

# Polyjet

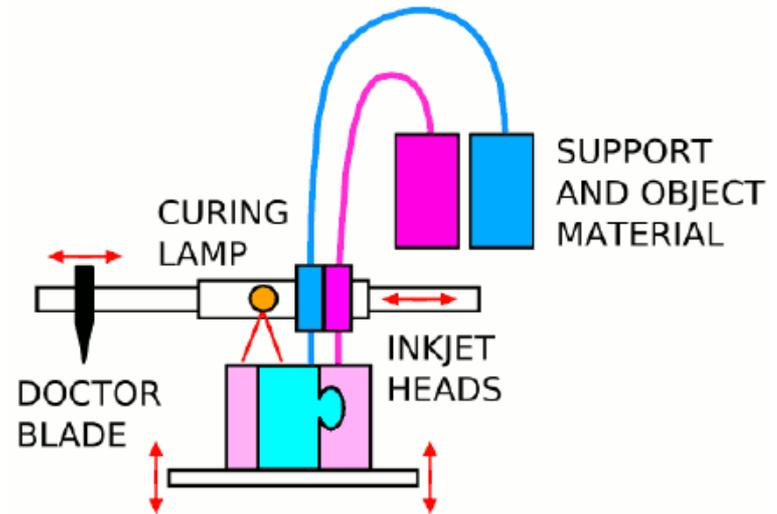
Objet Geometrie Ltd., una società israeliana, ha introdotto la sua prima macchina basata su tecnologia PolyJet™ agli inizi del 2000.

Il sistema Polyjet :

nella **macchina sono inserite due cartucce:**

\_una contenente il fotopolimero destinato a costruire il pezzo

\_un'altra per il materiale di supporto.



Le **testine** cominciano a muoversi nel piano X-Y e depositano il materiale in modo tale da costruire la prima sezione, contemporaneamente una **lampada UV** fa sì che il materiale depositato solidifichi al momento.

Queste testine rilasciano il materiale strettamente necessario a costruire il pezzo e i suoi supporti.



*Photopolymer phase change inkjet models*

Una volta costruita una sezione **la piattaforma si abbassa di 16  $\mu\text{m}$**  e le testine continuano a ripetere il processo fino al completamento del pezzo, che non necessita di trattamenti ma solo della rimozione dei supporti, con l'aiuto di un getto d'acqua.



## VANTAGGI

- Alta qualità, garantita dallo spessore di soli 16  $\mu\text{m}$  degli strati costruiti;
- Velocità del processo;
- Ampia gamma di materiali (applicazioni medicali);
- Facilità d'uso;
- Possibilità di sostituire le cartucce senza interrompere il processo;
- Sicurezza e pulizia.

## SVANTAGGI

- Rimozione dei supporti, il getto d'acqua richiesto per eliminare i supporti può danneggiare i particolari più delicati;
  - Materiale di scarto, i supporti eliminati non possono essere riutilizzati.
- 

# Multi-jet modeling (MJM)

Il pezzo viene costruito strato su strato a partire da una piattaforma mobile, la testa di stampa ha la particolarità di contenere **al suo interno 352 testine**, racchiuse in una lunghezza di **200 mm**.

Queste testine seguono un processo simile alla stampa a getto d'inchiostro ed depositano un materiale termoplastico liquefatto.

Quando una sezione è completata la piattaforma di costruzione si abbassa e le testine riprendono la costruzione della sezione successiva fino al completamento dell'oggetto.





## VANTAGGI

- Efficienza e facilità d'uso, le testine depositano velocemente e in maniera continua materiale ad una risoluzione di 300 dpi;
- Basso costo, il termopolimero utilizzato è disponibile a costi limitati;
- Velocità costruttiva.

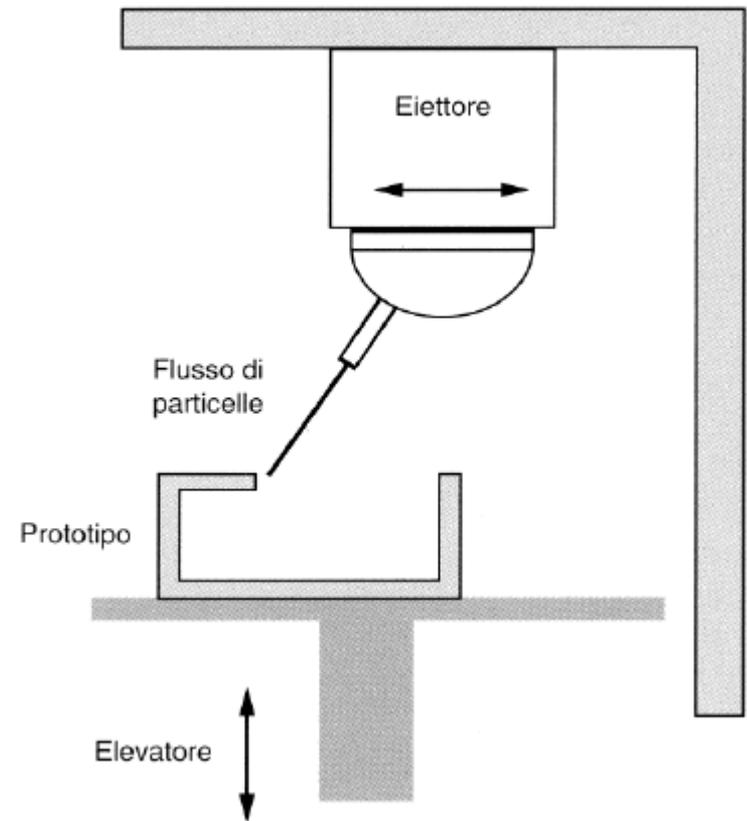
## SVANTAGGI

- Piccolo volume costruttivo, soprattutto se comparato a quelli di altre tecniche;
  - Materiali limitati;
  - Scarsa accuratezza.
- 

# Ballistic particle manufacturing (BPM)

il processo realizza le varie sezioni del prototipo tramite **il lancio di gocce di materiale termoplastico ad alta velocità** da parte di un eiettore.

Il cuore del sistema è rappresentato da un eiettore installato sulla tavola di posizionamento a 5 assi controllati (caratteristica unica tra i sistemi RP) che consente il corretto orientamento del flusso di materiale sul modello.





L'eiettore, lancia 12.000 particelle/sec con un diametro di circa 0,075mm e si schiacciano fino a un diametro di 0,05mm dopo l'impatto.

