



Programma
Quadrifoglio



università di ferrara

DA SEICENTO ANNI GUARDIAMO AVANTI.

Università degli Studi di Ferrara
Facoltà di Scienze MM.FF.NN.
CdL in Tecnologie Fisiche Innovative

Progettazione CAD/CAM II

Prof. Nicola Baldanza
Prof. Michele Benedetti

Prototipazione Rapida



La prototipazione rapida è un insieme di tecniche industriali volte a realizzare il cosiddetto prototipo. Indipendentemente da come lo si realizza, per prototipo si intende "il primo elemento della serie". Questi può essere concettuale, funzionale, tecnico o di preserie, e in ogni caso può svolgere funzioni differenti nell'azienda: può servire per valutare costi, tempi di ciclo, risposta del mercato e così via.

Descrizione

Il prototipo non è una necessità avvertita solo dalle moderne aziende, anzi il ricorso al prototipo è un'esigenza sentita sin dall'antichità quando ci si poteva affidare solo a carta e attrezzi da disegno, per cui la realizzazione del prototipo permetteva di effettuare importanti osservazioni sul progetto in corso. I materiali e le tecniche con cui i prototipi si realizzano sono diversi e, ricorrendo a tecniche tradizionali, la loro costruzione è affidata ad artigiani o modellisti. In questo caso ci troviamo di fronte a una difficoltà incompatibile con le esigenze odierne della competizione globale: la diminuzione dei costi e dei tempi di realizzazione.

Mentre negli scenari competitivi è ampiamente sopportabile un aumento dei costi di sviluppo, sicuramente non è accettabile un ritardo per l'immissione sul mercato di un dato prodotto. Infatti un ritardo di pochi mesi può causare una perdita sugli utili anche del 30%, mentre un aumento dei costi di sviluppo, anche del 50%, è ampiamente sopportabile per le imprese.

Tipologie di prototipazione

Sono stati messi a punto processi con l'obiettivo di ridurre sia i costi di realizzazione che i tempi di costruzione del prototipo stesso; queste tecniche vengono definite rapid prototyping (abbreviata in RP) o prototipazione rapida. Lo sviluppo delle prime macchine RP è dovuto a Charles W. Hull (brevetto del 1986) che per primo realizzò una macchina di tipo SLA-1 (StereoLitographic Apparatus). Successivamente gli studi sono avanzati così da giungere a generazioni successive della SLA e messa a punto di tecnologie differenti quali LOM (Laminated Object Manufacturing), SLS (Selective Laser Sintering), FDM (Fused Deposition Modeling).

Fasi del processo

Attualmente esistono diversi procedimenti di RP che differiscono per le tecnologie utilizzate.

Tutti comunque seguono le seguenti 5 fasi:

1. Descrizione CAD dell'oggetto
2. Conversione del modello CAD
3. Slicing
4. Processo fisico di accrescimento
5. Finitura del prodotto.

1. Descrizione CAD dell'oggetto

Questa fase richiede un software CAD con idoneo sistema per rappresentare i volumi. Occorre che le tolleranze del sistema di rappresentazione siano molto ristrette: si richiede infatti di scendere sotto 0.001 mm.

I solidi possono essere rappresentati mediante diversi metodi di modellizzazione.

Modellizzazione mediante wireframe

cioè fatti di linee si può migliorare la rappresentazione mascherando le linee nascoste ma il modello è sempre fatto di linee. In questo caso occorre un post-processor del modello.

Modellizzazione mediante superfici

definite matematicamente: queste superfici possono essere piane o curve con diversi livelli di complessità.

Modellizzazione solida

è il sistema più avanzato. Il modello viene costruito usando primitive elementari da trattare con operazioni booleiane. Ogni primitiva è già un modello solido. Un noto modellatore solido è il Pro/ENGINEER.

