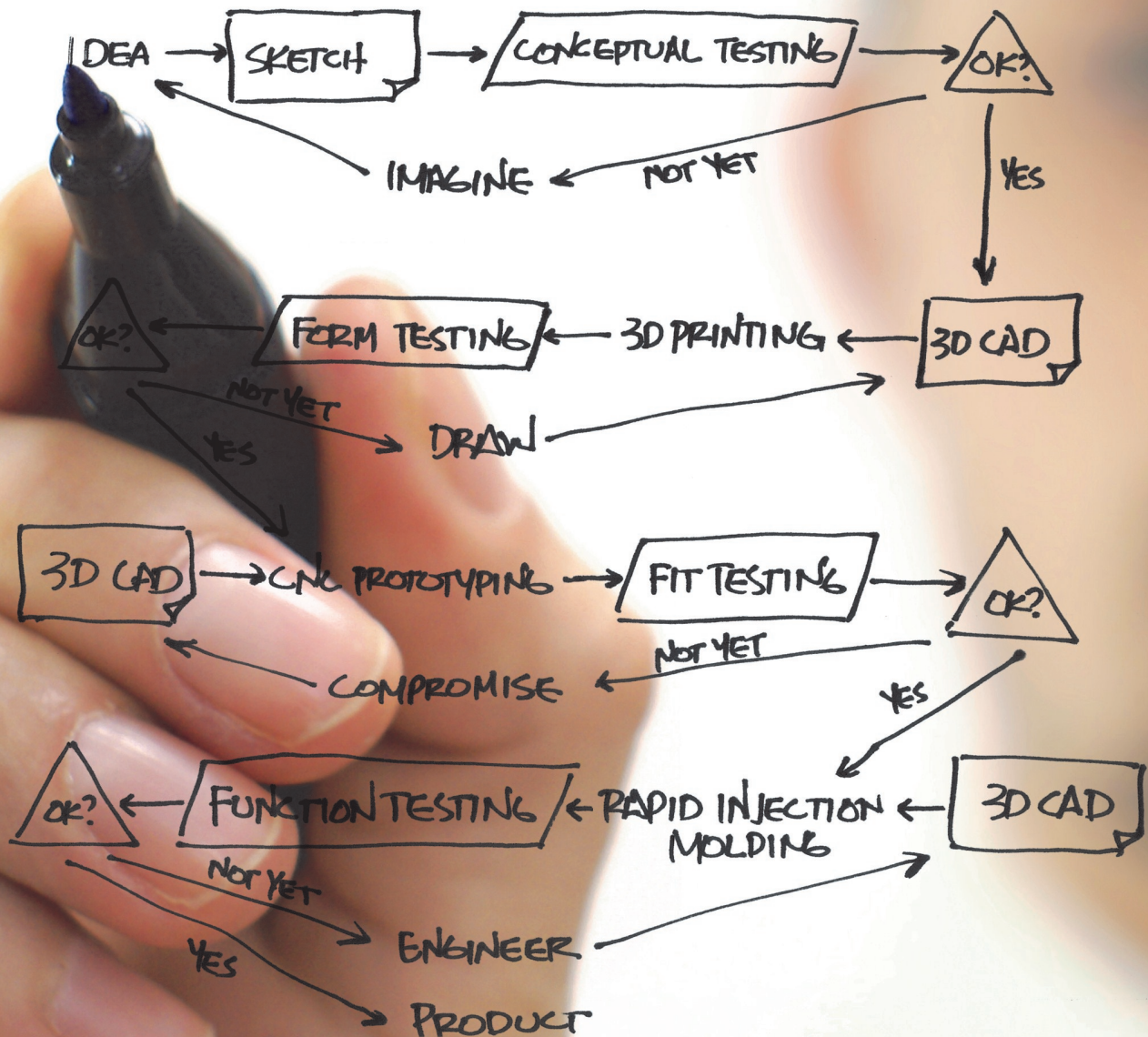


Il processo di prototipazione

Scegliere il processo migliore per il proprio progetto

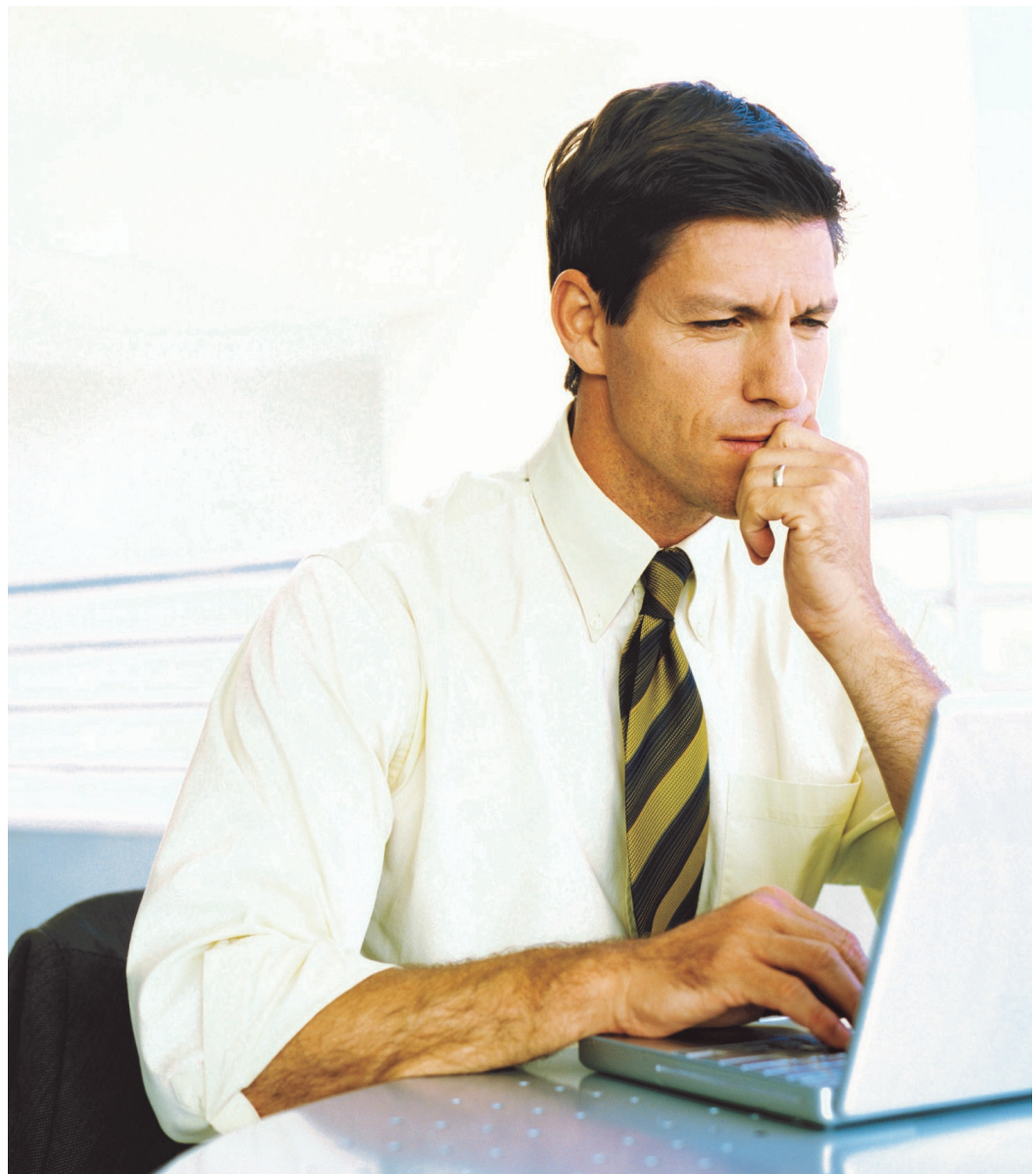


proto labs

Proto Labs, Limited
Via Marcello Prestinari 3/G
28100 Novara
Italia

www.protolabs.it

Pagina	Indice
2	Tabella di confronto tra i diversi processi di prototipazione
3	Confronto delle opzioni di prototipazione dei diversi processi
7	Scelta del processo
9	Riepilogo
10	Note



Introduzione al processo di prototipazione

La possibilità di ottenere prototipi in tempi brevi per testare l'adattamento e le funzioni dei componenti può essere utile per lanciare i propri prodotti sul mercato prima della concorrenza. Inoltre, i risultati dei test e delle analisi mettono in evidenza le modifiche da apportare al progetto, ai materiali, alle dimensioni, alla forma, all'assemblaggio, al colore, alla realizzabilità del prodotto e alla resistenza.

Oggi i team di progettazione possono scegliere tra un'ampia gamma di processi di prototipazione. Alcuni di questi processi utilizzano metodi di produzione tradizionali, ma in un periodo relativamente breve sono emerse nuove tecnologie, già sottoposte a miglioramenti. Oggi esistono decine di modi per realizzare un prototipo e di fronte ai continui progressi di questo settore i progettisti si trovano costantemente a dover stabilire quali sono i processi migliori o le tecnologie più indicate per le loro applicazioni.

