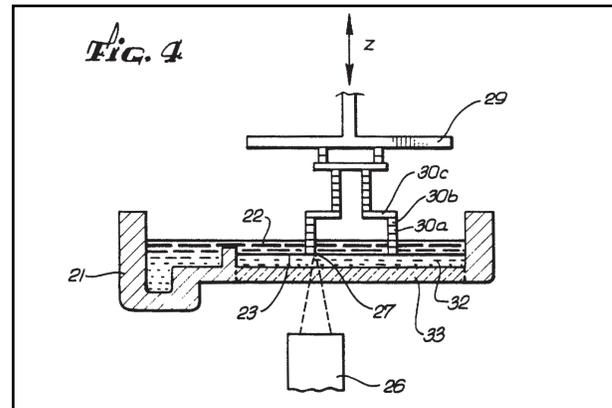


Figure 4™ offre una tecnologia di produzione additiva ultraveloce in moduli separati, che verrà poi inserita in linee di assemblaggio automatizzate e integrate con i processi secondari, tra cui lavaggio, asciugatura e polimerizzazione.

Grazie all'utilizzo di una serie di moduli di produzione robotizzati, è possibile stampare strutture finite a una velocità eccezionale, con una resa ottimizzata grazie ai flussi di lavoro a valle. I costi e i tempi di ciclo specifici variano in base alla parte o al tipo di geometria stampata. Ad esempio, il tappo di sfiato per applicazioni automobilistiche citato nel presente documento ha un tempo di ciclo pari a 95 secondi.

### L'avvento di nuovi materiali

La velocità di lavorazione della tecnologia Figure 4 consente l'utilizzo di resine plastiche reattive con tempi di permanenza ridotti nel contenitore, per realizzare parti funzionali e resistenti come quelle utilizzate nelle applicazioni termoplastiche.

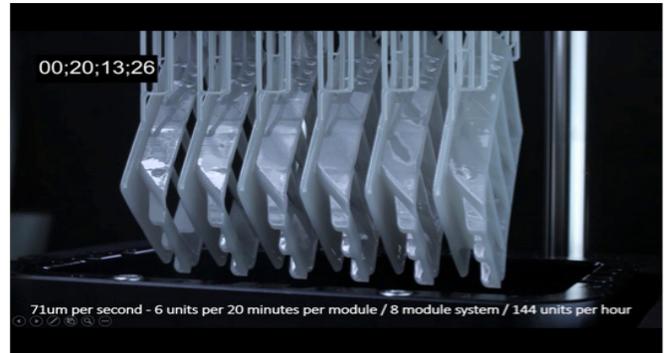
A differenza dalle altre tecnologie di stampa in 3D con fotopolimeri, Figure 4 permette la produzione di parti in materiale ibrido (polimerizzazione multimodale) che offre resistenza, durezza, biocompatibilità, deflessione ad alta temperatura e persino proprietà elastomeriche. Ciò apre la strada ad applicazioni nuove nei settori dei beni durevoli, automobilistico, aerospaziale, sanitario e molti altri.

### La tecnologia che rende possibile tutto questo

Trent'anni fa, Chuck Hull aveva già immaginato il modo in cui la tecnologia Figure 4 avrebbe portato a una produzione estremamente rapida di parti SLA. L'eccezionale velocità di lavorazione avrebbe infatti ridotto drasticamente i tempi di permanenza del materiale liquido nel contenitore, consentendo l'utilizzo di un'ampia gamma di materiali ibridi simili a quelli utilizzati nei processi di stampaggio tradizionali. Il problema era dato dalla mancanza di mezzi tecnologici per tradurre la sua visione in realtà—almeno fino a oggi.

I progressi raggiunti oggi in più settori rendono possibile lo stampaggio digitale:

- Il costante progresso della tecnologia SLA, rende lo stampaggio più rapido, più semplice e in grado di produrre parti con una maggiore precisione dimensionale.
- Continuo sviluppo di materiali, incluse miscele multi-materiale con proprietà fisiche simili a quelle delle parti realizzate con il tradizionale stampaggio a iniezione.
- Una maggiore rapidità di elaborazione delle materie prime presenti nel contenitore, per proprietà di materiale migliori e maggiormente diversificate.
- Il texturing digitale che consente la produzione di parti esteticamente gradevoli in un unico ciclo senza tempi di progettazione ed elaborazione aggiuntivi.
- Lo sviluppo del software CAD/CAM che consente la progettazione che sfrutta le straordinarie funzionalità della stampa in 3D, incluse progettazioni organiche e complesse, consolidazione di parti all'interno di uno stesso assemblaggio e uso di materiali ultraleggeri ma di resistenza elevata.
- Sistemi robotici avanzati che permettono connessioni rapide tra le operazioni modulari e un elevato grado di scalabilità.