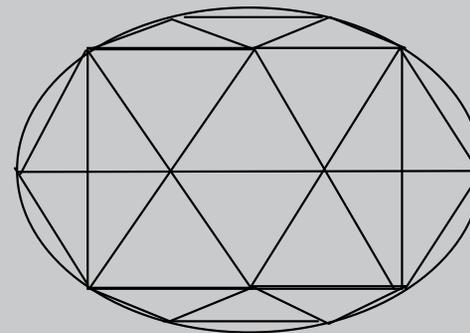
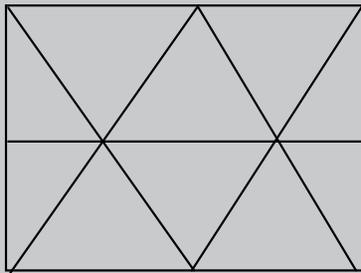
Conversione del modello CAD

I vari software CAD utilizzano diversi algoritmi per rappresentare un oggetto solido. Per ragioni di consistenza il prodotto CAD viene convertito in un formato standardizzato per i tutti processi RP. Questo formato ha tipicamente estensione **.STL**. La superficie esterna del solido è scomposta in un insieme di triangoli elementari e per ciascun triangolo il file raccoglie le coordinate di tutti i vertici e le direzioni delle normali al piano del triangolo.

Slicing

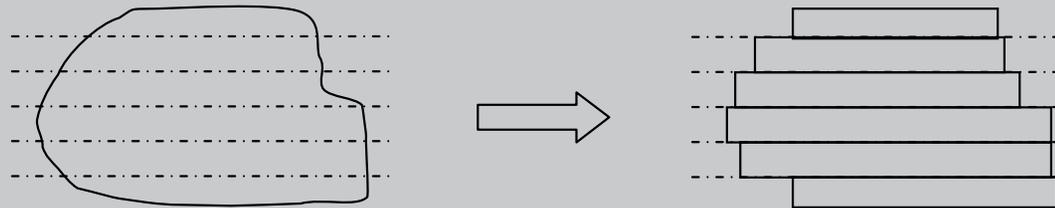
E' l'operazione che consiste nel suddividere il solido in un certo numero di fette parallele (slice). In questo modo si trasforma il problema solido (3D) in un problema piano (2D). La scelta della giacitura dei piani è importante in quanto determina il tempo di lavorazione e la precisione del prodotto.

Le slice sono costituite da triangoli adiacenti, di dimensioni opportune: maggiore è la precisione richiesta, minori debbono essere le dimensioni dei triangoli. In particolare, triangoli più piccoli sono richiesti per rappresentare superfici curve e quando si è in prossimità di bordi.



Triangoli di diverse dimensioni

Un parametro importante è lo spessore delle slice, cioè il passo con cui il solido viene affettato . Questo parametro influisce sulla precisione e la finitura superficiale del prodotto, ma anche sui tempi di esecuzione.



Un altro aspetto da considerare è l'orientamento del modello, in quanto esso condiziona le proprietà del modello ed i tempi di lavorazione. Infatti il modello risulta meno preciso e più debole secondo la direzione dell'accrescimento (asse z). Inoltre se l'altezza è elevata si richiede un numero maggiore di slice e quindi un tempo operativo maggiore.