Lo scopo di questa pubblicazione è esplorare i pro e i contro dei principali processi di prototipazione che sono disponibili per i progettisti di oggi. Si descriveranno in dettaglio i diversi processi, analizzando le proprietà dei materiali dei pezzi prodotti con i singoli metodi. Inoltre, un utile albero decisionale evidenzierà gli aspetti principali che i progettisti devono considerare prima di scegliere il processo di prototipazione. L'obiettivo di questo documento è quindi aiutarvi a selezionare il processo di prototipazione più adatto per lo sviluppo del vostro prodotto.

Tabella di confronto tra i diversi processi di prototipazione

PROCESSO		DESCRIZIONE	RESISTENZA	FINITURA	ESEMPI DI MATERIALI
SLA	Stereolitografia	Fotopolimerizzazione a luce laser	2.500-10.000 (psi) 17,2-68,9 (mpa)	Strati additivi (in genere di 0,051-0,152mm)	Fotopolimeri di tipo termoplastico
SLS	Sinterizzazione laser selettiva	Sinterizzazione laser di polveri	5.300-11.300 (psi) 36,5-77,9 (mpa)	Strati additivi (in genere di 0,102mm)	Nylons, Metalli
FDM	Modellazione a deposizione fusa	Estrusioni fuse	5.200-9.800 (psi) 35,9-67,6 (mpa)	Strati additivi (in genere di 0,127-0,330mm)	ABS, PC, PC/ABS, PPSU
3DP	Stampa tridimensionale	Stampa a getto di leganti liquidi su polveri	Bassa	Strati additivi (in genere di 0,089-0,203mm)	Legante liquido / polvere a base di gesso
Pjet	Poly-Jet	Stampa a getto di fotopolimeri UV	7.200-8.750 (psi) 49,6-60,3 (mpa)	Strati additivi (in genere di 0,015-0,30mm)	Fotopolimeri a base acrilica Fotopolimeri elastomerici
CNC	(Lavorazione a) controllo numerico computerizzato	Fresatura tramite fresatrici CNC	3.000-20.000 (psi) 20,7-137,9 (mpa)	Superficie fresata con tecnica sottrattiva (liscia)	Maggior parte dei materiali termoplastici comuni e industriali/alluminio
RIM	Stampaggio a iniezione rapida	Stampaggio a iniezione con utensileria in alluminio	3.100-20.000 (psi) 21,4-137,9 (mpa)	Superficie liscia o stampata con altra goffatura	Maggior parte dei materiali termoplastici comuni e industriali

Confronto delle opzioni di prototipazione dei diversi processi

SLA



Stereolitografia

La stereolitografia è un processo di produzione additivo; il pezzo viene realizzato all'interno di una vasca contenente una resina fotopolimerizzabile con luce UV. Con un laser computerizzato, si traccia il contorno e si polimerizza una sezione del progetto del pezzo sulla superficie della resina liquida. Il processo viene ripetuto, facendo aderire ogni nuovo strato polimerizzato allo strato sottostante. Il processo prosegue fino al completamento del pezzo. La stereolitografia è stata la prima tecnica di "prototipazione rapida".

Pro: Per modelli concettuali o modelli da usare come matrici per altri metodi di prototipazione, la stereolitografia è in grado di produrre pezzi con geometrie complesse ed eccellenti finiture di superficie rispetto ad altri processi additivi. I costi sono molto competitivi e la tecnologia è disponibile da numerosi fornitori.

Contro: I prototipi sono molto più delicati rispetto a quelli realizzati con resine industriali, perciò solitamente i pezzi realizzati con il metodo della stereolitografia non sono indicati per l'esecuzione di collaudi funzionali. Inoltre, poiché la resina polimerizza con luce UV, l'esposizione ai raggi solari fa proseguire il processo di polimerizzazione della resina e con il passare del tempo i pezzi diventano fragili. La stereolitografia è utile per produrre pezzi con geometrie complesse, ma non può fornire informazioni sulla realizzabilità finale del progetto. I polimeri liquidi possono presentare un'elevata tossicità.

