

TIZIANO NILI

PER OGNI ESIGENZA LA GIUSTA TECNICA



Particolare dell'attrezzatura lom.

Grazie ai prototipi rapidi (ma non solo), il time to market di un prodotto si è ridotto notevolmente. Quali tecniche di PR utilizzare? Analizzando lo stato dell'arte di questo settore si possono evitare spiacevoli errori

Prima di parlare di prototipazione rapida è opportuno ricordare la definizione di prototipo: questo tecnicamente è il primo elemento di una serie e il termine può avere valenze diverse in relazione alla tipologia di prodotto. Ovvero: il prototipo per la progettazione verifica un'idea, per il marketing può servire per provare la risposta del mercato a una nuova proposta, mentre per la produzione può essere utile per verificare un ciclo di fabbricazione. In definitiva, le funzioni del prototipo sono la verifica funzionale, la valutazione dei costi e la valutazione dei tempi di flusso. Durante la fase di sviluppo di un prodotto possono essere realizzate le seguenti tipologie di prototipi: concettuali; funzionali; tecnici; preserie. Gli obiettivi di ciascuno sono ovviamente-

te differenti così come il materiale impiegato per la costruzione e la tecnologia di fabbricazione.

La tecnologia tradizionale della fabbricazione dei prototipi è stata affidata fino a qualche tempo fa ai modellisti che, sulla base di indicazioni di designer, li realizzavano con operazioni soprattutto manuali con costi e tempi elevati che, via via, sono diventati incompatibili con le esigenze delle aziende di ridurre drasticamente i tempi di immissione di nuovi prodotti sul mercato.

È quindi entrato in modo prepotente lo sviluppo di una nuova tecnica che ha permesso la riduzione dei tempi e dei costi per la fabbricazione dei prototipi, avendo come punto di partenza il modello matematico dell'oggetto da realizzare: la prototipazione rapida (RP). Questa rappresenta una filosofia innovativa che rende possibi-

le la produzione, in poche ore e senza l'uso di utensili, di componenti di geometria comunque complessa, direttamente dal modello matematico dell'oggetto realizzato su di un sistema Cad tridimensionale. Gli elementi sono ottenuti mediante accumulo progressivo di materia e per tale motivo la tecnologia RP è anche definita di produzione per piani o strati (Layer Manufacturing) e si contrappone ai metodi di produzione classici detti anche per asportazione di truciolo.

Le varie fasi che permettono il passaggio dalla matematica dell'oggetto definita su di un sistema Cad 3D al prototipo sono le seguenti: trasformazione dell'oggetto progettato al Cad in un formato compatibile con il software di gestione della macchina RP; lo standard grafico attualmente impiegato è l'.stl (solid to layer); lettura del file .stl da parte del software

della macchina RP per l'esecuzione dell'orientamento del pezzo e l'eventuale generazione dei supporti necessari per alcune tecniche specifiche; esecuzione slicing, operazione comune a tutte le tecnologie, consiste nell'intersezione del modello con una serie di piani la cui normale è parallela alla direzione di costruzione per ottenere le singole sezioni che distano di una distanza variabile tra 0,05 e 0,25 mm. Costruzione fisica delle varie sezioni del prototipo sulla macchina RP.

Esecuzione dell'eventuale post-trattamento, operazione necessaria solo per alcuni processi con relativa finitura del pezzo. Le fasi prima descritte permettono sì una realizzazione semplice dell'elemento per strati successivi, ma introducono due sorgenti di errore: faccettaggio o sfaccettatura, dovuto all'approssimazione delle superfici con una serie di triangoli; staircase o effetto scala dovuto alla costruzione di sezioni di spessore finito che determinano la rugosità superficiale del particolare.

Gli effetti di queste due sorgenti di errori si sommano ovviamente ai limiti di precisione della macchina di prototipazione rapida.

I produttori dei sistemi RP sono caratterizzati da un'elevata dinamica che li porta a un continuo migliora-

CLASSIFICAZIONE DELLE TECNICHE ADDITIVE

Le metodologie di prototipazione rapida utilizzano una forma di solidificazione o legame selettivo di particelle liquide o solide, ottenuto tramite polimerizzazione o reazione chimica per aggiungere progressivamente materia fino a che non si crea l'intero pezzo. È possibile procedere ad una loro classificazione riferendosi allo stato del materiale utilizzato che può essere sotto forma di liquido, polvere o solido. I processi che impiegano il materiale liquido sono ulteriormente divisibili in due gruppi: quelli che usano fotopolimeri che induriscono per effetto di una radiazione ultravioletta e quelli basati sulla fusione, deposito e risolidificazione di materia. Altri processi usano polveri dove l'unione tra i granelli è ottenuta tramite la fusione lungo l'area di contatto delle particelle oppure incollandole aggiungendo un opportuno legante. Infine, alcuni metodi partono dal materiale solido ridotto in fili o in lamine sottili. Di seguito sono elencate sinteticamente le tecnologie maggiormente utilizzate.