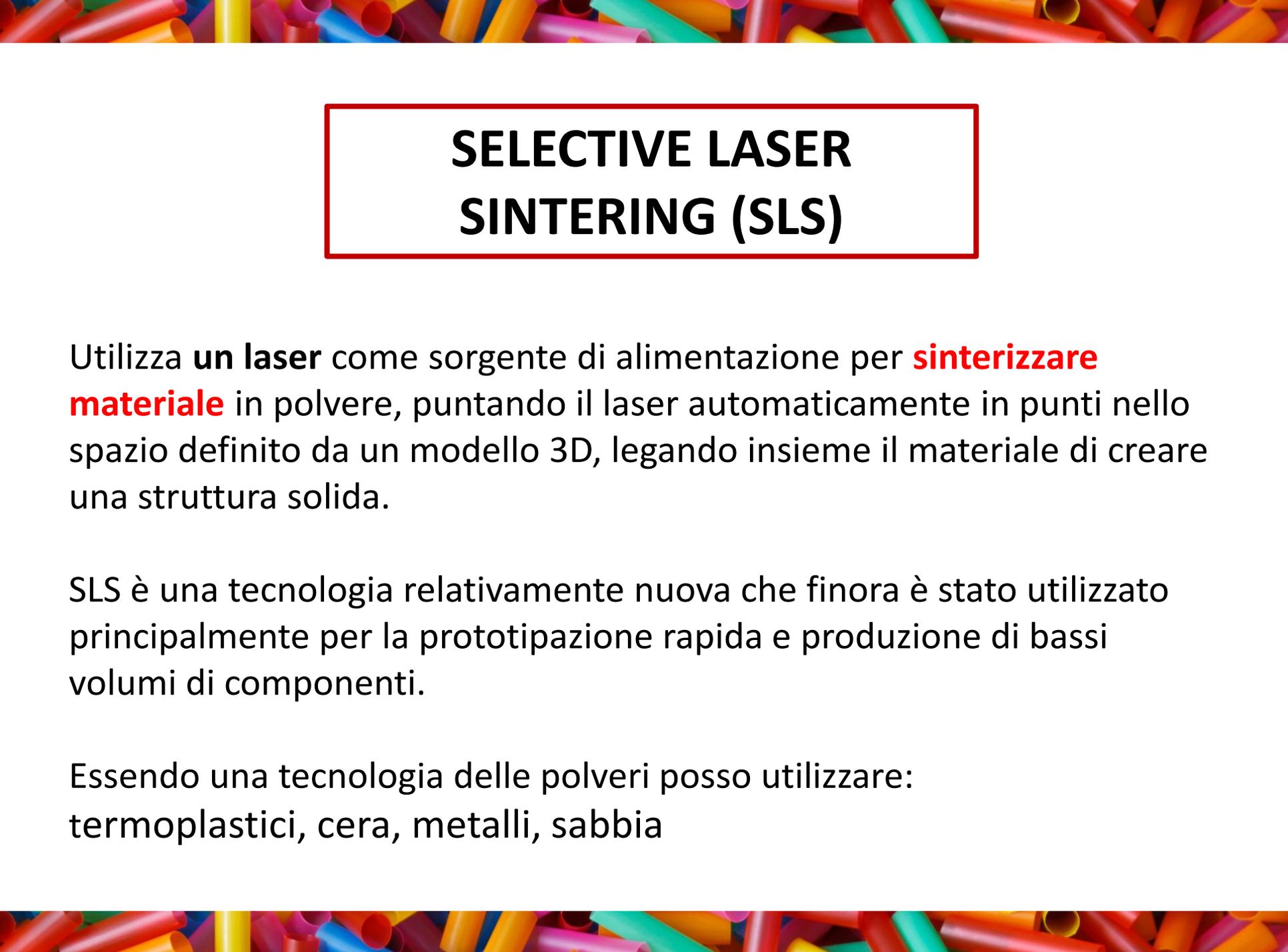
**L'aderenza allo strato precedente è assicurata dall'elevata energia cinetica** delle particelle, che all'impatto si fondono parzialmente e si legano con legami simili a quelli dell'incollaggio.

In un secondo tempo, una testina riscaldata agisce sullo strato deposto (non ancora completamente solidificato) per migliorarne la morfologia superficiale.

Data la struttura multiassiale del sistema, esso è adatto alla realizzazione di **oggetti cavi di forma qualsiasi, a parete sottile o nervata.**

I **supporti**, laddove necessari, sono costruiti con lo **stesso materiale** del pezzo e la sezione di attacco viene opportunamente ristretta per facilitare la rimozione.





## SELECTIVE LASER SINTERING (SLS)

Utilizza **un laser** come sorgente di alimentazione per **sinterizzare materiale** in polvere, puntando il laser automaticamente in punti nello spazio definito da un modello 3D, legando insieme il materiale di creare una struttura solida.

SLS è una tecnologia relativamente nuova che finora è stato utilizzato principalmente per la prototipazione rapida e produzione di bassi volumi di componenti.

Essendo una tecnologia delle polveri posso utilizzare:  
termoplastici, cera, metalli, sabbia

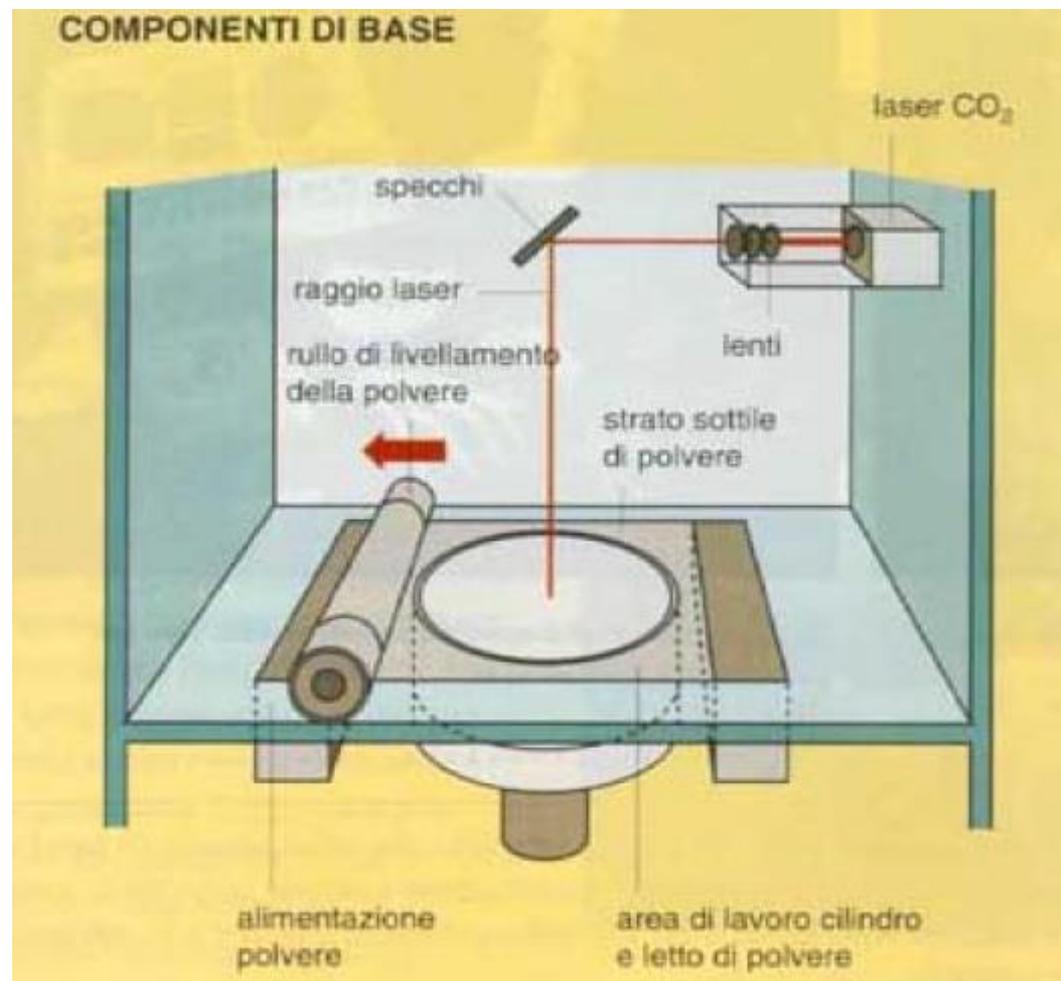
All'interno della camera di costruzione viene **depositato un sottile strato di polvere fusibile**, la temperatura interna viene mantenuta prossima a quella di fusione del materiale in modo tale da minimizzare l'energia richiesta al laser.