Da diversi anni, la stampa in 3D è un complemento interessante al tradizionale stampaggio a iniezione. Ad alcuni produttori, ha consentito la produzione diretta di parti che generalmente avrebbero richiesto l'impiego di utensili per lo stampaggio a iniezione. Ad altri, la stampa in 3D ha garantito la produzione rapida di stampi metallici o in plastica con raffreddamento "conformato" e altre caratteristiche per un'efficienza e un controllo della temperatura ottimali. Lo stampaggio digitale è la prossima innovazione.

Un po' come la fotografia digitale, la stampa digitale e il video digitale, lo stampaggio digitale nasce dalla confluenza di tecnologie complementari sapientemente integrate per garantire velocità, precisione ed efficienza.

### Come funziona lo stampaggio digitale

- Le fasi automatizzate riducono la necessità dell'intervento umano
- Array in micro-DLP a membrana collegati da bracci robotizzati
- Progettato per sfruttare al meglio l'approccio e gli standard dell'industria 4.0
- Elevata scalabilità e utilizzabile su linee di produzione automatizzate

**Lo stampaggio digitale è nato dalla confluenza di tecnologie complementari sapientemente combinate per garantire velocità, precisione ed efficienza. I bracci robotizzati guidano le parti in ogni fase dei processi primario e secondario, per una produzione più fluida.**

Il processo di stampaggio digitale creato da 3D Systems è composto da moduli separati per ciascuna fase della produzione diretta in 3D. Ogni fase è automatizzata, riducendo la necessità dell'intervento umano. Dopo aver inserito il file digitale del tappo di sfiato di riferimento, il primo pezzo è stato prodotto in 92 minuti, seguito da altri tappi di sfiato alla velocità di un'unità ricorrente ogni 95 secondi.

La tecnologia Figure 4 che consente lo stampaggio digitale comprende un array di stampanti micro-DLP (Digital Light Processing) a membrana ultra-veloci. Tale array permette al processo di stampaggio digitale di beneficiare dell'efficacia di processi paralleli. Le stampanti all'interno dell'array vengono chiamate "motori" e ciascuna di esse consente di produrre oggetti fisici ad una velocità eccezionale. La produzione è talmente veloce che 3D Systems categorizza il processo come movimento o velocità. In base al tipo di geometria e al materiale di cui è composto, è possibile estrarre un oggetto in 3D da un piano in 2D a velocità misurate in millimetri per minuto.

I bracci robotizzati guidano le parti in ogni fase dei processi primari e secondari, per una produzione più fluida. I bracci estraggono le parti rapidamente dal contenitore di resina e le guidano attraverso le operazioni di lavaggio, asciugatura e polimerizzazione. Inoltre, nei moduli Figure 4 è possibile integrare un'ispezione digitale, consentendo l'acquisizione dei dati e dei sensori necessari per sfruttare al meglio le pratiche e le strategie dell'industria 4.0.

In combinazione al software di 3D Systems, i moduli Figure 4 possono comunicare in tempo reale mediante protocolli standard di settore come MTConnect e OPC Unified Architecture (OPC UA). Il software di 3D Systems

è stato progettato per fornire un'intelligenza operativa e di supporto sia a livello locale sia a livello di fabbrica e in remoto mediante la connettività Web o cloud, promuovendo uno scambio di dati efficiente per una produzione intelligente.

Lo stampaggio digitale implementato da 3D Systems è altamente scalabile e può essere utilizzato nelle linee di produzione automatizzate. Tale processo permette la lavorazione di lotti di piccole o grandi quantità e consente di passare velocemente da una parte a quella successiva. Ciò consente ai produttori di effettuare rapidamente l'iterazione dei progetti e di produrre immediatamente parti definitive.