Processo fisico di accrescimento

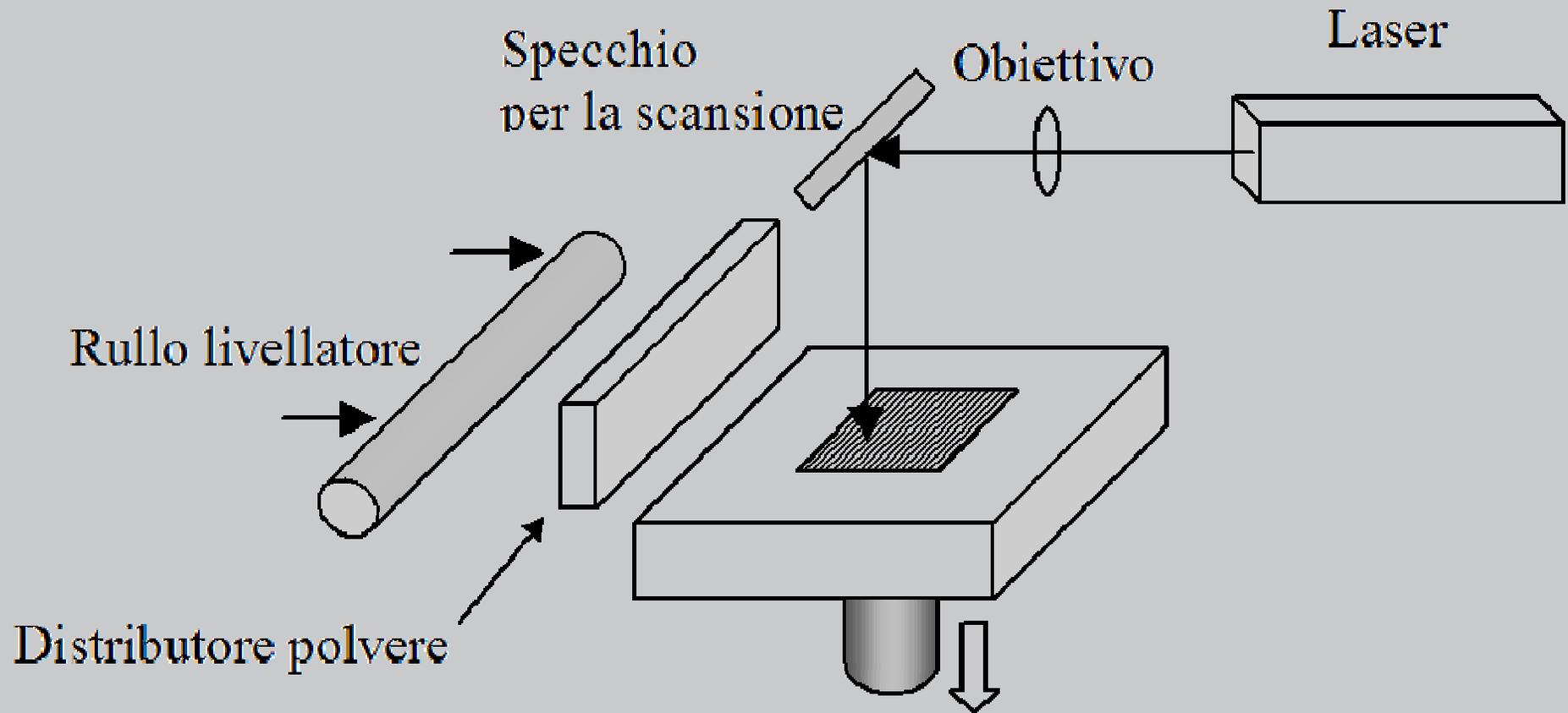
Si hanno diversi tipi di processo che si distinguono sia per il principio fisico utilizzato per l'accrescimento, sia per il tipo di materiale che si utilizza. Considerando il tipo di materiale si hanno i seguenti processi:

- a polvere
- a liquido
- a solido.

Processi a polvere

Selective Laser Sintering (DTM, Università del Texas)

Questo processo è stato brevettato nel 1989 dall'Università del Texas. Ogni strato del modello è ottenuto sinterizzando, con apporto di energia termica concentrata, parti di un sottile velo di polvere, costituito da materiale termoplastico. L'energia termica è fornita da un laser il cui raggio scansiona la superficie scaldando in maniera selettiva solo i punti richiesti. La Figura seguente descrive il procedimento: in un contenitore viene steso un sottile strato di polvere, che poi viene livellato e preriscaldato da un rullo allo scopo di minimizzare l'apporto di energia e di ridurre le variazioni di volume durante la sinterizzazione.



Selective Laser Sintering.

Nei punti dove il laser colpisce le particelle fondono o rammolliscono in modo da legarsi tra loro. Le particelle non colpite rimangono in polvere e sostengono l'oggetto ed il successivo strato. Quando un strato è stato sinterizzato il supporto si abbassa di una quantità pari allo spessore della slice ed il ciclo ricomincia.

Un vantaggio del sistema è la grande varietà di materiali che possono essere impiegati. Tra le materie plastiche si usa il policarbonato, il nylon, l'ABS (Acido-Butadiene-Stirolo).

E' possibile anche usare materiali metallici che vengono sinterizzati rivestendo la polvere con resine termoplastiche: le particelle si incollano ove vengono scaldate. Si ottiene un prodotto definito "green". Questo prodotto può essere successivamente impregnato di resine termoindurenti e reso più duro con trattamento in forno ("red"). La densità nel caso di polveri di rame è dell'ordine del 50%.

