



Produzione additiva e stampaggio a iniezione

Confrontare, combinare e definire
le opportunità



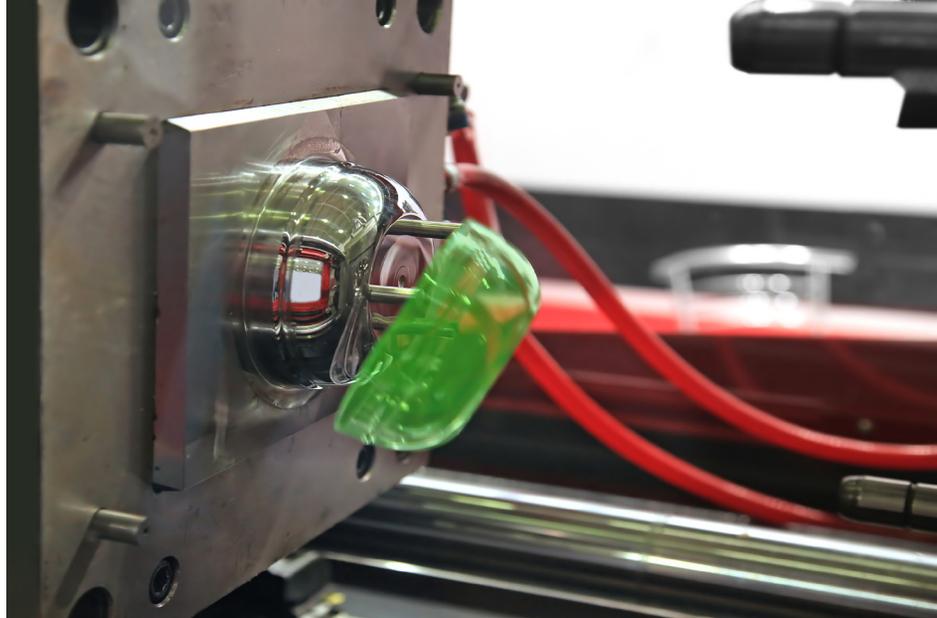
La stampa 3D, nota anche come produzione additiva, è spesso vista come un processo di produzione in competizione – o almeno che ambisce a competere – con il più consolidato processo di stampaggio a iniezione per la produzione di parti in plastica. In realtà questa prospettiva ha un certo valore in quanto per alcune applicazioni la produzione additiva rappresenta una competizione valida. Questo perché le tecnologie e i materiali di stampa 3D industriale si sono evoluti, e continuano a evolversi, in processi di produzione in grado di realizzare volumi più elevati di parti in modo più efficiente ed economico. Questa competizione è positiva, fino a un certo punto. Non tutto, però, deve essere considerato competitivo e tra questi due processi di produzione si riscontra effettivamente una complementarità. In tutta sincerità, per volumi molto elevati di parti in plastica (centinaia di migliaia) la produzione additiva ancora non può paragonarsi allo stampaggio a iniezione.

La stampa 3D è stata a lungo accettata come uno strumento vitale nelle fasi di sviluppo del prodotto: offre iterazioni progettuali rapide e decisioni ingegneristiche incisive. Tuttavia, la maggior parte dei team di produzione si limita a mantenere la tecnologia nella fase di sviluppo, solo come strumento di prototipazione.

Quando ciò accade, si sta sicuramente perdendo un'opportunità. Le tecnologie di stampa 3D sono avanzate sia in termini di capacità che di potenzialità, il che significa che per applicazioni di basso/medio volume e HMLV possono competere direttamente con lo stampaggio a iniezione oppure possono consentire uno stampaggio a iniezione più efficace mediante la produzione degli stampi.

In questo documento valutiamo entrambi i processi, i loro vantaggi (e svantaggi) per la produzione e come l'uno è effettivamente complementare all'altro.

Panorama complessivo



Innanzitutto, vale la pena dare una rapida occhiata a ciascuno di questi processi produttivi nel contesto più ampio del settore manifatturiero globale. Per quest'ultimo, una fonte ha stimato che il valore della produzione manifatturiera globale nel 2022 ammontava a 44,5 trilioni di dollari e che è sceso a 44,3 trilioni di dollari nel 2023 (a causa delle ben documentate problematiche post-pandemia e degli effetti della guerra in Ucraina). Probabilmente è meglio non considerare questi numeri come valori assoluti; tuttavia, a scopo illustrativo e come stima, è sufficiente come base di riferimento per i sottosectori specifici dello stampaggio a iniezione e della fabbricazione additiva.