Stereolitografia (Sl): processo stereolitografico coinvolge quattro differenti tecnologie: laser, ottica, chimica dei fotopolimeri e software. Il fondamento del metodo consiste nella polimerizzazione di un monomero liquido sottoposto a una radiazione luminosa. Il metodo di costruzione prevede due fasi: fotopolimerizzazione è la fase di costruzione del prototipo sotto il controllo del calcolatore. Il fascio di una sorgente laser viene focalizzato, mediante un sistema di ottiche, sulla superficie della vasca contenente il monomero allo stato liquido. L'interazione della radiazione laser con il fotopolimero innesca una reazione chimica che ha come effetto la solidificazione di quest'ultima. Il movimento del piano del fascio laser consente la realizzazione della prima sezione del pezzo su di

una piastra in acciaio denominata elevatore. A questo punto inizia la fase di ricoprimento al fine di ottenere un film di liquido sopra la sezione appena costruita. Il processo riprende con lo strato successivo che aderisce stabilmente a quello sottostante. Il processo continua fino alla completa costruzione del prototipo. La seconda fase è il post-trattamento. Si completa il processo di fotopolimerizzazione esponendo il particolare estratto dalla vasca a una lampada ad ultravioletti per un tempo dipendente dal tipo di resina utilizzata e dalla complessità o geometria del pezzo.



Macchina per SLS.

Selettive Laser Sintering (SLS): è una tecnologia che utilizza le polveri di materiali differenti (termoplastici, cera, metalli, sabbia) per la costruzione del prototipo con l'obiettivo di generare elementi funzionali con caratteristiche analoghe a quelli ottenuti con le tecnologie convenzionali. Le modalità operative del processo sono suddivise in due fasi: sinterizzazione delle sezioni, è la fase di costruzione del prototipo sotto il controllo del calcolatore di processo. Uno strato di polvere viene depositato e pressato su una piastra metallica detta elevatore; la camera in cui avviene la sinterizzazione è mantenuta ad una temperatura prossima a quella di fusione della polvere per minimizzare sia l'energia richiesta dal laser, sia gli effetti del cambiamento di fase. Successivamente la radiazione porta a fusione i granelli di polvere che si uniscono l'un l'altro dando origine alla sezione. L'elevatore viene quindi abbassato di una quantità pari allo spessore della sezione e il pro-



Stampo per Spin Casting.

mento delle varie tecniche e allo studio di nuovi materiali nell'ottica della realizzazione di prototipi sempre più funzionali.

Di ciascun processo sono ormai ben note le prestazioni del prototipo costruito in termini di precisione dimensionale, di rugosità superficiale e di caratteristiche meccaniche e pertanto si può scegliere, con sufficiente semplicità, la tecnologia che meglio si presta a soddisfare le varie esigenze.

cesso riprende fino alla completa costruzione del prototipo. I materiali attualmente utilizzati sono polveri di poliammide con cariche vetro o polvere di allumina.

La seconda fase è la pulizia e finitura. Al termine del processo di sinte- rizzazione il particolare prodotto viene estratto dalla vasca e si può finire eliminando le sfaccettature mediante l'uso di tela abrasiva. Un'ulteriore verniciatura con resina epossidica potrà eliminare la porosità della superficie (qualora necessaria).

Fused Deposition Modelling (FDM): è una tecnica che utilizza materiali sot-

Laminated Object Manufacturing (LOM): è una tecnica idonea a costruire prototipi di grandi dimensioni e si realizza tramite il progressivo incollaggio di fogli di carta sui quali viene successivamente ricavata la sezione del pezzo mediante taglio meccanico o laser. Le fasi previste per la realizzazione del pezzo sono le seguenti: incollaggio e taglio delle sezioni. È la fase di costruzione del prototipo controllata dal calcolatore di processo mediante la distesa del primo foglio di carta e il successivo taglio, secondo la sezione desiderata. Il modello si costruisce aumentando lo spessore tramite la successiva sovrapposizione di ulteriori fogli di carta e relativi tagli. Al termine si ottiene un parallelepipedo di materiale stratificato dal quale è necessario estrarre il pezzo. Il materiale in eccesso deve essere tolto manualmente con utensili appropriati.