## Vantaggi

**Eliminare la necessità di utensili dal processo di produzione si traduce in tempi di produzione più rapidi, maggiore flessibilità e possibilità di realizzare più prodotti simultaneamente.**

I vantaggi specifici nel processo produttivo includono:

- **Nessuna attesa per l'attrezzaggio:** una volta completata la progettazione della parte in 3D, la produzione può iniziare immediatamente. Con lo stampaggio a iniezione tradizionale, in genere servono settimane per completare la progettazione e la produzione degli utensili.
- **Nessuna quantità minima d'ordine:** unitamente alla straordinaria flessibilità di progettazione garantita dal flusso di lavoro digitale, la produzione senza l'utilizzo di utensili consente di consegnare qualunque quantitativo senza svantaggi economici.
- **Costi inferiori:** lo stampaggio digitale consente di ridurre i costi di manodopera, lavorazione, iterazione e prove.



- **Materiali resistenti e di alta qualità:** i materiali presentano requisiti di qualità simili a quelli per applicazioni specifiche. Le formulazioni di materiali ibridi vantano infatti un'ampia gamma di proprietà fisiche simili a quelle dei polimeri termoplastici, utilizzati nello stampaggio a iniezione.
- **Nessuna divisione in lotti:** la produzione in tempo reale delle parti elimina la suddivisione in grandi lotti all'interno dello stesso processo produttivo.
- **Scalabilità in base alle esigenze di produzione:** i sistemi possono essere facilmente adeguati mediante la semplice aggiunta di moduli.
- **Nessun tempo di attesa per sostituire gli utensili:** i produttori possono cambiare rapidamente forma delle parti per una produzione immediata.
- **Produzione rapida di parti di varie forme:** in ciascuna stampa è possibile produrre parti con geometrie multiple oppure configurare le parti temporanee come lotti, consentendo una produzione flessibile di diversi tipi di parti.
- **Maggiore complessità delle parti:** le stampanti in 3D possono produrre parti con forme complesse e caratteristiche ottimizzate che sarebbe impossibile realizzare con il tradizionale stampaggio a iniezione.
- **Personalizzazione delle parti più efficiente:** i progetti delle parti possono essere personalizzati e quindi passare immediatamente alla fase di produzione senza i vincoli degli utensili.
- **Eliminazione dei problemi di archiviazione fisica:** lo stampaggio digitale elimina i problemi di archiviazione come gestione logistica, immagazzinaggio, deterioramento delle parti e degli stampi, perdita di giacenze e il tempo per localizzare e recuperare le parti.
- **Integrabilità con metodi di produzione esistenti:** le configurazioni di stampaggio digitale possono essere integrate con i processi di altre linee di produzione e utilizzate per le fasi di produzione iniziale a basso ritmo (Low Rate Initial Production, LRIP) prima di passare alla produzione di massa con il tradizionale stampaggio a iniezione.



La produzione con la tecnologia *Figure 4™* offre la flessibilità della produzione additiva in moduli di produzione in linea configurabili, per fornire una soluzione di produzione in 3D diretta, automatizzata e personalizzabile.

## Driver di business

- Effetto sui tempi di immissione sul mercato di parti in piccole serie
- Potenziale per ridurre i costi di progettazione, produzione e manodopera.
- Semplificazione della gestione del ciclo di vita dei prodotti (PLM)
- Conseguenze sulla maggiore complessità delle parti e personalizzazione/ottimizzazione più veloce

### L'assenza di utensili si traduce in tempi di immissione sul mercato più rapidi

L'attrezzaggio per lo stampaggio a iniezione richiede tempo—non solo per produrre, ma anche per progettare e apportare le modifiche necessarie per rendere un progetto "stampabile" e infine per ricavare l'utensile dal metallo. Una volta intagliato, l'utensile può essere modificato soltanto ripetendo tutto lo stesso processo, sperando in un risultato migliore. Si tratta di un pezzo di metallo invariabile e di tempi e di costi fissi.

Il vantaggio dello stampaggio digitale è l'assenza degli utensili nella produzione. La progettazione per lo stampaggio digitale deve tenere conto soltanto della funzionalità e non degli angoli di spoglia,

dei sottosquadra, degli inserti laterali e delle altre caratteristiche richieste dallo stampaggio a iniezione. Rispetto alle settimane di progettazione iniziale necessarie per una parte testurizzata stampata a iniezione, lo stampaggio digitale può essere effettuato in poche ore, come dimostrato dal tappo di sfiato utilizzato nei test di confronto menzionati nel presente documento.

Lo stampaggio digitale elimina la lavorazione CNC, che può richiedere due o tre settimane, così come il giorno delle prime operazioni generalmente necessarie per impostare temperatura, tempo di permanenza e altri parametri.