Entrambi questi sottosectori manifatturieri presentano valutazioni con elementi molto variabili. GM Insights afferma che "il mercato della plastica stampata a iniezione ha raggiunto oltre 300 miliardi di dollari nel 2022... [e] il settore è destinato a registrare un CAGR del 3,5% dal 2023 al 2032". Questa analisi è in linea con quella di Grand View Research che indica che "la dimensione globale del mercato delle materie plastiche stampate a iniezione è stata valutata a 284,7 miliardi di dollari. Si prevede che si espanderà a un tasso di crescita annuale composto (CAGR) del 4,2% durante il

periodo considerato [fino al 2030]". Un'analisi più conservativa è indicata in una recente relazione di Research & Markets, affermando che: "si stima che il mercato globale dello stampaggio a iniezione abbia un valore di 187,7 miliardi di dollari". Almeno quest'ultima analisi indica che si tratta di una stima!

Esistono variazioni simili anche nel valore del settore della produzione additiva, a seconda di cosa prendiamo in considerazione. Con un'affermazione meno conservativa Research & Markets dichiara che: "il mercato globale della produzione additiva e dei materiali [è] stimato a 40,4 miliardi di dollari, [e] si prevede che raggiungerà una nuova dimensione pari a 196,6 miliardi di dollari entro il 2030, raggiungendo un CAGR del 21,9% nel periodo considerato. Si prevede che la plastica registrerà un CAGR del 22,3% e raggiungerà i 118,2 miliardi di dollari entro la fine del periodo in esame. In un rapporto più recente di Market Watch si afferma che "[il] mercato globale della produzione additiva e dei materiali è stato valutato a 16,07 miliardi di dollari... e si prevede che registrerà un tasso di crescita annuale composto (CAGR) pari al 25,7% nel periodo considerato". Mentre secondo SmarTech Analysis, la relazione pubblicata di recente afferma in modo ancora più prudente che l'industria della produzione

additiva è cresciuta del 23% arrivando a 13,5 miliardi di dollari, ma prevede che crescerà fino a 25 miliardi di dollari entro il 2025.

La relazione di Wohlers più recente indica anche una forte "crescita del settore della fabbricazione additiva del 19,5%" e attualmente valuta il settore a \$18 miliardi, con proiezioni di forte crescita.