Finitura: l'aspetto esterno e la consistenza di un pezzo ottenuto con la tecnica di stratificazione sono simili a quelli del compensato, ma esso presenta una forte anisotropia lungo la direzione perpendicolare a quella di costruzione con forti rischi di delaminazione, pertanto le superfici devono subire un trattamento di impermeabilizzazione con vernici speciali per evitare che l'umidità dell'atmosfera causi deformazioni e/o delaminazioni.

I particolari ottenuti possono essere impiegati per verifiche estetiche o dimensionali in sostituzione dei classici modelli in legno.

Stampa tridimensionale (3DM): tecnologia analoga alla SLS dove l'aggregazione delle polveri avviene in questo caso mediante l'uso di un collante spruzzato da una testina con la tecnica della stampa a getto di inchiostro. Al termine del processo di costruzione è necessaria una fase di post-trattamento di infiltrazione, per evitare la segregazione di polvere e per conferire migliori caratteristiche meccaniche al prodotto. Vengono utilizzati due materiali: la polvere e il collante. Le applicazioni tipiche di questa tecnologia rimangono solo nell'ambito concettuale.

RAPID TOOLING

Le applicazioni industriali della prototipazione rapida vengono anche utilizzate per la realizzazione di attrezzaggi rapidi conosciuti anche come Rapid Tooling (RT); queste sono un insieme di tecniche mirate alla costruzione in tempi brevi di attrezzature destinate alla produzione delle preserie. Si può facilmente comprendere la loro importanza dal momento che la realizzazione di attrezzature per la produzione rappresenta una delle fasi più lunghe e costose nello sviluppo di un nuovo prodotto, per cui qualunque passo avanti nel settore comporta consistenti risparmi sia in termini di tempi sia di denaro. Ovviamente l'attrezzatura prototipale non sarà sottoposta alle stesse identiche sollecitazioni meccaniche e termiche che gli stampi definitivi in acciaio devono sopportare durante il processo, ed è chiaro che assolveranno il loro compito solo se impiegati per produzioni contenute.

L'azione combinata dei vantaggi derivanti dall'applicazione dei processi di prototipazione rapida sia alla fase di sviluppo del prodotto che a quella della produzione degli utensili, è in grado di assicurare consistenti risparmi nelle spese sostenute e nei tempi di consegna che possono arrivare fino al 70%. Oltre a questi vantaggi rappresentati dalle riduzioni di tempi e costi, l'utilizzo dei processi di RP e RT è diventato ormai un requisito indispensabile per essere competitivi e quindi per poter giocare un ruolo nell'ambito della concurrent engineering.

TECNICHE DIRETTE DI RAPID TOOLING

I processi di tipo diretto permettono la costruzione con le tecniche di prototipazione rapida dell'attrezzatura idonea a garantire la preserie come: inserti per stampi per l'iniezione della cera per ottenere i modelli per microfusione; inserti per stampi destinati all'iniezione, soffiaggio, termoformatura, ecc. delle resine termoplastiche; stampi per l'imbottitura della lamiera con la tecnologia della matrice elastica. I processi che garantiscono tali applicazioni sono i seguenti: alcune tecniche industriali co-



Spin Casting, attrezzatura per produzione con centrifuga.

to forma di fili per la costruzione del prototipo con l'obiettivo di generare elementi semifunzionali. Il processo prevede la realizzazione delle sezioni mediante deposizione di un filo di materiale termoplastico allo stato fuso tramite una testa di estrusione che si muove nel piano X-Y; la temperatura di estrusione è tale che il materiale depositato si aggrappa stabilmente alla sezione inferiore.

Al pari della stereolitografia vi è la necessità di supporti che reggano il prototipo durante la sua formazione da eliminare al termine della costruzione del pezzo.

Analogamente alle altre tecnologie sopracitate abbassando il piano di lavoro e costruendo sopra il piano successivo, si arriva alla formazione del pezzo definitivo.

I materiali disponibili sono la cera per microfusione, l'ABS e uno speciale tipo di elastomero.

me SLA, SLS e FDM possono generare inserti per stampi da destinare all'iniezione della cera, garantendo un limitato numero di campioni approssimativamente intorno a 100 pezzi; la sinterizzazione di polveri di metallo permette la realizzazione di elementi in acciaio inox infiltrato di bronzo.

TECNICHE INDIRETTE PER IL RAPID TOOLING

I metodi indiretti per il Rapid Tooling industrialmente più diffusi sono: stampi in silicone, che permettono la realizzazione di un numero limitato di particolari (10/50) in un materiale prossimo a quello definitivo, da destinare alle prime verifiche funzionali. L'attrezzatura è realizzata in resina siliconica flessibile e permette il contenimento dei costi di gestione, di materiale, manodopera e tempi di esecuzione. Per realizzare lo stampo si parte dal prototipo, sul quale vengono inseriti gli sfati e i canali di colata e viene individuato il piano di divisione. Il tutto viene posizionato nella cassetta di contenimento in cui viene colata la resina siliconica; successivamente lo stampo viene posto in forno per l'indurimento. Per stampare i prototipi si posizionano gli stampi in una camera sottovuoto e successivamente si procede alla colata della resina.