Secondo i test di riferimento di 3D Systems, in 11 giorni, con un array di stampaggio digitale a otto moduli, si realizzerebbero 10.000 unità di tappi di sfiato testurizzati, mentre con il processo di stampaggio a iniezione ci si troverebbe ancora nella fase di progettazione. Nel periodo necessario a produrre 10.000 unità di tappi di sfiato con il tradizionale stampaggio a iniezione, un produttore che utilizza lo stampaggio digitale può produrre quasi 14.000 unità.

La velocità "da CAD a produzione" dello stampaggio digitale lo rende ideale per le fasi di produzione iniziale a basso ritmo (Low Rate Initial Production, LRIP) o per la produzione-ponte, consentendo alle aziende di lanciare i prodotti sul mercato più velocemente, con la possibilità di passare allo stampaggio a iniezione per aumentare i volumi una volta pronti gli utensili.

### **Il fattore costi**

Ovviamente, gli utensili sono comunque necessari se servono diverse centinaia di migliaia o milioni di parti. Il costo di un utensile da \$ 30.000 diviso per un milione di parti equivale a \$ 0,03 centesimi a unità per costi di attrezzaggio. Si tratta di un valore importante.

Tuttavia, l'equazione di valore non vale più nel caso di produzione in piccole serie, da 1 a 1.000 unità circa. In quel caso, il costo di ciascuna parte stampata a iniezione può essere da 10 a 100 volte maggiore rispetto a quello delle parti realizzate con lo stampaggio digitale.

Oltre al costo della produzione effettiva di una parte realizzata con stampaggio a iniezione, vi sono altri fattori economici da considerare, come l'elevato costo della manodopera durante il periodo di progettazione degli utensili che dura diverse settimane, a differenza delle poche ore necessarie per progettare una parte funzionale con lo stampaggio digitale.

In un processo senza utensili, la fase di progettazione è immediatamente seguita da quella di produzione. I produttori non devono considerare i costi aggiuntivi relativi a prove, lavorazioni CNC, materiali e manodopera prima dell'effettivo avvio della produzione.

Lo stampaggio digitale riduce inoltre il costo delle iterazioni di progettazione—se il progetto non ha l'aspetto o non offre le performance sperati, viene modificato con il software CAD ed è pronto per la produzione diretta—senza nuovi utensili da progettare o ulteriori stampi da produrre o test da effettuare.

### **Effetti sulla gestione del ciclo di vita dei prodotti (PLM)**

Il vantaggio iniziale nello stampaggio digitale per PLM è ovvio: la possibilità di iniziare a consegnare prodotti quasi immediatamente dopo la progettazione finale. Qualunque fattore in grado di velocizzare i tempi di immissione sul mercato costituisce un vantaggio altamente competitivo e lo stampaggio digitale è tra i migliori propulsori commerciali degli ultimi decenni.

La flessibilità di effettuare modifiche di progettazione rapide, di creare iterazioni dei progetti per prestazioni migliori e di fornire aggiornamenti in tempi utili si rivelerà un gran vantaggio per le entrate dei produttori.

Mentre i prodotti passano alle fasi successive del ciclo di vita, lo stampaggio digitale continua a offrire un importante valore aggiunto. Basta considerare il caso di produttori che hanno interrotto la produzione di un articolo. Per legge, i produttori di determinati articoli sono tenuti a disporre di parti di ricambio anche molti anni dopo il ritiro del prodotto dalla produzione.

Seppur in piccole quantità, tali pezzi di ricambio sono spesso richiesti. Se le parti di ricambio non sono presenti nell'inventario, il produttore deve trovare lo stampo,

assicurarsi che sia funzionale, installarlo sulla macchina di stampaggio a iniezione, effettuare operazioni di prova e produrre una piccola quantità di parti in tempi e a spese considerevoli.

Se lo stampo è danneggiato, usurato o arrugginito, i costi per realizzare gli utensili, che serviranno a produrre pochi esemplari del pezzo in questione, si moltiplicheranno arrivando a decine di migliaia di dollari. La consegna può impiegare settimane, contro i pochi giorni per le parti archiviate in via digitale.

Lo stampaggio digitale permette la produzione su richiesta di parti di ricambio. L'unico costo di archiviazione è dato dallo spazio del file digitale, mentre le parti possono essere prodotte subito, direttamente dal file CAD esistente. Si tratta di una soluzione ideale per la produzione di parti senza utensili, su richiesta e per piccole serie.