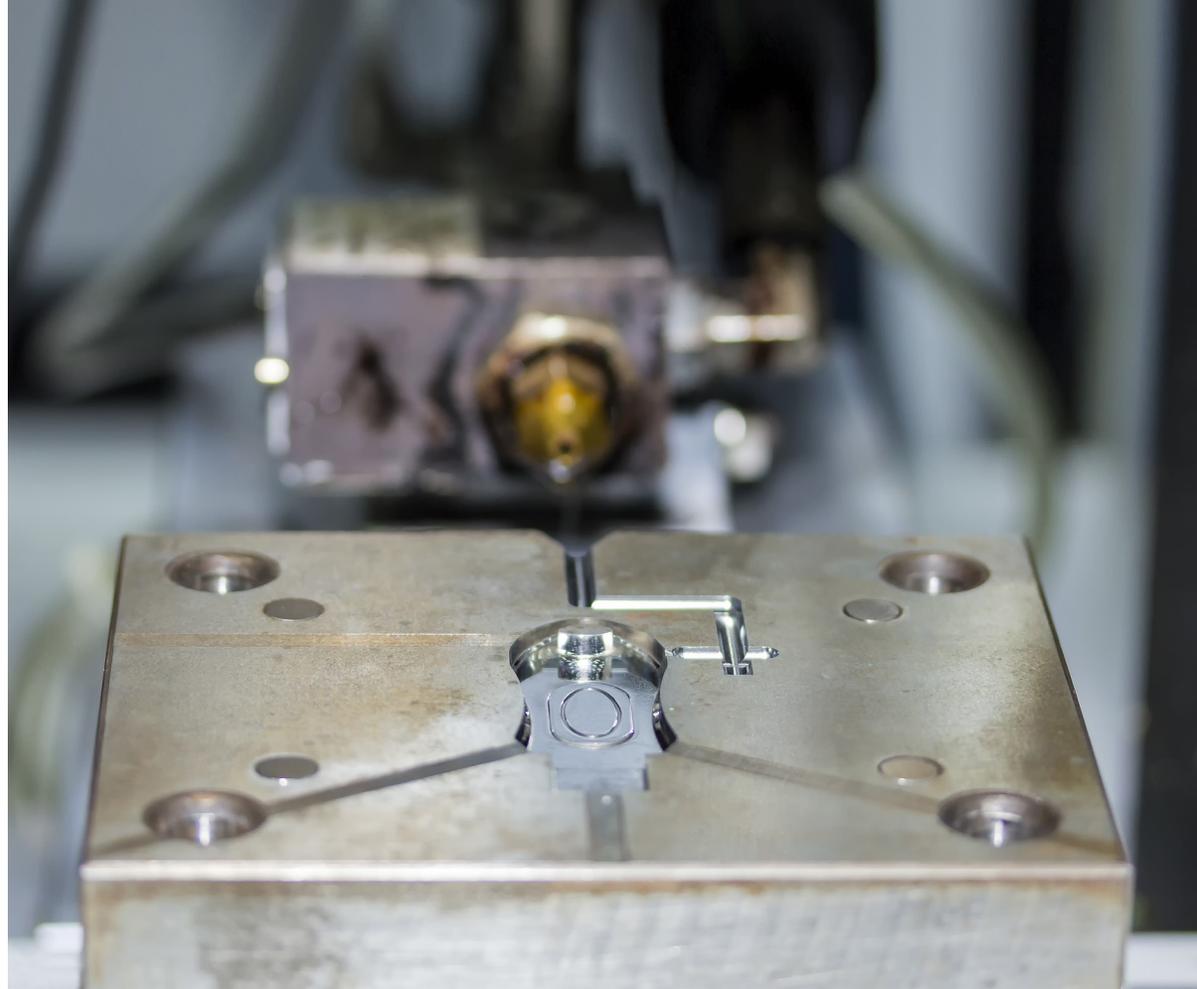
Se si prendono in considerazione i valori mediani (243 miliardi di dollari per lo stampaggio a iniezione e 26,95 miliardi di dollari per la produzione additiva), è evidente che le dimensioni del settore dello stampaggio a iniezione sono pari a quasi 10 volte quello della produzione additiva, ad oggi. Tuttavia, se le previsioni (sorprendentemente coerenti) sui tassi di crescita di ciascun sottosectore rimarranno precise, la fabbricazione additiva colmerà significativamente il divario nel prossimo decennio. È opportuno sottolineare inoltre che i dati relativi allo stampaggio a iniezione si concentrano esclusivamente sulla plastica, mentre i dati sulla fabbricazione additiva comprendono tutti i tipi di materiali, quindi il divario è in realtà più ampio di quello visto in prima analisi, nell'ambito di questo documento.

Sintesi su stampaggio a iniezione vs. produzione additiva

Lo stampaggio a iniezione è un processo leader per la produzione di prodotti e componenti in plastica. È ampiamente utilizzato per la produzione in serie di parti identiche con tolleranze ristrette (in genere da 50 a 100 micron) e finiture delle superfici eccezionali. Per volumi elevati si tratta di un processo conveniente, preciso e ripetibile che offre parti di alta qualità per grandi produzioni in serie in un'ampia gamma di materiali.

Le tecnologie di stampa 3D di tipo industriale offrono sempre più spesso valide alternative a chi fabbrica prodotti in plastica e alcune di queste sono in grado di competere con ottimi risultati in termini di finitura delle superfici e di tolleranza (in genere da 50 a 300 micron). Inoltre, la stampa 3D offre una serie di vantaggi chiave rispetto allo stampaggio a iniezione: trattandosi infatti di un processo completamente esente dall'impiego di utensili,

garantisce una flessibilità di progettazione senza precedenti, sia in termini di geometrie complesse che di consolidamento dei pezzi. Questa flessibilità facilita inoltre le iterazioni di progettazione a basso costo prima della produzione completa, durante la produzione o per le future generazioni di prodotti.