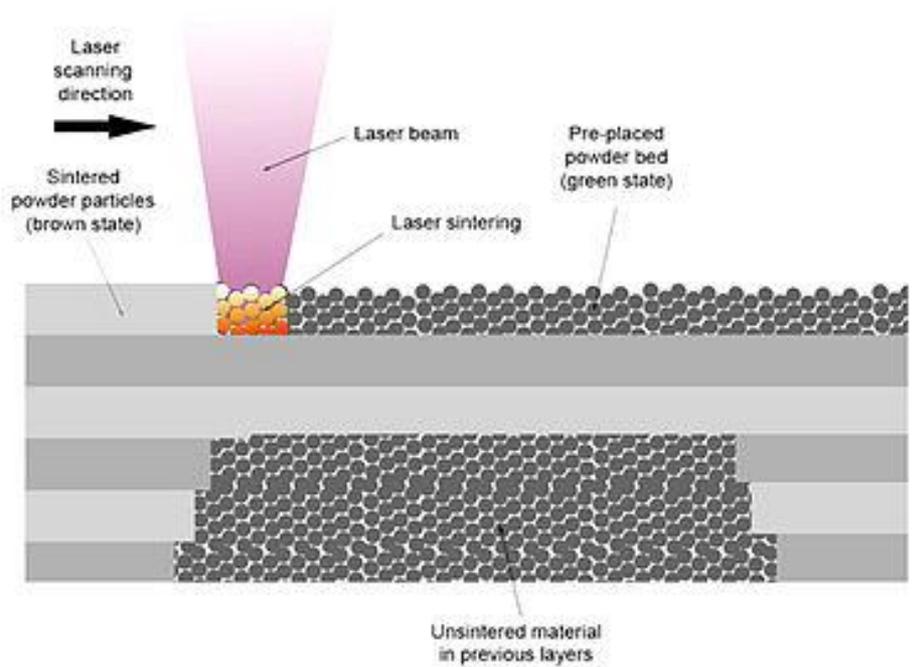
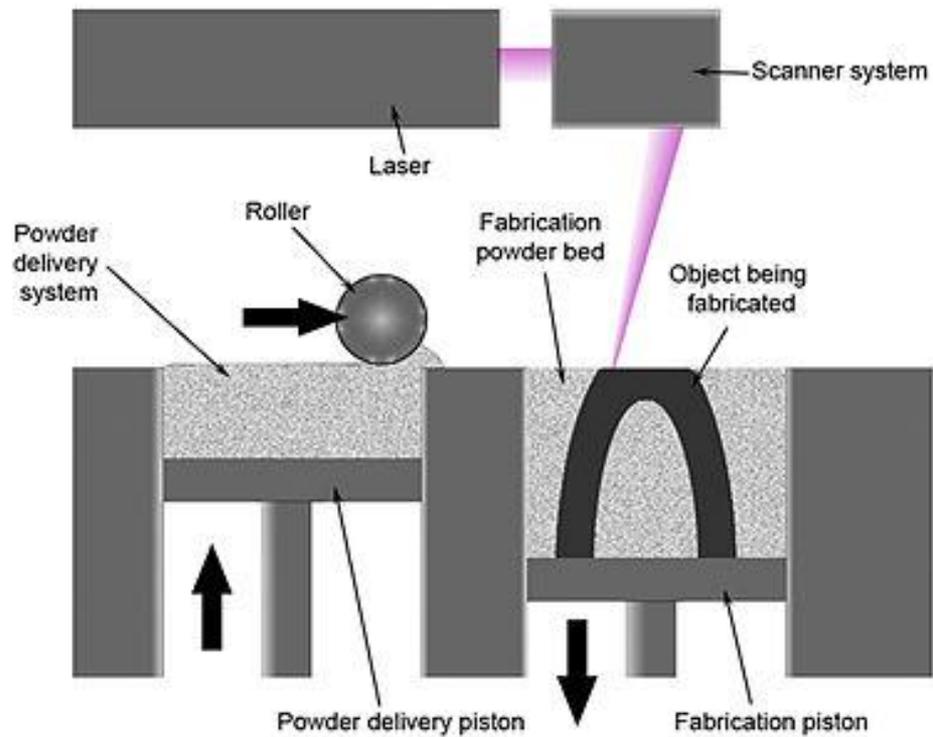
Il laser:

→ segue le traiettorie necessarie a tracciare la sezione

→ fornisce l'energia termica necessaria a provocare la fusione localizzata delle polveri, lasciando inalterate quelle nelle zone circostanti

→ si ha così la creazione della sezione grazie alla fusione e unione dei granelli di polvere.