SLS



Sinterizzazione laser selettiva

Il processo di sinterizzazione laser selettiva si basa sull'utilizzo del laser, che sinterizza (fonde) il materiale in polvere strato per strato, dal basso verso l'alto. I pezzi realizzati con sinterizzazione laser selettiva possono essere precisi e avere una durata maggiore rispetto ai pezzi realizzati con stereolitografia, ma la finitura è abbastanza scadente, granulosa o sabbiosa al tatto. Tra le particelle fuse si produce una resistenza ridotta, perciò i pezzi risultano più delicati anche rispetto a quelli lavorati con macchine o stampati utilizzando lo stesso tipo di resina. Inoltre, il numero di resine disponibili in polvere (la forma indicata per il metodo di sinterizzazione laser selettiva) è molto scarso.

Pro: I pezzi realizzati con la tecnica di sinterizzazione laser selettiva sono più precisi e dimostrano una durata maggiore rispetto ai pezzi realizzati con stereolitografia. Il processo permette di produrre pezzi con geometrie complesse.

Contro: I pezzi hanno una superficie granulosa o sabbiosa e solitamente non sono indicati per attività di collaudo funzionale a causa delle proprietà meccaniche ridotte. La sinterizzazione laser selettiva è utile per produrre pezzi con geometrie complesse, ma non può fornire informazioni sulla realizzabilità finale del progetto.

FDM



Modellazione a deposizione fusa

Il processo di modellazione a deposizione fusa realizza i pezzi dal basso verso l'alto con l'uso di una testina di stampa computerizzata. La materia prima del processo è un filamento di resina estrusa, che la macchina rifonde in maniera selettiva e deposita sullo strato precedente per ciascuna sezione del pezzo desiderato. Il processo di modellazione a deposizione fusa produce pezzi in ABS o PC, che sono quindi più resistenti rispetto ai pezzi realizzati con altri processi additivi. Può capitare, però, di ottenere pezzi porosi, con effetti evidenti di scalinatura o sgranatura sulla superficie esterna, in particolare in corrispondenza delle giunzioni tra gli strati. Inoltre, con questo processo può essere difficile raggiungere tolleranze strette.

Pro: I pezzi realizzati con il processo di modellazione a deposizione fusa sono abbastanza resistenti e sono indicati per alcuni tipi di collaudo funzionale. Il processo è in grado di produrre pezzi con geometrie complesse.

Contro: I pezzi hanno una finitura di superficie scadente, con un effetto pronunciato di sgranatura. Rispetto alla stereolitografia e alla sinterizzazione laser selettiva, questo processo additivo dimostra anche tempi di realizzazione più lunghi. Il metodo di modellazione a deposizione fusa è utile per produrre pezzi con geometrie complesse, ma non può fornire informazioni sulla realizzabilità finale del progetto.

3DP



Stampa tridimensionale

Il metodo di stampa tridimensionale impiega una testina di stampa a getto e un materiale che fonde in acqua, simile al "gesso di Parigi". La stampante spruzza uno strato sottile di polvere di gesso su cui passa la testina a getto d'inchiostro, che spruzza piccole gocce d'acqua sui punti in cui si desidera far solidificare il materiale. I pezzi ottenuti sono poco resistenti e ruvidi, ma l'aggiunta di colorazioni al risultato finito è un'operazione semplice. La scarsa resistenza dei pezzi realizzati con questo metodo lo rende poco indicato per l'esecuzione di collaudi funzionali.

Pro: La stampa 3D è il processo additivo con i minori tempi di realizzazione ed è anche una delle alternative più economiche per la realizzazione di prototipi. I modelli colorati possono fornire maggiori informazioni e avere un aspetto più piacevole. Il materiale in gesso è atossico, poco costoso e di facile reperibilità. Il processo è in grado di produrre pezzi con geometrie complesse.

Contro: I pezzi sono ruvidi e poco resistenti e la scelta dei materiali non è ampia. Il metodo di stampa tridimensionale è utile per produrre pezzi con geometrie complesse, ma non può fornire informazioni sulla realizzabilità finale del progetto.

Pjet



Poly-Jet

La tecnica Poly-Jet impiega testine a getto d'inchiostro per depositare materiali che polimerizzano con luce UV su strati sottilissimi ad alta risoluzione. I materiali sono depositati in strati sottilissimi su un vassoio, strato dopo strato, fino al completamento del pezzo. Ogni strato di fotopolimero viene polimerizzato con luce UV subito dopo essere stato depositato. Il materiale gel di supporto, realizzato specificamente per sostenere geometrie complesse, viene facilmente rimosso manualmente e con un getto d'acqua. Questo metodo ha gli stessi svantaggi della stereolitografia, ma può dare una finitura di superficie anche migliore.