Spin Casting: viene utilizzato un silicone resistente alle alte temperature per realizzare uno stampo flessibile all'interno del quale è possibile colare leghe a base di zinco con una temperatura di fusione prossima ai 500° C. La procedura da seguire per ottenere lo stampo è la seguente: si prelevano due dischi di silicone non vulcanizzato, si ricava l'alloggiamento del modello asportando una parte di silicone, si inserisce il master e si chiude lo stampo. In seguito si effettua la vulcanizzazione dello stampo mediante una pressa che ha il compito di fornire anche il calore necessario. Terminata la vulcanizzazione del silicone si apre lo stampo, si estrae il modello, si ricavano i canali di colata e gli sfoghi dell'aria. A questo punto lo stampo è pronto per essere di-

sposto in una macchina centrifuga per effettuare la colata che assicura, grazie ad una rotazione variabile tra i 200 e i 1.000 giri/min un'uniforme distribuzione del materiale nello stampo. Trascorso l'intervallo di tempo necessario al raffreddamento o alla polimerizzazione della resina, si procede all'apertura dello stampo e all'estrazione dei particolari. I materiali utilizzabili sono leghe di zinco, poliuretaniche con durezza Shore variabili da 30 A a 90 D.

Stampi in resina rigida: i sistemi che utilizzano resine additivate, in particolare la resina epossidica, rappresentano le tecniche più diffuse per la produzione di attrezzature su piccola scala. Gli stampi in resina rigida sono sufficientemente resistenti per venire impiegati per lo stampaggio ad iniezione dei termoplastici fino a 500 stampate.

Stampi in lega bassofondente: i materiali utilizzati per la realizzazione degli stampi sono delle leghe con basso punto di fusione (max 300° C) che



Stampi in silicone. Particolare per colata sottovuoto.

vengono colate in maniera del tutto analoga a quanto avviene per la realizzazione degli stampi al silicone. Grazie ai bassi punti di fusione possono essere impiegate con i materiali più sensibili al calore, si fondono in acqua calda e sono di facile manipolazione. Vista la loro bassa dilatazione, sono in grado di riprodurre perfettamente i dettagli e la finitura della superficie. I principali vantaggi dell'impiego delle leghe bassofondenti per la costruzione di attrezzaggi rapidi sono i materiali di basso costo e completamente riutilizzabili, semplicità di utilizzo viste le basse temperature di fusione, possibilità di utilizzare un unico modello per la costruzione di più stampi.

Metal Spraying: questa tecnologia viene utilizzata per la fabbricazione di stampi a partire dal modello ottenuto con le tecniche di RP. Si basa sul concetto di realizzare mediante metallizzazione a spruzzo di un metallo fuso sul prototipo formando un rivestimento superficiale che dà origine, una volta solidificato, alla cavità dello stampo. Il processo viene ripetuto finché non si ottiene un guscio metallico spesso alcuni millimetri. Le leghe impiegate nella metallizzazione a spruzzo sono tipicamente a base di zinco e alluminio. Il vantaggio del metodo sta nella sua rapidità mentre i suoi limiti sono l'impossibilità di eseguire lavorazioni meccaniche successive.

KLTool: questa tecnica è adatta per la produzione di attrezzature destinate alla produzione di migliaia di pezzi con materiali definitivi, tolleranza e dimensioni del tutto confrontabili con uno stampo di produzione in acciaio. Il punto di partenza sono la matrice e il punzone realizzati in stereolitografia. La qualità del punzone e della matrice condiziona la qualità degli inserti finiti; pertanto, la costruzione deve avvenire con macchine estremamente precise.

Una volta disponibili gli elementi in stereolitografia le fasi del processo sono: produzione di una replica siliconica di precisione; riempimento della cavità con una miscela costituita da polvere metallica e legante; estrazione dopo opportuno trattamento della matrice metallica dallo stampo in silicone temporaneo; sinterizzazione della parte e infiltrazione di rame per aumentare la densità dell'elemento; esecuzione di eventuali trattamenti termici.

Gli inserti possono essere prodotti in acciaio per utensili (nel caso di produzione di inserti per stampi) o in rame tungsteno (nel caso di elettrodi per elettroerosione a tuffo). Altri importanti elementi e soprattutto aggiornamenti sull'argomento sono disponibili sul sito Apri (Associazione Italiana Prototipazione Rapida).

T. Nili, ASK Industries.