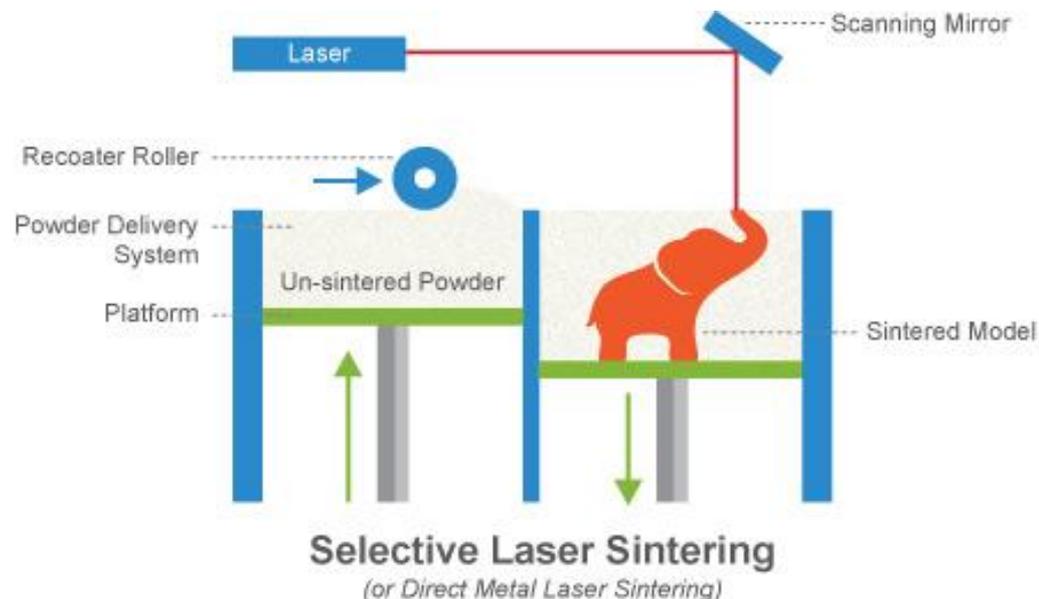
Va sottolineato il fatto che qui la parola **sinterizzazione** viene utilizzata in maniera impropria, dal momento che si ha fusione delle polveri in tempi molto rapidi, sotto il solo effetto del riscaldamento indotto dal Laser; **manca del tutto l'effetto della pressione**

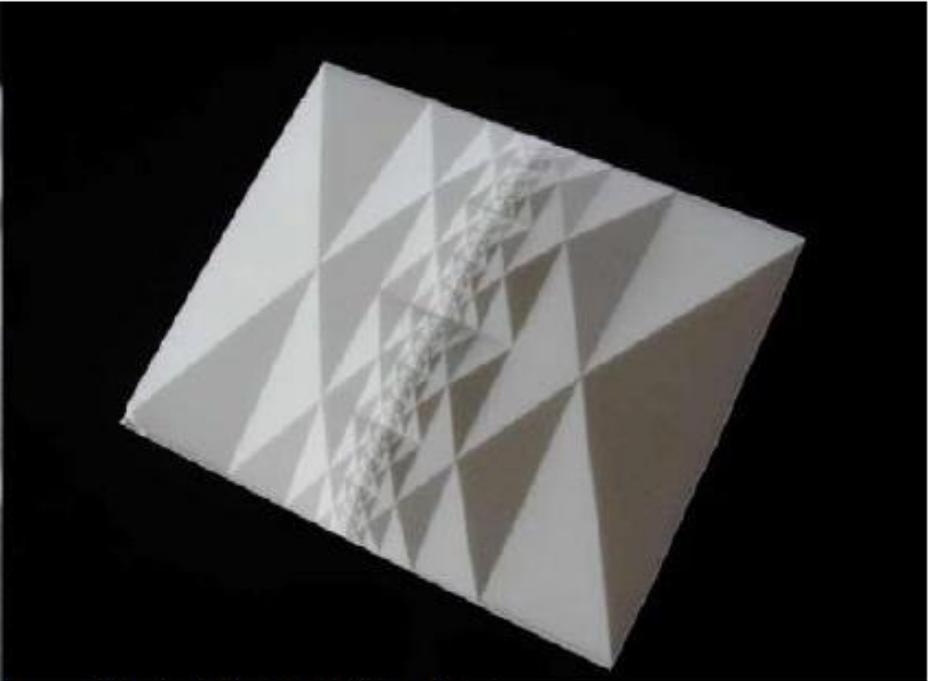
Una volta completata la sezione viene depositato un ulteriore strato di polvere grazie ad un **meccanismo di rulli** ed è così possibile la creazione della sezione successiva.

Il procedimento si ripete fino alla creazione dell'ultima sezione.

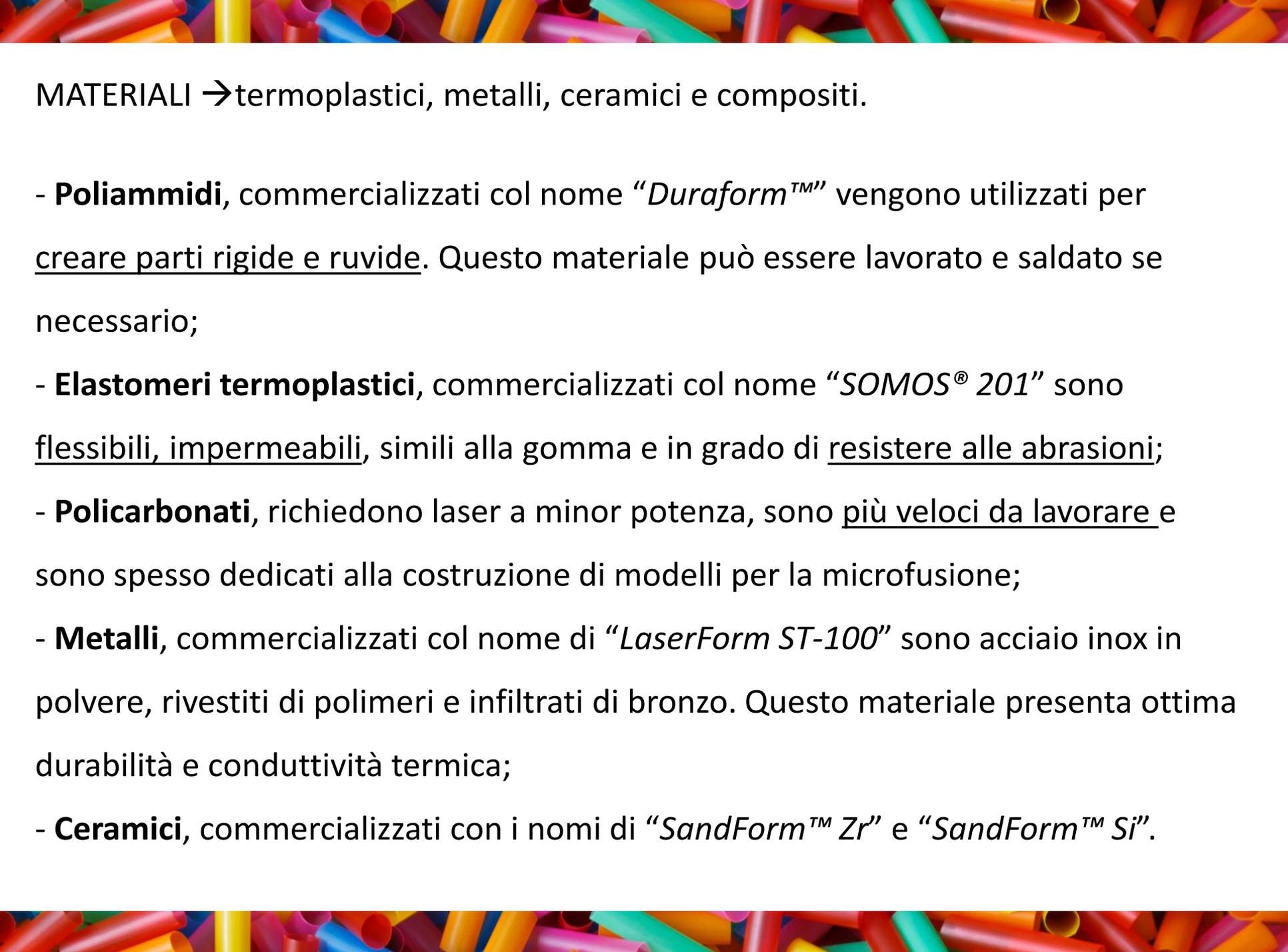
I materiali in forma di polveri **consentono di non utilizzare supporti nella creazione del prototipo**, infatti la loro funzione è svolta dagli strati stessi di polvere non fusa dal laser che rimangono nella camera di costruzione fino al termine del processo.