### **Parti più rapide e più economiche, semplicemente migliori**

Uno dei vantaggi principali della stampa 3D—la possibilità di produrre parti complesse senza costi aggiuntivi—risulta essere ancora maggiore se paragonato ai tempi e ai costi necessari per aggiungere caratteristiche come la testurizzazione alle parti realizzate con lo stampaggio a iniezione tradizionale.

La produzione di un tappo di sfiato testurizzato per il settore automobilistico, come la parte oggetto dei test di confronto del presente libro bianco, aumenta i tempi di progettazione e produzione dello stampaggio a iniezione.

Tuttavia, con la stampa in 3D, la complessità non si ripercuote su tempi e costi. Anzi, in molti casi è addirittura possibile ridurre i costi, utilizzando meno materiale o uno più leggero pur mantenendo, o migliorando, i livelli di resistenza e durabilità.

Poiché non si basa su una tecnologia analogica, le geometrie dello stampaggio digitale possono essere praticamente regolate in tempo reale. Non vi sono utensili fisici da sostituire: basta modificare il file digitale e avviare immediatamente la produzione.

Nel caso di un tappo di sfiato, le testurizzazioni presenti in superficie sono state cambiate in tempo reale da "pelle di bufalo" a "effetto fibra di carbonio". Con lo stampaggio digitale, le parti possono essere modificate in pochi minuti per soddisfare le preferenze di mercato o quelle di un cliente in particolare. Nel caso di stampaggio a iniezione, questa fase richiede il riattrezzaggio.

## **Risultati e metodologia di riferimento**

### **La metodologia**

3D Systems ha condotto uno studio di valutazione comparativa che analizza le fasi di progettazione e produzione di un tappo di sfiato per il settore automobilistico confrontando lo stampaggio digitale con lo stampaggio a iniezione tradizionale.

Tale studio è stato supervisionato da ingegneri con quasi 50 anni di esperienza combinata sia con metodi di produzione e progettazione digitali che tradizionali. La progettazione e la produzione sono state realizzate da aziende specializzate in CAD/CAM, lavorazione CNC, progettazione con stampaggio a iniezione e produzione additiva.

### **Misurazione del tempo**

La misurazione del tempo per lo stampaggio digitale si è basata sul tempo effettivo richiesto per progettare il tappo di sfiato testurizzato per la stampa in 3D. Gli ingegneri hanno quindi misurato il tempo necessario alla trasmissione dei dati del progetto in 3D attraverso una configurazione con otto motori.

La misurazione del tempo per la progettazione con stampaggio a iniezione è stata avviata successivamente all'invio dei dati di progettazione al fornitore di stampaggio a iniezione per piccole serie. Il fornitore ha effettuato un'analisi "progettazione-per-produzione", restituendo in seguito il file agli ingegneri 3D Systems per modifiche e iterazioni finali. Il fornitore ha quindi fornito a 3D Systems un report sull'avanzamento degli utensili con i tempi di creazione del layout e di progettazione dello stampo e di ciascuna delle fasi necessarie alla creazione degli utensili e alla produzione delle parti.

### Costi di utensili e parti

Sono stati ottenuti diversi preventivi di utensili da tre fornitori di stampaggio a iniezione. Due di essi si riferivano a servizi di stampaggio a iniezione rapida per piccole serie, mentre il terzo riguardava produzioni di grandi quantità. I preventivi di utensili presentano prezzi compresi tra \$ 7.565 e 9.700.

I preventivi delle parti sono stati ricevuti dagli stessi tre fornitori e presentavano prezzi compresi tra \$ 0,98 e 2,52 in base ai volumi e al produttore.

Il confronto della tecnologia Figure 4 è stato effettuato con i costi delle parti e degli utensili interni di uno dei fornitori di stampi a iniezione rapida.

### Risultati dell'analisi comparativa

Gli studi di confronto effettuati tra lo stampaggio digitale basato sulla tecnologia Figure 4 di 3D Systems e il tradizionale stampaggio a iniezione mostrano considerevoli differenze in termini di tempi e costi per quanto riguarda i processi di progettazione, sviluppo e utilizzo degli utensili.