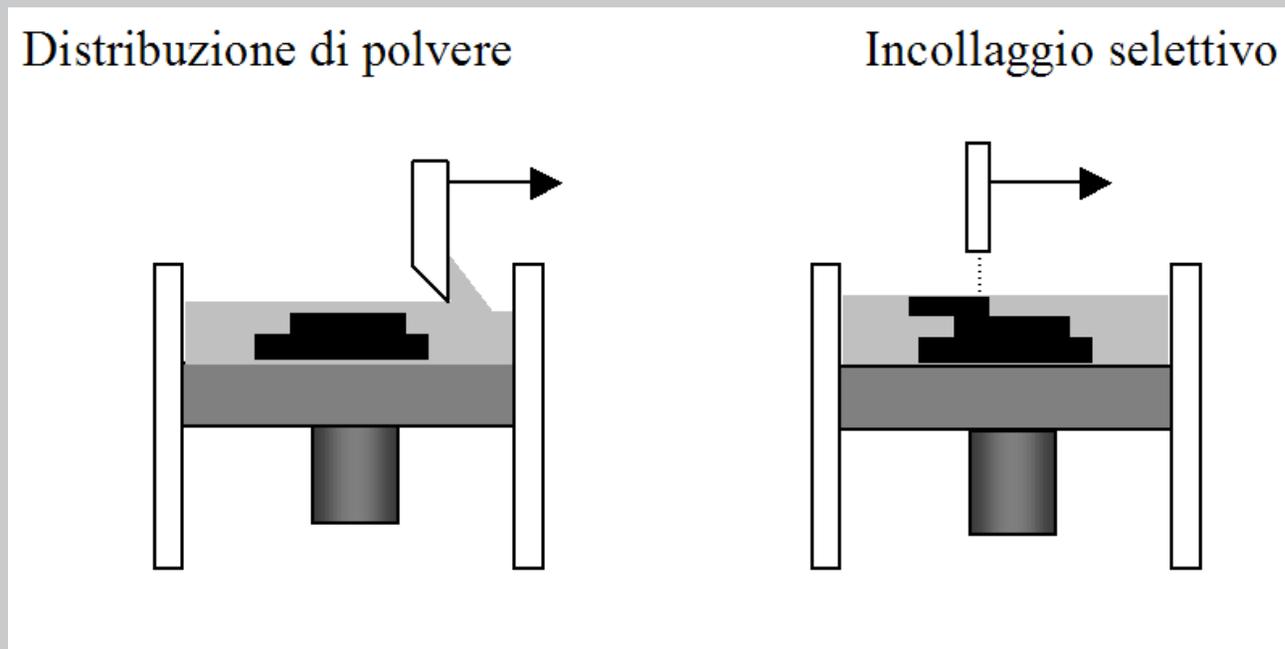
Una recente applicazione riguarda la produzione di forme per la fusione in sabbia. Si usano allo scopo sabbie di silice o di zirconio impregnate in resine opportune. Si elimina in questo modo la presenza del modello che serve a produrre la forma in sabbia e la preparazione della forma.

3D Printing (MIT)

Il sistema deriva dalla stampa ink-jet: si parte ancora da strati di polvere, ma questi ora vengono legati insieme da collanti che vengono spruzzati dalla “stampante”. Naturalmente il collante viene iniettato solo sui punti che devono essere legati assieme.

Il processo è stato fin ora usato su materiali ceramici e come leganti si usano silicati di bassa viscosità. Il legante entra nella composizione del prodotto.

In Figura si rappresentano la fase di distribuzione della polvere e la fase di incollaggio selettivo.