Considerazioni

Come è noto a ogni team di produzione, qualsiasi progetto di sviluppo prodotti richiede di porsi alcune domande fondamentali, nonché di trovarvi risposta. Lasciando da parte la fase di sviluppo, le domande riportate di seguito riguardano la produzione e la selezione del processo. I team esperti di produzione avranno probabilmente un'idea del percorso da intraprendere, e forse anche una preferenza per un processo esistente. Oppure i team di produzione potrebbero rispondere a queste domande con l'obiettivo di sfidare lo status quo?

Il punto di partenza per determinare il processo di produzione più adatto per qualsiasi prodotto o componente è, come sempre, l'applicazione.

1. Quanto è semplice o complessa la parte?

La risposta a questa domanda può influenzare direttamente la scelta del processo di produzione. Tuttavia, non sempre la risposta è così ovvia, in quanto:

- le parti semplici corrispondono allo stampaggio a iniezione
- le parti complesse corrispondono alla stampa 3D.

Quando mai qualcosa è così semplice?

È vero che lo stampaggio a iniezione è particolarmente adatto a design semplici e parti con spessori di parete costanti. Detto questo, lo stampaggio a iniezione non preclude la complessità e può adattarsi a parti con intagli e caratteristiche complesse. Tuttavia, questo comporta un costo aggiuntivo perché con l'aumentare della complessità

della parte, aumenta anche la complessità degli strumenti necessari per lo stampaggio a iniezione delle parti. Ciò aggiunge costi iniziali significativi alla produzione. Ciononostante, una volta che lo strumento è stato preparato ed è pronto per l'uso, la produzione può iniziare immediatamente nel luogo di produzione.

Esiste però un preciso gradiente di complessità per lo stampaggio a iniezione che deve essere preso in considerazione: un gradiente troppo elevato può determinare costi proibitivi. Una complessità ancora maggiore porta a raggiungere il limite e di fatto equivale all'impossibilità.

Non è un segreto che la stampa 3D possa produrre parti troppo costose o impossibili con lo stampaggio a iniezione: è uno dei tanti vantaggi ben documentati della tecnologia additiva. È anche l'argomento fondamentale che rende la stampa 3D una tecnologia di produzione "competitiva". L'argomentazione non è priva di merito: non è difficile trovare esempi di geometrie complesse come reticoli, canali interni, sporgenze, pareti spesse/ rinforzate e sezioni scavate che i sistemi di stampa 3D industriali possono produrre e che mettono in difficoltà lo stampaggio a iniezione.

Questa funzionalità offre ai progettisti una miriade di opportunità per ridurre il peso, integrare caratteristiche ergonomiche e aggiungere loghi e identificazione delle parti, solo per citare alcuni vantaggi.

Anche la dimensione di una parte è una questione fondamentale per determinare

come verrà prodotta. Particolare curioso, sia lo stampaggio a iniezione che la stampa 3D funzionano in modo ottimale nella gamma di dimensioni medio-piccole. Per la stampa 3D, i volumi di costruzione rappresentano una limitazione. Tuttavia, le parti di grandi dimensioni possono essere costruite in sezioni più piccole e assemblate dopo la costruzione. Per lo stampaggio a iniezione, ancora una volta, le dimensioni della macchina possono limitare le dimensioni della parte, ma gli stampi possono essere realizzati in più pezzi per produrre parti che possono essere assemblate in seguito. Pertanto, entrambi i processi possono realizzare prodotti di dimensioni maggiori, ma ciò comporta dei compromessi in termini di ulteriore assemblaggio successivo e notevoli penalità in termini di tempi e costi.

2. Quante parti sono necessarie in totale?

Ecco dove le cose si fanno interessanti.

Nel corso degli anni, lo stampaggio a iniezione ha dimostrato di essere altamente conveniente per volumi di prodotti elevati e molto elevati. È altrettanto chiaro che la stampa 3D non può nemmeno cominciare a competere a questo livello.

Ma cos'è esattamente "questo livello"?