Pro: Questo processo produce buone finiture di superficie e rappresenta il migliore processo additivo. È la tecnica additiva più indicata per pezzi complessi con sottosquadri. Il processo è in grado di produrre pezzi con geometrie complesse.

Contro: I pezzi realizzati con la tecnica Poly-Jet hanno poca resistenza (rispetto ai pezzi realizzati con stereolitografia). Il metodo Poly-Jet è utile per produrre pezzi con geometrie complesse, ma non può fornire informazioni sulla realizzabilità finale del progetto.

CNC



(Lavorazione a) controllo numerico computerizzato

Questo metodo consiste nel fissare un blocco solido di plastica sulla fresatrice CNC, tagliandolo per ricavare il pezzo finale. La resistenza e la finitura di superficie ottenute sono superiori a quelle di qualsiasi processo additivo. Inoltre, sono presenti tutte le proprietà omogenee della plastica perché i pezzi sono realizzati da blocchi solidi di resina termoplastica estrusa o stampata a compressione, a differenza dei processi additivi, che utilizzano materiali simili alla plastica e realizzano i pezzi a strati. L'ampia scelta di materiali consente di realizzare i pezzi con tutte le proprietà del materiale desiderate, come resistenza alla trazione, resistenza agli urti, temperatura di inflessione per calore, resistenza chimica e biocompatibilità.

Le buone tolleranze rendono i pezzi indicati per il collaudo funzionale e dell'adattamento. I prototipi possono essere consegnati al cliente in pochi giorni, come per i processi additivi. Il processo rimuove il materiale anziché aggiungerlo, perciò a volte può essere difficile fresare i sottosquadri. Inoltre, la fresatura tende a essere più costosa rispetto ai processi additivi.

Pro: I pezzi fresati hanno una buona finitura di superficie e sono molto resistenti perché sono realizzati con vere resine plastiche o in metallo.

Contro: La lavorazione con macchine CNC può comportare alcune limitazioni geometriche e, rispetto ai processi additivi, è molto più costosa da eseguire internamente per via del costo dei programmatori e degli operatori della fresa, indispensabili per creare i percorsi CNC e il fissaggio per i pezzi.

RIM

Stampaggio a iniezione rapida

Lo stampaggio a iniezione rapida è eseguito iniettando resine termoplastiche in uno stampo, con lo stesso metodo dello stampaggio a iniezione per la produzione. Ciò che rende “rapido” il processo è la tecnologia utilizzata per produrre lo stampo, che spesso è realizzato in alluminio, invece dell'acciaio tradizionale usato negli stampi per la produzione. I pezzi stampati sono più resistenti e possono presentare finiture eccellenti. Questo metodo rappresenta anche il processo di produzione standard per pezzi in plastica, perciò, quando la situazione lo permette, è preferibile realizzare i prototipi con lo stesso processo. È possibile utilizzare quasi tutte le resine industriali, perciò i progettisti non sono limitati dalle restrizioni di materiale del processo di prototipazione.

Lo stampaggio a iniezione rapida prevede un costo iniziale di utensileria che non è presente, invece, in nessuno dei processi additivi o nella lavorazione con macchine CNC. Perciò in molti casi, prima di ricorrere allo stampaggio a iniezione, è preferibile eseguire uno o due serie di prototipi rapidi (con tecnica sottrattiva o additiva) per verificare l'adattamento e la funzione.

Pro: I pezzi stampati sono realizzati con una vasta scelta di resine industriali, hanno un'eccellente finitura di superficie e forniscono ottime informazioni sulla realizzabilità durante la fase di produzione.

Contro: I costi iniziali sono maggiori per via dei costi di utensileria.