3D Printing

Processi a liquido

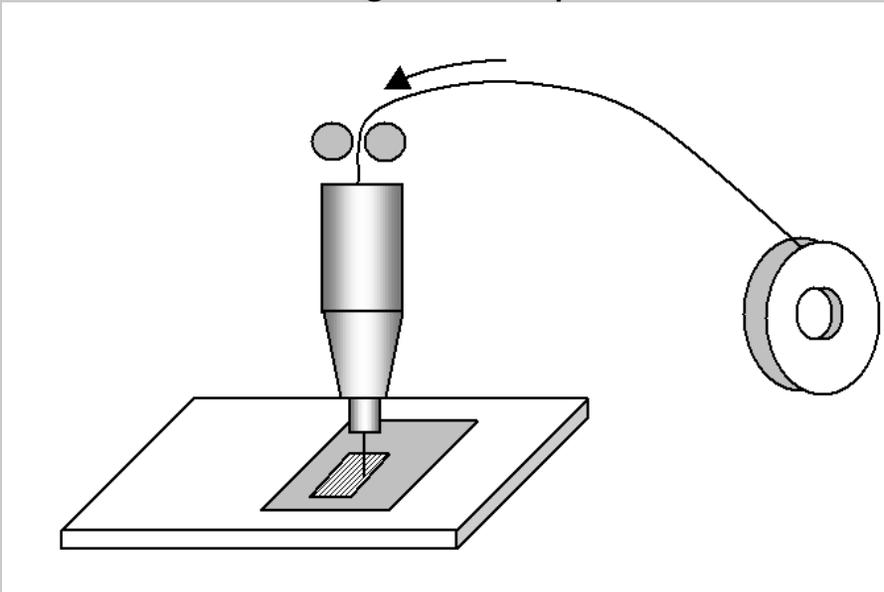
Deposizione fusa (Stratasys)

Il processo denominato FDM (Fused Deposition Modelling) consiste nell'estrudere del materiale termoplastico allo stato semifuso e nel depositarlo a strati mediante un ugello. I materiali in uso sono nylon e ABS (Acido-Butadiene-Stirolo).

Un filo di con un diametro tipicamente di 1.3 mm si svolge da un aspo ed alimenta la testa ove viene portato alla temperatura prossima a quella di fusione (da 82 a 105 °C). Da qui il materiale viene spinto attraverso un ugello e deposto sullo strato nei punti richiesti.

La scelta del materiale costituisce un limite del processo in quanto il modello non può essere utilizzato a temperature troppo alte.

I risultati che si ottengono dal punto di vista delle forme sono comunque eccezionali.