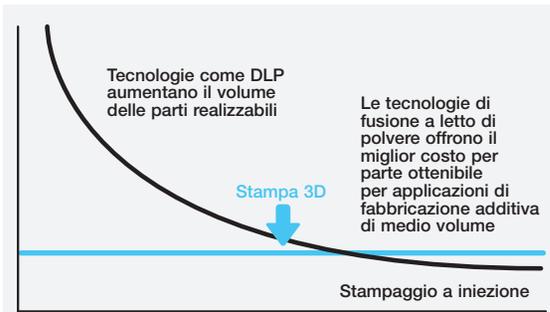
Per esperienza, è facile perdersi nei dettagli quando si cerca di associare numeri specifici a volumi bassi, medi e alti di prodotto. Esistono variazioni enormi a seconda di come si tenta di contestualizzarlo e tra diverse fonti di ricerca (settore industriale, applicazioni all'interno di quel settore, processo di produzione ecc.; anche tra fornitori di servizi che offrono una serie di processi di produzione diversi).

Utilizzando una serie di fonti e un po' di buon senso, si suggerisce un insieme approssimativo ma sensato di confini generali come indicato di seguito:

Volume basso: < 1000 parti

Volume medio: da 1000 a 100.000 parti

Volume elevato: > 100.000 parti



Il grafico riportato sopra rappresenta la curva di costo generalizzata della stampa 3D rispetto allo stampaggio a iniezione. L'asse x rappresenta il numero di parti e l'asse y il costo per parte. All'intersezione e poi lungo l'asse x, lo stampaggio a iniezione risulta più conveniente. Il motivo per cui questo grafico non contiene numeri è perché i numeri a quell'intersezione sono cambiati molto negli ultimi dieci anni, e continuano a cambiare man mano che l'intersezione si abbassa lungo la curva. Ribadiamo che dipende sempre dall'applicazione, ma le capacità del processo di stampa 3D continuano a migliorare. Oggigiorno non sono rari i cicli di produzione di decine di migliaia di prodotti in plastica per piccole applicazioni con la stampa 3D. Alcuni esempi si possono trovare nei

settori odontoiatrico, medico, manifatturiero generale (custodie, staffaggi, ecc.).

Ciò porta ad alcune considerazioni supplementari sui requisiti di volume che possono avere un grande impatto su costi, logistica, e certamente anche sulla sostenibilità:

2a. Sono necessarie tutte le parti in una volta o nell'arco di diversi mesi/anni?

Usiamo un esempio generico di una parte piccola, di media complessità. Se questa parte è richiesta in volumi elevati (> 100.000), in un unico ciclo di produzione, abbiamo stabilito che la stampa 3D non è in grado di competere con lo stampaggio a iniezione. Tuttavia, se è necessario un approccio più agile alla produzione con volumi medi di un prodotto simile ma per un periodo di tempo più lungo, la stampa 3D può nuovamente diventare un'opzione praticabile per fornire la produzione su richiesta e ridurre notevolmente l'accumulo di scorte e inventario.

Se, diciamo, 60.000 di queste parti sono necessarie in un periodo di 12 mesi, possono essere prodotte in un unico ciclo con stampaggio a iniezione, oppure potrebbero essere prodotte in una serie di 5.000 parti al mese (o secondo necessità) con la stampa 3D.

Ciò porta a:

2b. Quando e dove sono necessarie le parti?

Ancora una volta, questa domanda si riferisce all'agilità della produzione sia in termini di dove

vengono prodotte le parti sia di come vengono distribuite. Invece di produrre 60.000 parti in un unico luogo (come impone lo stampaggio a iniezione) e distribuirle a livello globale, la stampa 3D è un processo digitale che consente di produrre le parti nei numeri richiesti nel luogo in cui sono necessarie. Questo comporta delle implicazioni sui costi in quanto può ridurre significativamente i costi di spedizione, avendo allo stesso tempo un impatto positivo sull'ambiente. Un ultimo punto a questo proposito: localizzare la produzione in questo modo e spostarla più vicino ai mercati e ai clienti contribuisce in qualche modo a mitigare i rischi legati alla catena di approvvigionamento.

3. Costo per parte

Questo è un punto importante. Forse quello più importante. Occorre tuttavia considerarlo nel contesto dei punti precedenti.

Uno degli enormi vantaggi dei processi di stampa 3D è che sono processi che non prevedono l'uso di strumenti. La produzione dello stampo per lo stampaggio a iniezione è costosa, richiede molto tempo e viene eseguita in fase iniziale. Ed ecco il punto critico: lo stampaggio a iniezione richiede ingenti investimenti di capitale iniziali affinché la produzione abbia luogo. Come accennato in precedenza, la stampa 3D per la produzione offre un modello di business con pagamento in base al consumo, soprattutto se si lavora con un terzista, ma anche se la produzione è interna.