Terminata la creazione del pezzo, esso viene rimosso dalla camera di costruzione e la polvere libera si rimuove semplicemente.





*SLS Model: in the detail you can see the porous aspect of the surface, which is typical for this method*



MATERIALI → termoplastici, metalli, ceramici e compositi.

- **Poliammidi**, commercializzati col nome “*Duraform™*” vengono utilizzati per creare parti rigide e ruvide. Questo materiale può essere lavorato e saldato se necessario;
- **Elastomeri termoplastici**, commercializzati col nome “*SOMOS® 201*” sono flessibili, impermeabili, simili alla gomma e in grado di resistere alle abrasioni;
- **Policarbonati**, richiedono laser a minor potenza, sono più veloci da lavorare e sono spesso dedicati alla costruzione di modelli per la microfusione;
- **Metalli**, commercializzati col nome di “*LaserForm ST-100*” sono acciaio inox in polvere, rivestiti di polimeri e infiltrati di bronzo. Questo materiale presenta ottima durabilità e conduttività termica;
- **Ceramici**, commercializzati con i nomi di “*SandForm™ Zr*” e “*SandForm™ Si*”.

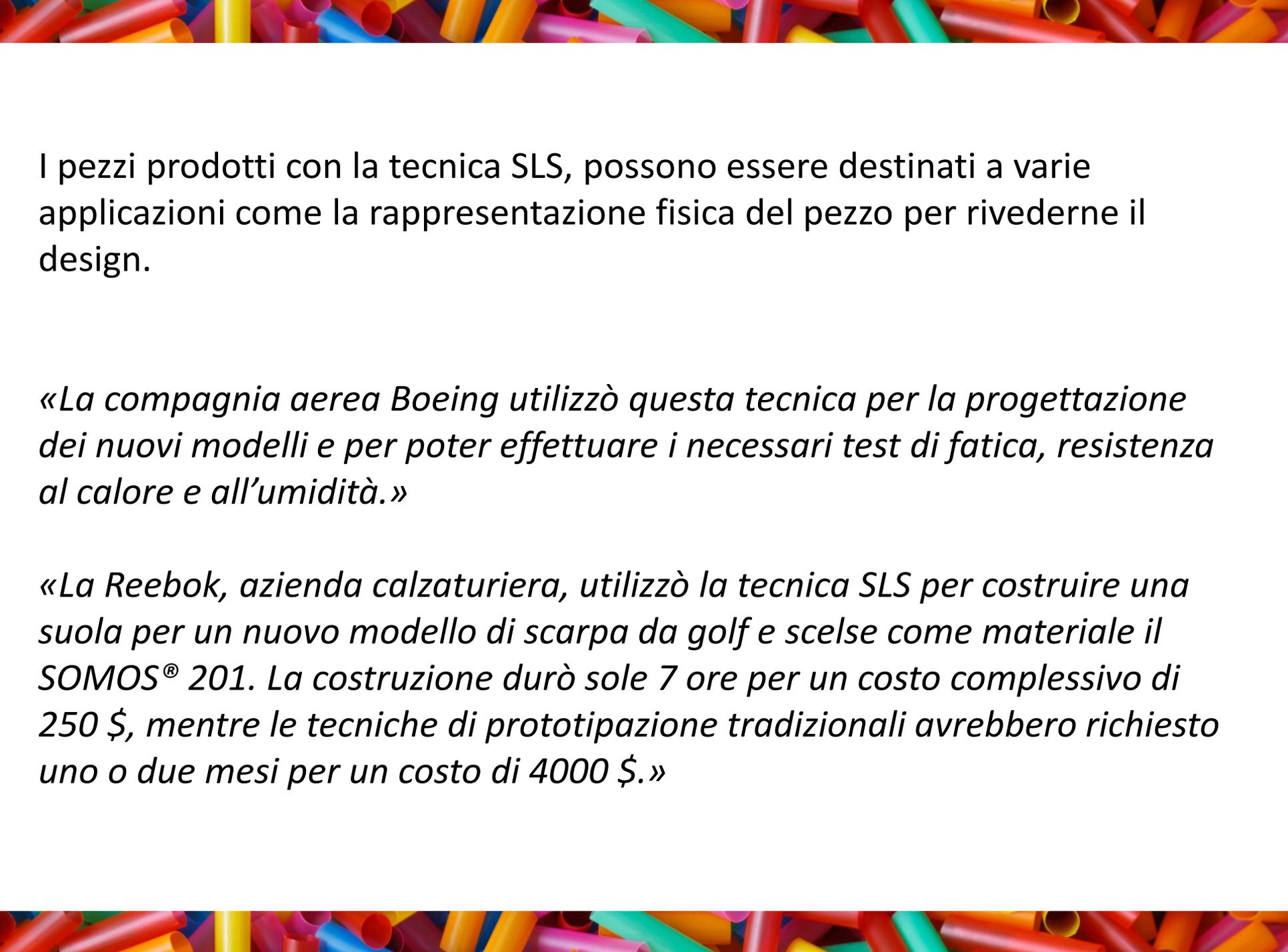


## VANTAGGI

- Buona stabilità del pezzo;
- Ampia gamma di materiali utilizzabili;
- Assenza di strutture di supporto;
- Limitata fase di post-processo;
- Assenza di post-trattamento per la solidificazione;

## SVANTAGGI

- Ampio spazio fisico richiesto dall'unità;
  - Alto consumo di potenza del laser;
  - Scarsa finitura superficiale (rugosa)
  - Sistema più complesso di altre tecnologie come la stereolitografia
  - Gli oggetti sono porosi. Potrebbe essere necessario infiltrare nella parte un altro materiale per migliorare le caratteristiche meccaniche.
- 



I pezzi prodotti con la tecnica SLS, possono essere destinati a varie applicazioni come la rappresentazione fisica del pezzo per rivederne il design.