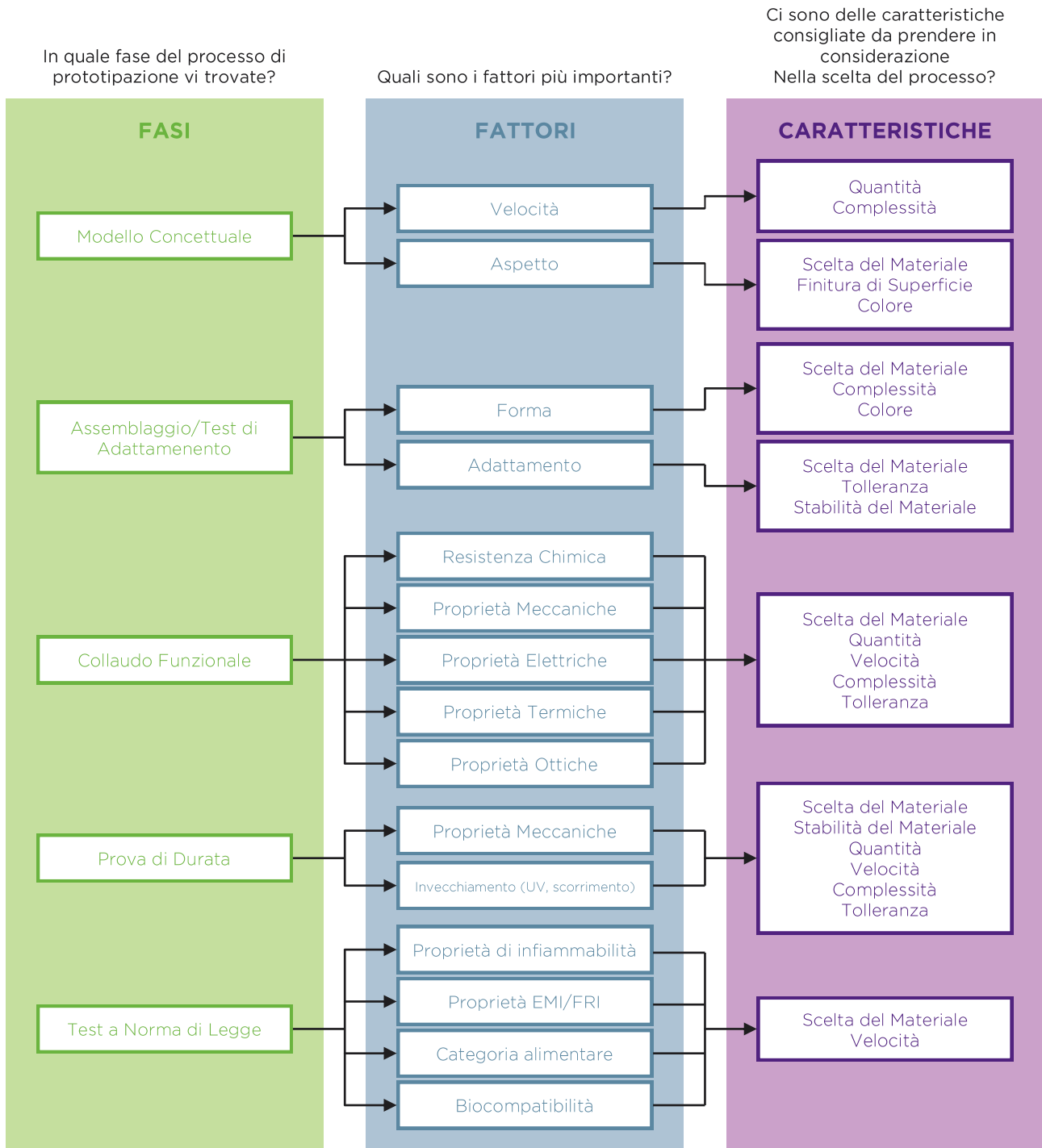


Scelta del processo

Utilizzate gli strumenti presentati in questa sezione per stabilire il processo più adatto al vostro progetto

Fase 1: Partite dall'albero decisionale in basso per restringere i fattori più importanti sulla base della fase del processo di prototipazione in cui vi trovate, facendo riferimento se necessario alle definizioni a pagina 8.

Fase 2: Sulla base delle caratteristiche consigliate per i fattori più importanti definiti nella fase 1, determinate il processo più adeguato per il vostro progetto confrontando i processi per mezzo della matrice a pagina 8.



Confronto delle caratteristiche del prototipo

CARATTERISTICA	SLA	SLS	FDM	3DP	Pjet	CNC	RIM
Quantità	⊖	⊖	⊖	⊖	⊖	○	⊕
Complessità	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	○	⊕
Finitura di Superficie	○	○	⊖	⊖	○	⊕	⊕
Scelta del Materiale	○	⊖	⊖	⊖	⊖	○	⊕
Stabilità del Materiale	⊖	○	⊕	⊖	⊖	⊕	⊕
Colore	⊖	⊖	○	⊕	⊖	⊖	⊕
Tolleranza	⊖	⊖	⊖	⊖	⊖	⊕	⊕
Velocità	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	○
Prezzo - quantità minima	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	○	⊖
Prezzo - quantità elevato	⊖	⊖	⊖	⊖	⊖	⊖	⊕

⊖ Scarso ○ Discreto ⊕ Buono

Definizioni

Le definizioni possono variare da azienda ad azienda, ma è possibile utilizzare le spiegazioni fornite di seguito come punto di partenza.