È qui che entrano in gioco i volumi, perché per i volumi più elevati il ROI sullo stampaggio a iniezione in termini di costo per parte può avere risultati molto positivi: poiché il costo dello stampo è fisso, maggiori sono i volumi di parti prodotte con lo stampo, minore sarà

il costo per parte. Con la stampa 3D i costi saranno uniformi dalla parte 1 alla parte 20.000 e oltre (il grafico sopra, nella sezione volume, illustra anche questo punto).

Il grafico riportato di seguito fornisce inoltre una panoramica del confronto dei prezzi per alcune parti specifiche e quando e come la stampa 3D, con la tecnologia SAF, è in grado di competere con successo.

Confronto dei costi delle parti: stampaggio a iniezione e SAF

	Nome della parte	Dimensioni [mm]	Stampaggio a iniezione esterna Costo per parte \$	SAF H350 Costo per parte \$	Risparmio	Volume di produzione totale per raggiungere la soglia di redditività	Numero massimo parti per ciclo di costruzione
	Guida fermacavi	15×17×49	\$ 2,35 5.000 parti/anno	\$ 2,19	7%	19.900 parti	1020
	Staffa	60×55×55	\$9,40 500 parti/anno	\$4,10	56%	6.536 parti	171
	Connettore elettronico	80×80×52	\$ 119,48 50 parti/anno	\$30,61	74%	820 parti	30

Ci sono molti fattori da tenere in considerazione nell'equazione del costo per parte: ci sono le ovvie attività produttive stesse (macchine, energia, costi dei materiali, manodopera, post-lavorazione, ecc.). Ma anche le considerazioni aggiuntive su distribuzione, spedizione, stoccaggio e immagazzinamento.

4. Iterazioni

Un'altra considerazione che vale la pena sottolineare: ci saranno iterazioni del prodotto e quindi modifiche al progetto? Questa è

un'altra area in cui le tecnologie di stampa 3D offrono un vantaggio significativo per la produzione in corso e dove lo stampaggio a iniezione può risultare restrittivo. La produzione con tecnologie di stampa 3D offre un approccio continuo e iterativo. Le modifiche possono essere apportate in qualsiasi momento con implicazioni di costo minime o nulle. Una volta commissionato per un prodotto o una parte specifica, uno stampo è praticamente definitivo ed è realizzato in acciaio. Modificarlo è quasi impossibile, se non molto costoso.

5. Materiali

Le tecnologie di produzione industriale richiedono la disponibilità di materiali polimerici che forniscano le giuste proprietà per l'applicazione selezionata. I materiali polimerici più utilizzati sono disponibili anche per i processi di stampa 3D: si pensi ai materiali termoplastici come PA11, PA12 e nylon rinforzati con vetro e carbonio, nonché fotopolimeri o termoindurenti.

Tuttavia, nonostante gli sviluppi significativi nei materiali speciali di livello produttivo per la stampa 3D, la gamma di materiali è ancora ridotta per la stampa 3D rispetto alle migliaia di opzioni disponibili per lo stampaggio a iniezione.

Mentre le aziende manifatturiere continuano a scoprire i vantaggi della stampa 3D per le applicazioni manifatturiere, chi produce materiali continua a investire massicciamente nello sviluppo di materiali più "funzionali", sia termoindurenti fotopolimerici sia termoplastici in polvere e filamenti. Sebbene molti materiali

ad alte prestazioni si concentrano sul miglioramento delle proprietà meccaniche, ora stiamo iniziando a vedere l'aggiunta di funzionalità aggiuntive; quali resistenza agli agenti atmosferici, ESD (scarica elettrostatica), FR (ritardo di fiamma), FST (fiamma, fumo, tossicità), dielettrico a bassa perdita, contatto alimentare e grado medico. Questi materiali per la produzione additiva di ultima generazione sono chiaramente mirati a soddisfare le parti finite che necessitano di funzionalità specifiche per applicazioni specifiche.

Questo percorso evolutivo dei materiali termoplastici e fotopolimerici per la produzione additiva rispecchia l'evoluzione dei materiali termoplastici per lo stampaggio a iniezione, che un tempo si trovavano in uno stato simile, ossia una tavolozza di materiali di base incrementata attraverso la specializzazione, un'applicazione alla volta, fino a ottenere la vasta gamma di opzioni oggi disponibile.