*«La compagnia aerea Boeing utilizzò questa tecnica per la progettazione dei nuovi modelli e per poter effettuare i necessari test di fatica, resistenza al calore e all'umidità.»*

*«La Reebok, azienda calzaturiera, utilizzò la tecnica SLS per costruire una suola per un nuovo modello di scarpa da golf e scelse come materiale il SOMOS® 201. La costruzione durò sole 7 ore per un costo complessivo di 250 \$, mentre le tecniche di prototipazione tradizionali avrebbero richiesto uno o due mesi per un costo di 4000 \$.»*

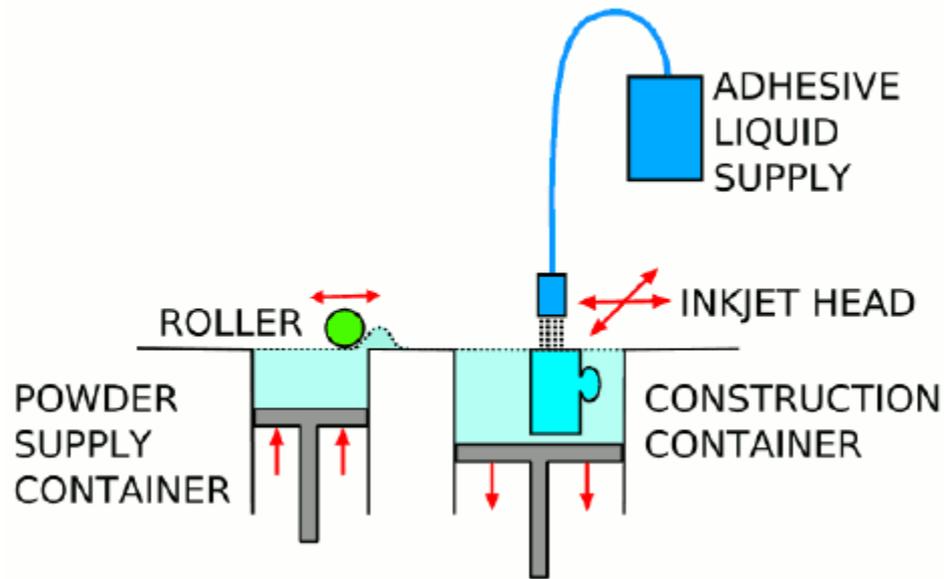
# 3D PRINTING

è stata sviluppata al MIT. È spesso usata come un processo di fabbricazione diretto, nonché per la prototipazione rapida.

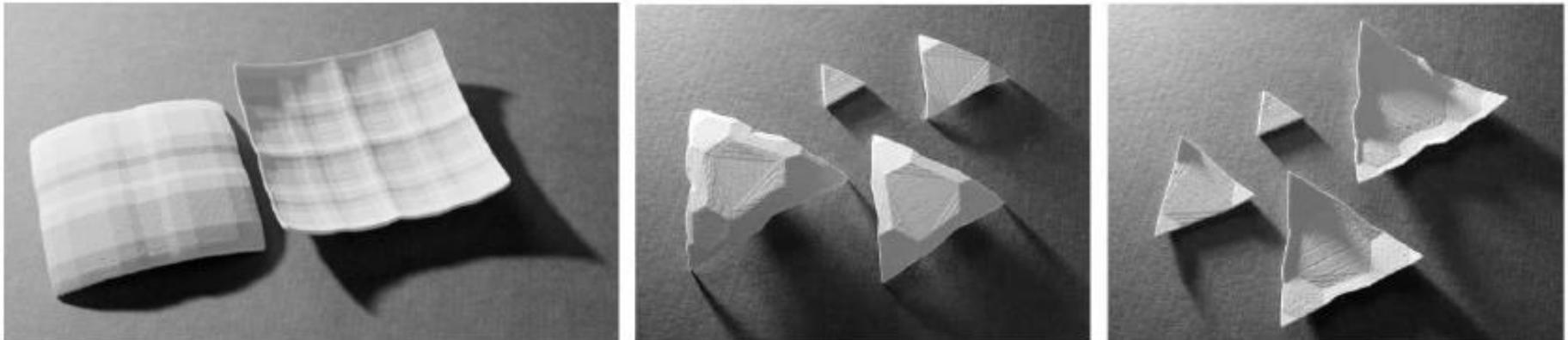
La macchina, **attraverso il sistema di alimentazione, distribuisce uno strato di polvere** in modo tale da ricoprire il pistone di costruzione.

Le **testine della macchina** quindi **stampano una soluzione legante sulla polvere** libera in modo tale da formare la sezione del pezzo.

A seconda del colore richiesto dal particolare possono agire tutte e quattro le testine o solo alcune di esse.



**La polvere è quindi incollata assieme dove viene stampato il legante** mentre quella non facente parte della sezione rimane libera e si accumula nella fase di costruzione agendo da supporto come nella tecnica Selective Laser Sintering.