Modello Concettuale

Modello fisico rudimentale realizzato per dimostrare un'idea. I modelli concettuali permettono di illustrare l'idea a figure appartenenti ad aree funzionali diverse, stimolano la riflessione e la discussione e aiutano a stabilire se accogliere o rifiutare il progetto.

Caratteristiche importanti della prototipazione:

Velocità – tempo di realizzazione per trasformare un file in un prototipo fisico.

Aspetto – caratteristiche visive – colore, superficie, dimensione, forma, ecc.

Assemblaggio/Test di adattamento

Realizzazione di tutte o alcune parti di un assemblaggio, composizione di queste parti e verifica dell'adattamento. A livello generale, questa fase verifica la presenza di eventuali errori di progettazione (ad esempio, se sono state posizionate due linguette con spaziatura di 50mm e le scanalature corrispondenti, invece, con spaziatura di 25mm). A livello particolare, è una questione di tolleranze e differenze dimensionali minime. I test che esaminano le tolleranze devono naturalmente utilizzare il processo di realizzazione effettivo o un processo con tolleranze simili.

Caratteristiche importanti della prototipazione:

Forma – la forma del pezzo – caratteristiche e dimensione.

Adattamento – in che modo il pezzo si combina con gli altri pezzi.

Collaudo funzionale

Verifica del funzionamento di un pezzo o di un assemblaggio quando questo è sottoposto a sollecitazioni che rappresentano ciò che avviene nell'applicazione reale.

Caratteristiche importanti della prototipazione:

Resistenza chimica – resistenza a sostanze chimiche come acidi, basi, idrocarburi, combustibili, ecc.

Proprietà meccaniche – resistenza del pezzo calcolata sulla resistenza alla trazione, alla compressione, alla flessione, agli urti, agli strappi, ecc.

Proprietà elettriche – interazione tra il pezzo e i campi elettrici. Può comprendere: costante dielettrica, rigidità dielettrica, fattore di dissipazione, resistività di superficie e di volume, decadimento statico, ecc.

Proprietà termiche – cambiamenti delle proprietà meccaniche che si verificano in seguito a cambiamenti di temperatura. Possono comprendere il coefficiente di dilatazione termica, la temperatura di inflessione per calore, la temperatura di rammollimento Vicat, ecc.

Proprietà ottiche – capacità di trasmettere luce. Può comprendere l'indice di rifrazione, la trasmittanza e l'opacità.

Prova di durata

Verifica delle proprietà che possono cambiare nel tempo e che sono importanti per mantenere la funzione del prodotto per tutta la sua durata prevista. Le prove di durata sottopongono spesso il prodotto a condizioni estreme (ad esempio, di temperatura, umidità, voltaggio, raggi UV, ecc.) per verificare su un arco minore di tempo in che modo il prodotto reagirà durante la sua durata prevista.

Caratteristiche importanti della prototipazione:

Proprietà meccaniche – resistenza alla fatica – capacità di sopportare numeri elevati di cicli di carico a vari livelli di sforzo.

Proprietà di invecchiamento (UV, scorrimento) – capacità di resistere all'esposizione a raggi ultravioletti con un livello accettabile di degradazione; capacità di sopportare applicazioni estese di forze sul pezzo con livelli accettabili di deflessione permanente.

Test a norma di legge

Verifiche imposte da un ente di regolamentazione, organismo normativo o agenzia particolare per accertare che i pezzi siano adeguati a un determinato uso (ad esempio impieghi medici, alimentari o di consumo). Alcuni esempi sono: Underwriters Laboratory (UL), Canadian Standards Association (CSA), Food and Drug Agency statunitense (FDA), Federal Communications Commission statunitense (FCC), l'Organizzazione internazionale per la normazione (ISO) e la Commissione europea (CE).

Caratteristiche importanti della prototipazione:

Proprietà di infiammabilità – resistenza di una resina o di un pezzo alla combustione in presenza di fiamme. Proprietà EMI/RFI – capacità di una resina, di un pezzo o di un assemblaggio di schermare o bloccare le interferenze elettromagnetiche o le interferenze radio.

Categoria alimentare – autorizzazione all'uso di una resina o di un pezzo in applicazioni in cui entreranno in contatto con alimenti durante la loro preparazione, somministrazione o il loro consumo.

Biocompatibilità – capacità della resina o di un pezzo di entrare in contatto con esseri umani o animali, all'interno o all'esterno dell'organismo, senza provocare effetti avversi indesiderati (ad esempio, irritazioni, interazioni con il sangue, tossicità, ecc.). La biocompatibilità rappresenta una caratteristica importante per gli strumenti chirurgici e per molti presidi medici.