Questo condotto dell'aria fa parte di un sistema HVAC per il settore automobilistico, stampato con tecnologia SAF™. Tradizionalmente, una parte come questa potrebbe essere stampata a iniezione in due metà e assemblata. Con la tecnologia SAF, le metà possono essere prodotte come una singola parte, riducendo l'assemblaggio post-lavorazione e i punti di frattura.

Soluzioni che non si escludono a vicenda

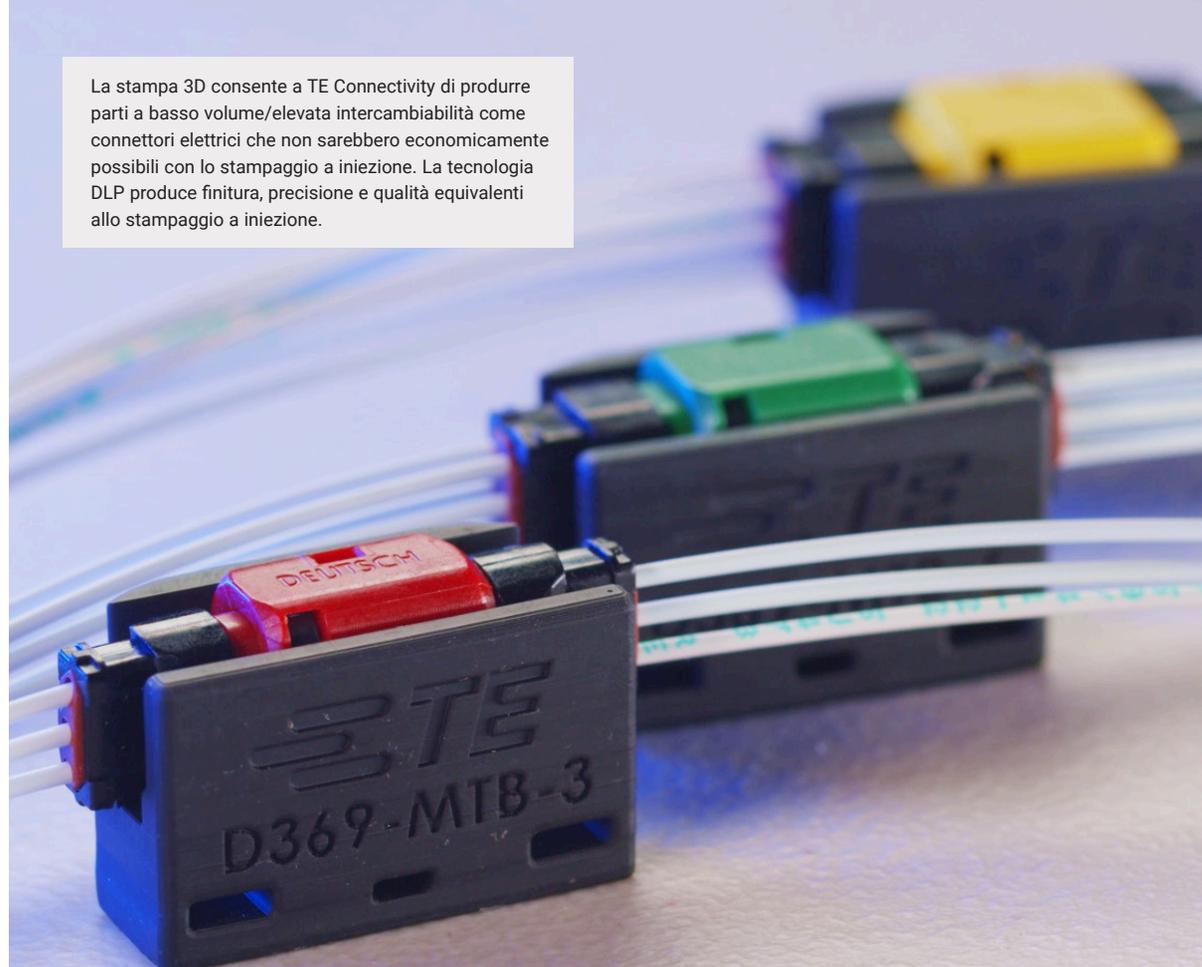
Il punto è il seguente: sebbene la stampa 3D possa fornire un'alternativa praticabile, efficiente ed economica allo stampaggio a iniezione per alcune applicazioni, può anche fungere da supporto allo stampaggio a iniezione. Esistono modi in cui queste due tecnologie si intersecano in modo davvero utile e possono ridurre significativamente tempi e costi.