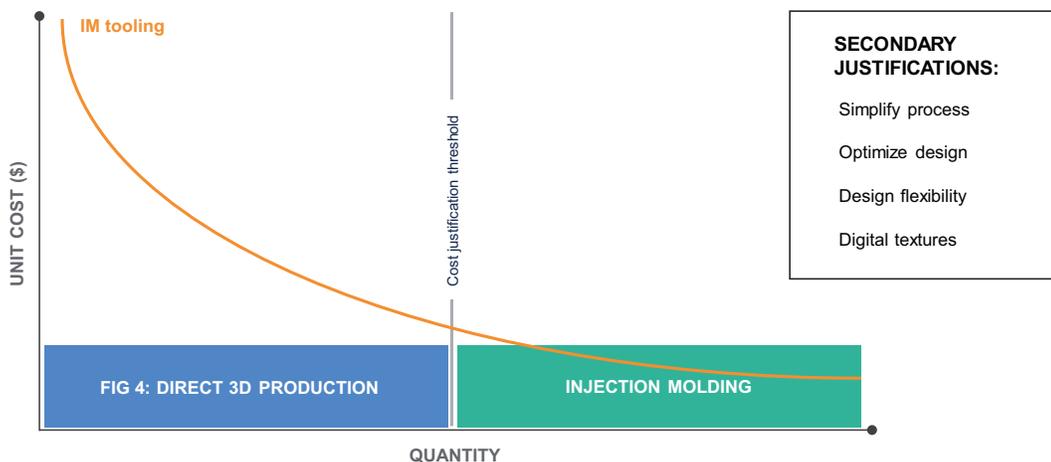
CAPACITÀ	FIG 4. (STREAMING)	STAMPAGGIO A INIEZIONE
Tempo di progettazione	3 ore	2 giorni
Progettazione utensili	0 ore	3 giorni
Tempo utensili	0 ore	14 giorni
Manodopera utensili e progettazioni utensili e CAD stimati	\$ 121	\$ 4.315*
Costo utensili interni	\$ 0	\$ 4.850
Tempo per la prima parte	92 minuti	15 giorni
Secondi per parte**	95 sec/U	55 sec/U
Costo totale per parte (@500)***	\$ 7,90	\$ 10,50
Costo per parte (@10,000)***	\$ 7,90	\$ 1,29
Progettazione regolabile	Si	No

\* Valore basato su giorni di otto ore e sulle cifre di riferimento dell'ufficio delle statistiche del lavoro degli Stati Uniti (U.S. Bureau of Labor Statistics) pari a \$ 40,19 l'ora per gli ingegneri meccanici e a \$ 24,17 l'ora per i produttori di stampi e utensili.

\*\* Valore basato su sistemi di stampa automatizzati a otto motori.

\*\*\* Il costo totale tiene conto dell'ammortamento degli utensili più il costo dei materiali per ogni parte.

## Figure 4 Direct 3D Production vs. Injection Molding





Il costo iniziale degli utensili nel tradizionale stampaggio a iniezione generato con metodo in-house era di \$ 4.850 diversamente dall'assenza di costi per utensili nello stampaggio digitale basato sulla tecnologia Figure 4 di 3D Systems. La giustificazione di volume per scegliere lo stampaggio digitale anziché quello a iniezione in questo caso specifico è pari a 700 unità.

## Prospettive secondo un esperto del settore

Tim Shinbara è il vice-presidente dell'Associazione per la tecnologia della produzione (AMT). Shinbara offre supporto ai membri dell'associazione offrendo iniziative per aumentare la consapevolezza sulle tecnologie globali, migliorando l'accesso a risorse e competenze correlate alla tecnologia e promuovendo l'impegno all'interno dell'area di produzione tecnologica.

Il vice-presidente ha studiato e documentato in prima persona il progresso della produzione additiva e prevede un potenziale impatto dello stampaggio digitale sulla produzione. Di seguito sono riportati alcuni suoi commenti estratti da una recente intervista.