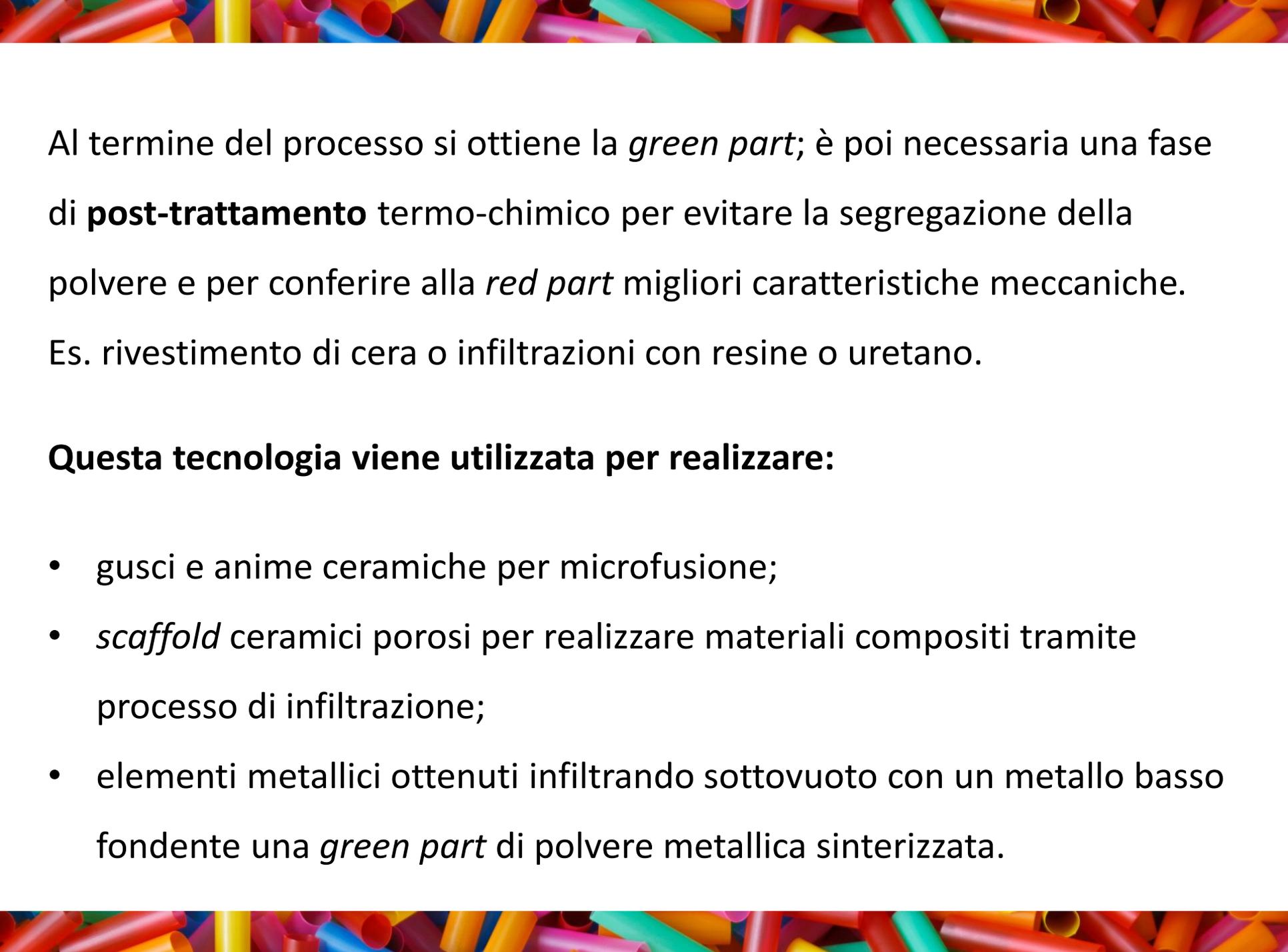
*3DP Models: These models weren't solidified in a bath of resin, which makes them quite brittle.*

Quando ogni sezione viene costruita il pistone si abbassa e viene depositato un nuovo strato di polvere.

Come per le altre tecnologie la costruzione avviene strato su strato fino a che non viene creata l'ultima sezione.



**La rimozione del pezzo avviene aspirando la polvere in eccesso**



Al termine del processo si ottiene la *green part*; è poi necessaria una fase di **post-trattamento** termo-chimico per evitare la segregazione della polvere e per conferire alla *red part* migliori caratteristiche meccaniche.  
Es. rivestimento di cera o infiltrazioni con resine o uretano.

**Questa tecnologia viene utilizzata per realizzare:**

- gusci e anime ceramiche per microfusione;
- *scaffold* ceramici porosi per realizzare materiali compositi tramite processo di infiltrazione;
- elementi metallici ottenuti infiltrando sottovuoto con un metallo basso fondente una *green part* di polvere metallica sinterizzata.



## VANTAGGI

- Alta velocità costruttiva, ogni sezione è costruita nell'ordine dei secondi;
- Versatilità, tecnica è utilizzata da molti tipi di industrie e per un'ampia varietà di utilizzi;
- Facilità d'uso, il sistema è basato su uno standard che lo rende simile ad una stampante ink-jet;
- Assenza di materiale di scarto, la polvere non utilizzata in un ciclo viene riusata la volta successiva;
- Colori, è possibile impartire ad un pezzo più colorazioni direttamente nella fase di creazione.

## SVANTAGGI

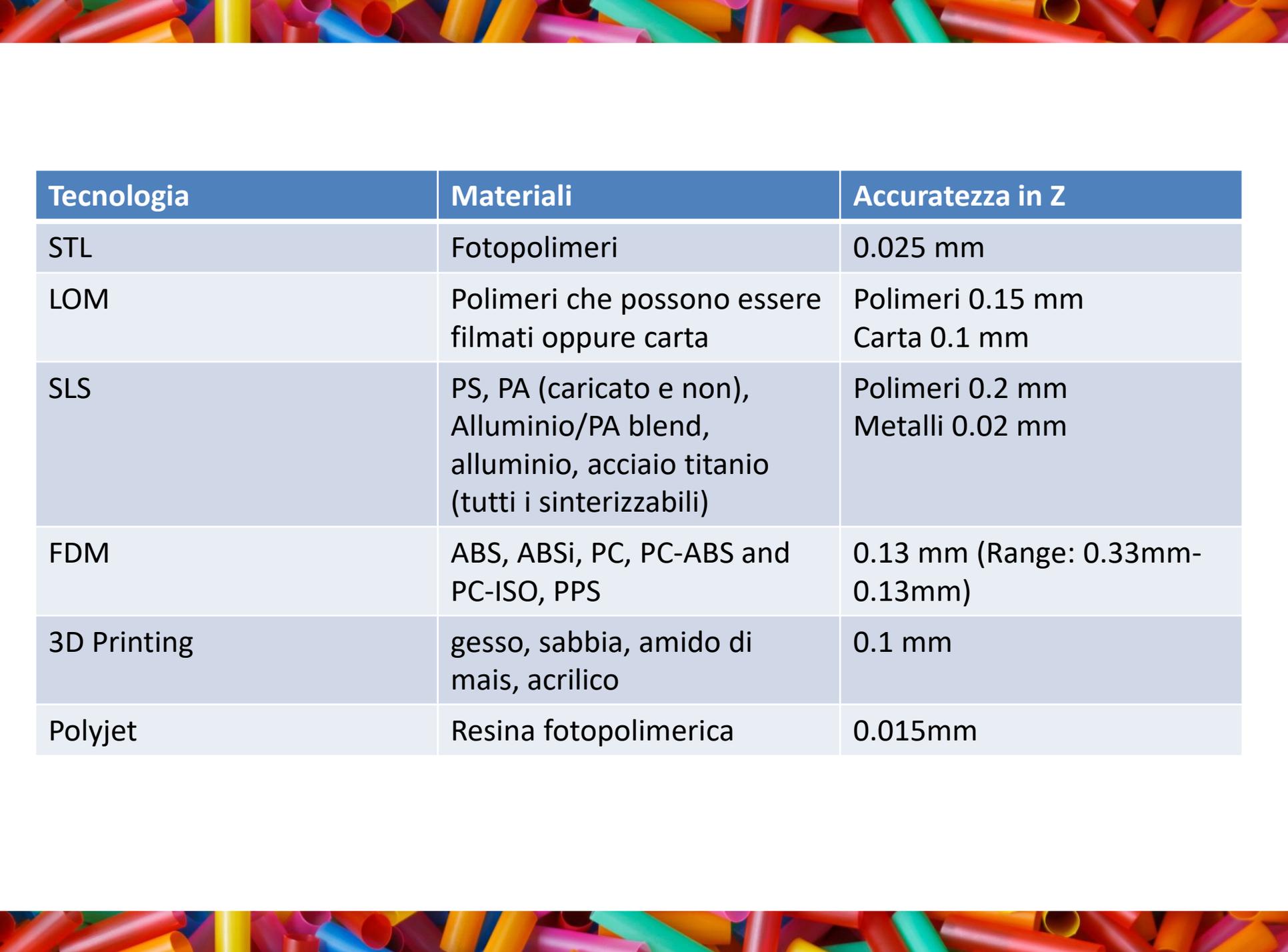
- Parti poco funzionali, il pezzo può essere sottoposto a limitati test funzionali per la sua debolezza strutturale;
  - Materiali limitati;
  - Scarsa finitura superficiale.
- 