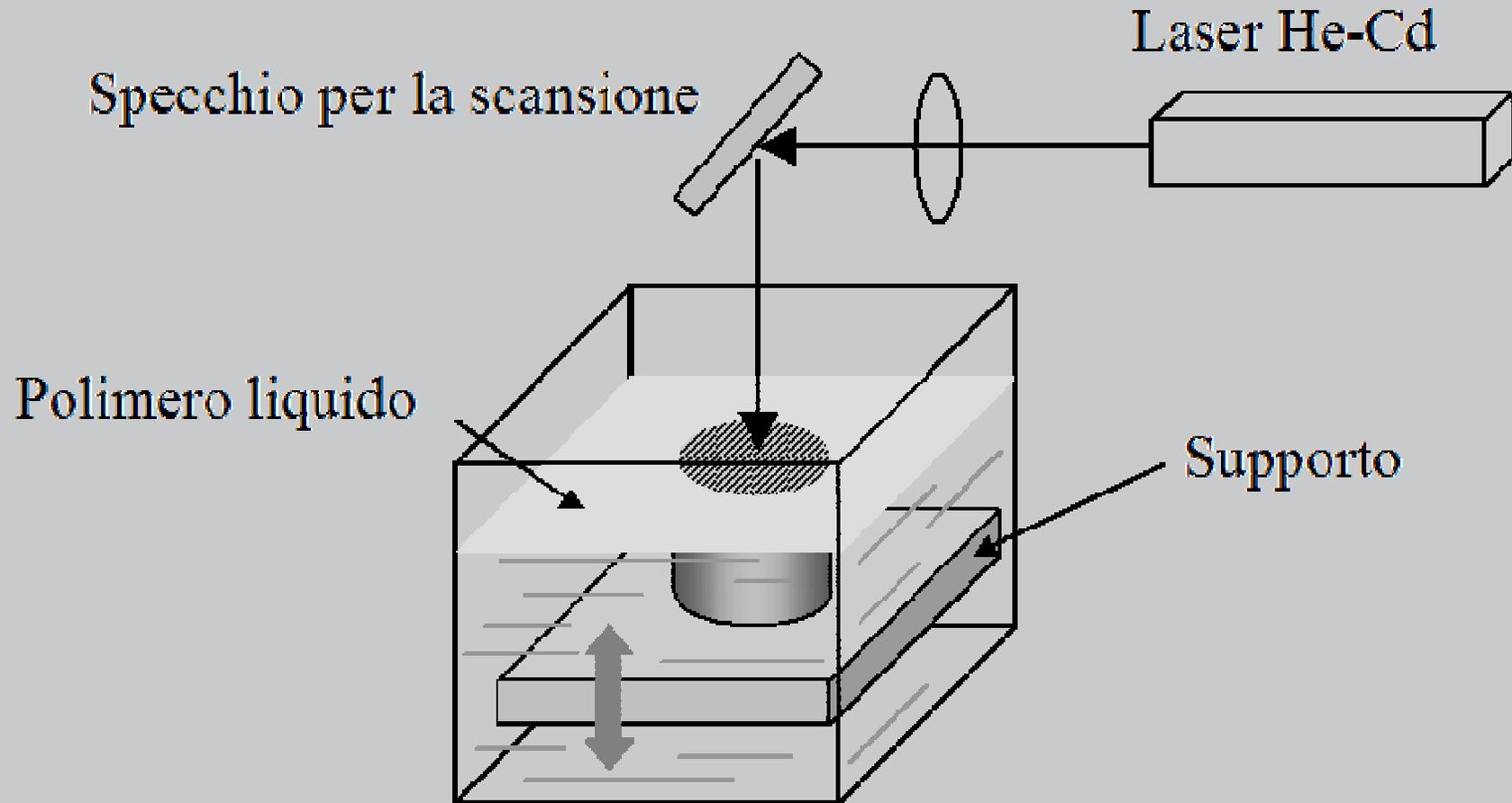


Stereolitografia (SLA, 3D Systems, California)

Questo procedimento, brevettato nel 1986, è uno dei più noti, essendo stato il primo sistema di rapid prototyping. Una resina liquida (epossidica o di acrilato) sensibilizzata alla luce ultravioletta è contenuta in una vasca. Un raggio laser He-Cd colpisce la superficie del liquido secondo traiettorie specificate, producendo il suo indurimento nei punti colpiti. La dimensione focale del raggio è di circa 0.25 mm per cui ogni linea tracciata ha come minimo questa larghezza.

Quando uno strato è completato il supporto si abbassa di circa 10 mm per consentire che il liquido ricopra bene l'ultimo strato; poi si innalza in modo da rimanere più basso di 1 passo rispetto allo strato precedente. Per ragioni di stabilità occorre che il laser aspetti da 30 a 60 secondi prima di effettuare la tracciatura del nuovo strato.

Un problema che può presentarsi con questo metodo è il sostegno delle parti dello strato che non sono poggiate su parti sottostanti del modello. Bisogna in tal caso modificare il pezzo prevedendo opportuni sostegni.