### Il potenziale dello stampaggio digitale

*“La possibilità di poter passare continuamente (e in modo autonomo) da una fase di produzione all'altra riduce di gran lunga le caratteristiche del tipico “approccio per fase”, che potrebbero introdurre variazioni inaccettabili. La mitigazione*

*di ritardi e interruzioni durante la produzione, che spesso si verificano durante la rimozione delle parti, il recupero di materiale e quello delle attrezzature, è altamente auspicabile (basta pensare all'avvio della produzione di un nuovo lotto di parti dalla stessa macchina con la sola pressione del pulsante “Ripristina”).*

*“Il miglioramento dello stato della tecnologia SLA per soddisfare i requisiti di utilizzo finale delle prestazioni migliorate, mediante l'integrazione di processi di assemblaggio automatizzati unito a miscele di materiali e parti in grado di competere con lo stampaggio a iniezione: è questa la prossima tappa logica della produzione additiva”.*

### Cambiamento del layout per la produzione diretta di parti in piccole serie

*“Il layout cambia sicuramente per i tipi di parte che richiedono solamente leggeri cambiamenti geometrici. Tuttavia, questi cambiamenti sono abbastanza importanti da rendere necessarie modifiche a stampi e modelli da parte del produttore.*

*“Anche se alla fine la domanda per queste parti ha senso per lo stampaggio a iniezione dal punto di vista commerciale, la possibilità di offrire ai clienti una produzione a bassa velocità in tempi più brevi potrebbe essere una proposta abbastanza attraente per sopportare costi leggermente più alti per i clienti. Ciò causerebbe il completo passaggio allo stampaggio a iniezione, lasciando ai produttori lo spazio per ammortizzare l'approccio della produzione additiva in un prezzo unitario oppure offrendo un prezzo più basso una volta effettuato il passaggio allo stampaggio a iniezione”.*

### Produzione di una nuova classe di materiali ibridi

*“L'utilizzo di materiali ibridi offre una gamma di proprietà per uso finale altamente desiderate dai clienti, i quali aspirano alla libertà geometrica della produzione additiva unitamente a elementi altamente flessibili quali cerniere integrate e strutture realizzate in morphing con diverse proprietà meccaniche—provenienti dallo stesso segmento di produzione”.*

*“Il layout cambia sicuramente per i tipi di parte che richiedono solamente leggeri cambiamenti geometrici. Tuttavia, questi cambiamenti sono abbastanza importanti da rendere necessarie modifiche a stampi e modelli da parte del produttore”.*

**Le implicazioni della consegna su richiesta di parti personalizzabili e/o parti di ricambio in piccole serie durante la gestione del ciclo di vita dei prodotti.**

*“Tali possibilità permetterebbero a un'azienda di produzione di offrire un servizio di manutenzione ancora più a lungo termine oppure maggiore assistenza per parti/assemblaggi riesumati. Sapere dell'esistenza di tali possibilità potrebbe inoltre avere un impatto sui progetti per la produzione, sui costi dei cicli di vita complessivi e sulla preparazione (e l'assistenza) delle garanzie e degli obblighi contrattuali. Potrebbe infine avere un alto potenziale per ridurre il costo complessivo delle fasi di produzione, manutenzione, ristrutturazione, rilavorazione e risistemazione delle parti”.*

**Consentire una produzione su richiesta di parti ottimizzate con forme e texture complesse**

*“Se si integrano le rifiniture di superficie desiderate ottenute con la tecnologia SLA con il risparmio sui costi dello stampaggio a iniezione, esiste un alto potenziale di ridimensionamento dello spazio per lo stampaggio a iniezione delle parti di serie piccole o medie. Ciò permette una migliore integrazione delle opzioni su richiesta che possono costituire una proposta di valore accattivante.*

*“Questa tecnologia è applicabile a scenari di opzioni on-demand come l'autorizzazione di modifiche di progettazione all'ultimo momento senza aumenti significativi in termini di costi e ritardi, offrendo un'ampia gamma di prodotti (geometrie, materiali, funzionalità) producibili su richiesta e riducendo i costi generali (per spese tecniche e di archiviazione) per offrire il massimo della flessibilità per quanto riguarda prezzi, produzione e servizi di assistenza per strutture di business”.*

## Conclusione

Siccome viene implementato in configurazioni altamente scalabili, modulari e ad alta velocità da 3D Systems, **lo stampaggio digitale si presenta come una potenziale alternativa rivoluzionaria al tradizionale stampaggio a iniezione per la produzione di parti in plastica in piccole serie.**

L'approccio di 3D Systems offre vantaggi che abbracciano diverse fasi, tra cui quelle di progettazione, sviluppo, produzione e manutenzione durante la gestione del ciclo di vita del prodotto. I fattori chiave per il business dello stampaggio digitale includono tempi di immissione sul mercato più brevi, un migliore sviluppo del prodotto, una maggiore produttività della manutenzione e la possibilità di progettare, produrre e ottimizzare le parti di plastica nel modo più efficace, veloce e vantaggioso di sempre.