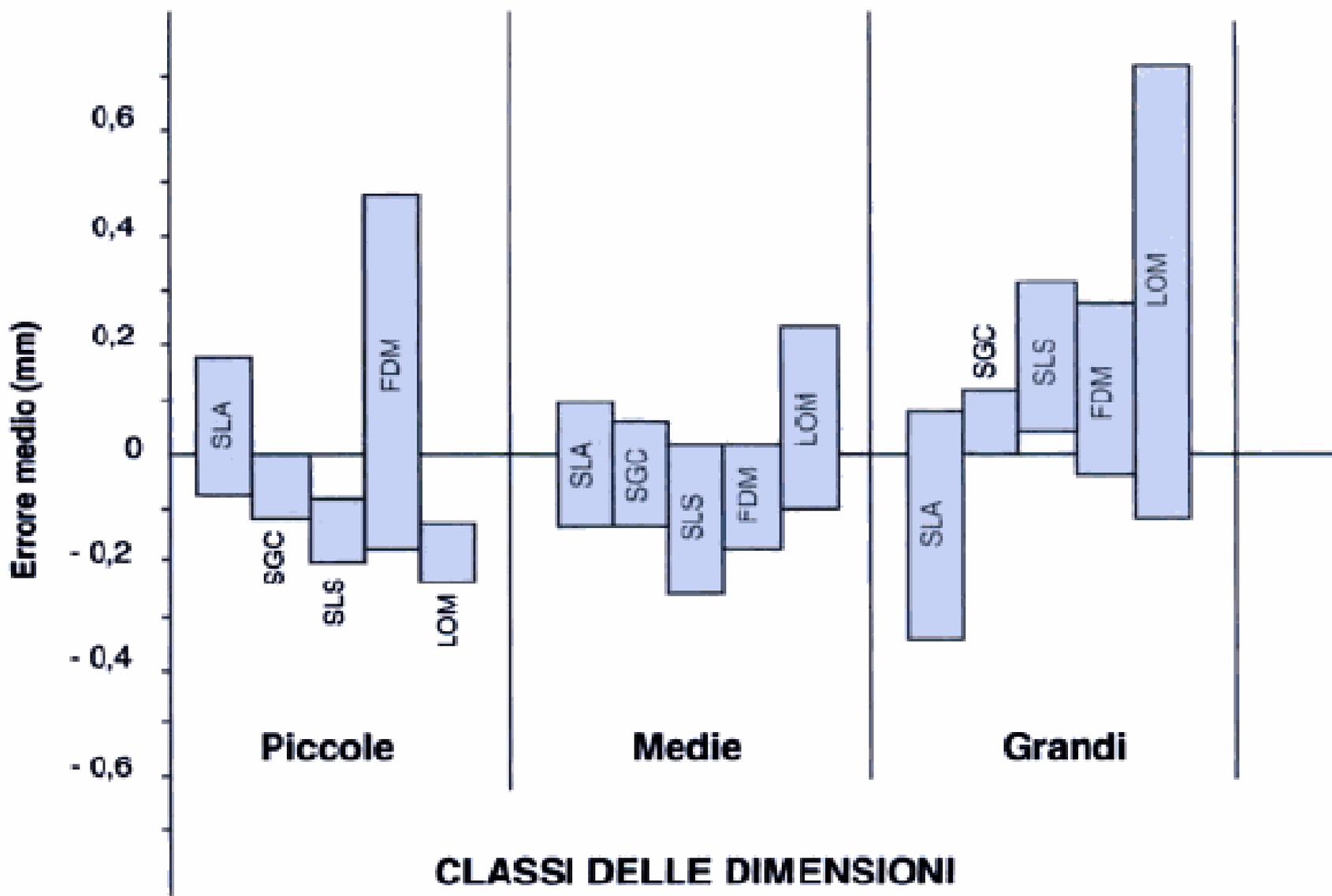
E' sorta quindi una serie di iniziative volte a sviluppare metodologie specifiche per la **valutazione delle prestazioni delle varie tecniche**, individuando un insieme più esteso di criteri da coinvolgere nell'analisi e nella valutazione dei prototipi rapidi.

I criteri ritenuti importanti sono:

- La tolleranza dimensionale;
  - La tolleranza di forma;
  - La rugosità delle superfici;
  - Le caratteristiche meccaniche;
  - Le tensioni residue.
- 



Tecnologia	Materiali	Accuratezza in Z
STL	Fotopolimeri	0.025 mm
LOM	Polimeri che possono essere filmati oppure carta	Polimeri 0.15 mm Carta 0.1 mm
SLS	PS, PA (caricato e non), Alluminio/PA blend, alluminio, acciaio titanio (tutti i sinterizzabili)	Polimeri 0.2 mm Metalli 0.02 mm
FDM	ABS, ABSi, PC, PC-ABS and PC-ISO, PPS	0.13 mm (Range: 0.33mm-0.13mm)
3D Printing	gesso, sabbia, amido di mais, acrilico	0.1 mm
Polyjet	Resina fotopolimerica	0.015mm



Rif.	Tecnica	Ra ↑ (μm)
1	SLA (3D) vin.	3,7
2	SLA (3D) ep.	1,5
3	SGC	9,8
4	FDM (P200)	4,0
5	FDM (P300)	11,0
6	FDM (ABS)	17
7	LOM	2,4
8	LOM	2,9
9	SLS (Nylon)	18,4
10	SLS (Polic.)	16,6
11	SLA (EOS)	1,8
12	SLA (3D Quick-Cast)	1,5