Riepilogo

I modelli di prototipi aiutano i team di progettazione a prendere decisioni più consapevoli grazie alle informazioni preziose ottenute con l'osservazione delle prestazioni e delle reazioni dei prototipi. Quanti più dati è possibile raccogliere in questa fase del ciclo di sviluppo del prodotto, tanto più facile sarà, in un secondo momento, evitare problemi legati al prodotto o alla produzione. Una strategia di prototipazione ragionata aumenta le possibilità di immettere il prodotto sul mercato nei tempi desiderati, agevolando la sua approvazione, l'affidabilità del funzionamento e la redditività.

Qual è il metodo migliore per la realizzazione di un prototipo? Con questa pubblicazione avrete appreso che la risposta a questa domanda dipende dalla fase del processo e da cosa volete ottenere. All'inizio del processo di progettazione, quando le idee si muovono in libertà, i modelli concettuali sono molto utili. Man mano che si avanza nelle fasi di un progetto, diventa sempre più essenziale avere a disposizione un prototipo che abbia dimensioni, finitura, colore, forma, resistenza, durabilità e caratteristiche materiali identiche a quelle del prodotto finale desiderato. Perciò usare il giusto processo di prototipazione è molto importante. Per omologare quanto più efficacemente possibile il proprio progetto, è bene non perdere di vista questi tre elementi fondamentali: funzionalità, realizzabilità e fattibilità produttiva.

Se il prototipo rappresenta fedelmente le caratteristiche del prodotto finale, è per definizione **funzionale**. I requisiti comprendono spesso aspetti quali le proprietà del materiale (ad esempio, resistenza alle fiamme), precisione dimensionale per l'adattamento con pezzi combacianti e finitura di superficie per l'aspetto estetico.

Se il progetto del prototipo può essere prodotto in maniera ripetuta ed economica soddisfacendo i requisiti del prodotto finale, è per definizione **realizzabile**. Questi requisiti comprendono la capacità di mantenere la funzionalità del progetto come descritto sopra, tenere il costo per pezzo/parte sotto i livelli richiesti e rispettare le tempistiche di produzione.

Non importa quanto sia grande un progetto. Se non può essere realizzato, non andrà da nessuna parte. Assicuratevi che il vostro processo di prototipazione tenga conto di questo aspetto.

Infine, anche se il progetto di un prototipo è funzionale e realizzabile, non è detto che qualcuno vorrà usare il prodotto finale. I prototipi sono il solo modo per verificare realmente la **fattibilità** del progetto in tal senso. Se il progetto supera anche le sfide poste dalle prove di mercato (ad esempio, presentazione in fiere, test di usabilità) e dai test a norma di legge (ad esempio, i test europei per i presidi medici), sarete sulla buona strada per lanciare con successo il vostro prodotto.

Note

[illegible]

Che cos'è Proto Labs

Proto Labs impiega tecnologie informatiche proprietarie e sistemi di produzione automatizzati per produrre prototipi e pezzi di produzione in volumi ridotti. Il servizio interattivo web-based di Protomold® fornisce veri pezzi stampati a iniezione da file CAD in 3D in un solo giorno lavorativo. Grazie al nostro servizio First Cut®, è possibile ottenere veri pezzi lavorati con macchine CNC in una scelta di oltre 30 resine industriali e alluminio in un solo giorno lavorativo. Per saperne di più, visitare www.protomold.it e www.firstcut.eu/it

EUROPA
Proto Labs, Limited
Halesfield 8
Telford
Shropshire
TF7 4QN
Regno Unito

+44 (0) 1952 683047
www.protolabs.co.uk

Alte- Neckarelzer-Strasse 24
74821 Mosbach
Germania

+49 (0) 6261 6436 947
www.protolabs.de

Via Marcello Prestinari 3/G
28100 Novara
Italia

+39 (0) 231 622 831
www.protolabs.it

Savoie-Technolac
18 Allée du Lac Saint André
73382 Le Bourget du Lac Cedex
Francia

+33 (0)4 79 65 46 50
www.protolabs.fr

USA
Proto Labs, Inc
5540 Pioneer Creek Drive
Maple Plain, MN 55359

+1 877 479 3680
www.protolabs.com

GIAPPONE
Proto Labs G.K.
Yamato-Shi,
Kanagawa, 242-0008
Giaponne

+81 (0) 46-237-3951
www.protolabs.co.jp

proto labs