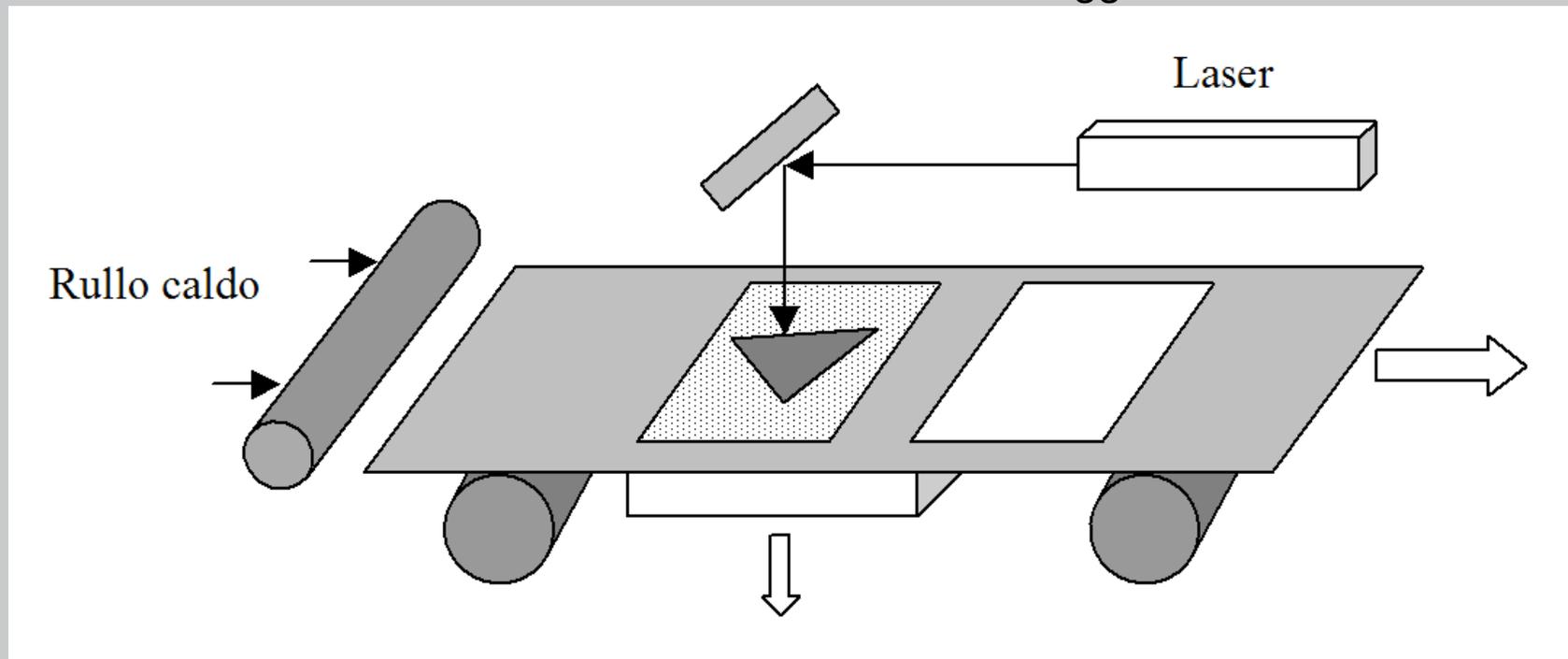


Stereolitografia (SLA, 3D Systems, California)

Processi a solido

Laminated Object Manufacturing (DTM)

Questa tecnica si basa su un concetto molto semplice che si è rivelato efficace. Ogni strato è costituito da una porzione di foglio di carta, metallo, plastica, ecc. anche di grandi dimensioni che viene incollato l'uno sull'altro. I fogli che si usano vengono prerivestiti di resine termo-plastiche. Si rappresenta lo schema delle operazioni. Il foglio, trascinato da un sistema di alimentazione, viene posato sullo strato precedente ed un rullo caldo provvede ad ammorbidire la resina in modo da fare avvenire l'incollaggio.



Laminated Object Manufacturing

A questo punto un laser effettua il taglio periferico dando la forma voluta alla slice e spezzetta la parte di foglio esterna al modello che deve essere eliminata allo scopo di facilitarne l'asportazione successiva. Terminata la lavorazione di uno strato il supporto scende di un passo prima di ricevere la nuova porzione di foglio.

Poiché non si hanno passaggi di fase nei fogli, questi sono stabili dimensionalmente. Pertanto le precisioni sono abbastanza buone (± 0.1 mm) per dimensioni sui 100 mm. Il procedimento è particolarmente adatto a generare solidi di grande estensione come pannelli o parti di carrozzerie.

CRONOLOGIA:

Fine anni settanta: Gli americani Herbert e Hull e il giapponese Kodama sviluppano indipendentemente un sistema di solidificazione selettiva di un fotopolimero per costruire un oggetto tridimensionale per strati successivi

1986: Hull brevetta un sistema che chiama “stereolitografia”

1986-87: Si sviluppa la maggior parte dei sistemi alternativi di RP

1987: La 3D System presenta la prima macchina (SLA1)

1989: La macchina SLA 250 viene posta in commercio dalla 3D System

1991-93: Vengono commercializzate le macchine Cubital, DTM, EOS, Helysys, Stratasys con tecnologie alternative alla stereolitografia

1994: La Sanders commercializza la prima macchina RP avente un costo inferiore a 100.000\$

1996: La 3D System e la Stratasys introducono sul mercato i modellatori concettuali da destinare all'ufficio tecnico

dal 1996 ad oggi: diffusione in tutto il mondo di nuove tecniche RP