Fin dall'inizio, abbiamo stabilito che la stampa 3D rimane uno strumento vitale

per la prototipazione. Può anche svolgere un ruolo fondamentale nel processo di stampaggio a iniezione end-to-end in numerosi altri modi chiave. I prototipi sono un presupposto per sviluppare le parti in termini di forma e funzione, nonché di producibilità. Tuttavia, oltre alla prototipazione, la stampa 3D può anche svolgere una funzione di attrezzaggio di supporto per lo stampaggio a iniezione, per cui un attrezzo intermedio (prodotto in modo rapido ed economico attraverso la fabbricazione additiva) può essere utilizzato per adattare, ottimizzare

e testare il processo prima di dedicarsi all'attrezzo finale (molto più costoso). Inoltre, le capacità dei sistemi di fabbricazione additiva in metallo fanno sì che la stampa 3D possa essere utilizzata anche per produrre gli strumenti di stampo stessi, in particolare se sono necessari strumenti complessi a più cavità. I materiali delle macchine utensili e anche alcuni materiali metallici più avanzati sono stati ora qualificati per l'uso con una serie di sistemi additivi.

La stampa 3D consente a TE Connectivity di produrre parti a basso volume/elevata intercambiabilità come connettori elettrici che non sarebbero economicamente possibili con lo stampaggio a iniezione. La tecnologia DLP produce finitura, precisione e qualità equivalenti allo stampaggio a iniezione.



Questa tipica copertura del sensore pioggia per il campo automobilistico è stata realizzata con la stampante 3D H350™ e creata con la tecnologia SAF™. Questa parte ha un costo per parte ridotto, basato su 1.000 parti, rispetto allo stampaggio a iniezione.



In conclusione

Le tecnologie di stampa 3D, sia in termini di capacità che di portata, hanno dimostrato di aver completato la transizione dalla prototipazione ai processi di produzione. Si tratta di un cambiamento fondamentale per le applicazioni manifatturiere in cui la stampa 3D può essere più efficiente ed economica. Tuttavia, è altrettanto importante affermare che la stampa 3D rimane un processo davvero utile per le applicazioni di prototipazione e attrezzaggio.

Le aziende manifatturiere cercano costantemente di gestire i costi poiché devono affrontare pressioni e concorrenza crescenti. In questo documento forniamo le informazioni sul modo migliore per gestirli, prendendo in considerazione una varietà di opzioni.



Sede centrale di Stratasys

7665 Commerce Way,
Eden Prairie, MN 55344
+1 800 801 6491 (numero verde
USA)
+1 952 937-3000 (internazionale)
+1 952 937-0070 (fax)

1 Holtzman St., Science Park,
PO Box 2496
Rehovot 76124, Israele
+972 74 745 4000
+972 74 745 5000 (fax)

[stratasys.com](https://www.stratasys.com)

Certificazione ISO 9001:2015

© 2024 Stratasys. Tutti i diritti riservati. Stratasys, il logo Stratasys Signet, Stratasys Direct Manufacturing, Origin e P3, H350, H Series, SAF, Selective Absorption Fusion, Big Wave e HAF sono marchi o marchi registrati di Stratasys Inc. e/o delle sue affiliate. La stampante H350 è soggetta a licenza di Loughborough University Enterprises Limited ed Evonik IP GmbH con i brevetti e le domande di brevetto seguenti e loro omologhi: EP2739457, EP3539752, EP1648686, EP 1740367, EP1737646, EP1459871. Ulteriori informazioni, comprese quelle su brevetti e omologhi attivi e in corso di validità, sono disponibili all'indirizzo: <https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/>. Tutti gli altri marchi appartengono ai rispettivi titolari e Stratasys non si assume alcuna responsabilità in merito alla selezione, alle prestazioni o all'utilizzo di questi prodotti non Stratasys. Le specifiche del prodotto sono soggette a modifiche senza preavviso. eB_P3_SAF_Injection Molding_IT_0923a

