



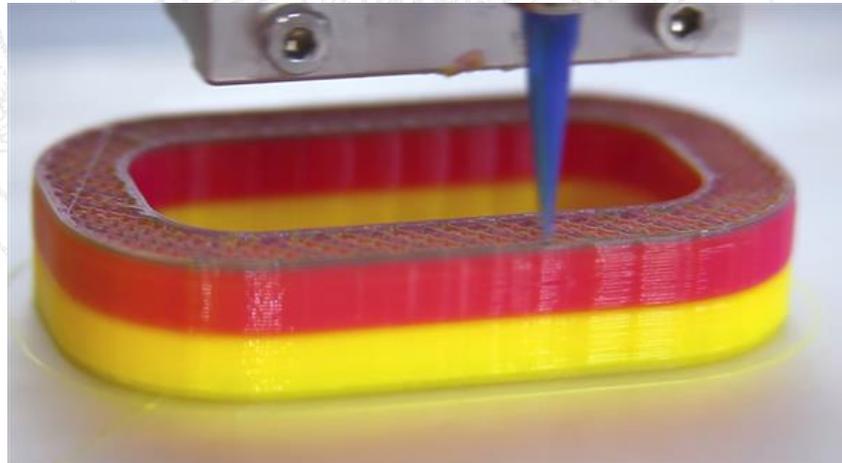
**Stampa 3D per applicazioni
biomedicali:
Review della letteratura**

Candidato: Monica Magnardini
Matricola: 400947

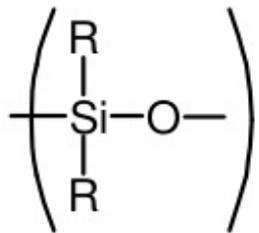
Relatore: Dott. Michele Conti

A.A. 2015 – 2016

- **Silicone: Proprietà del materiale e polimerizzazione**
- **Review tecnologia stampa 3D**
- **Stampanti 3D per silicone**
 - Quali sono
 - Tipo di tecnica di stampa 3D usata
- **Conclusioni & prospettive future**

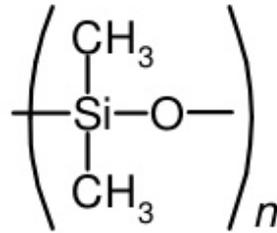


- I siliconi (o polisilossani) sono polimeri inorganici la cui catena è fatta di ripetizioni di legami silicio-ossigeno. Oltre al loro legame con l'ossigeno gli atomi di silicio sono legati a gruppi organici (metilici)
- Possibile impiego come fluidi, emulsioni, composti, resine ed elastomeri.

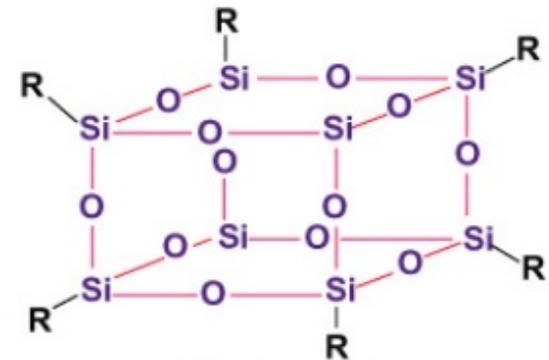


siloxane

and if R is CH₃,



polydimethylsiloxane



silicate resin



- Masse polimeriche formulate con l'aggiunta di un opportuno agente di vulcanizzazione.
- Resistenti entro un ampio campo di temperatura, attacchi chimici e ossidazione.
- Ottimi isolanti elettrici con basse tensioni superficiali.
- Tre tipologie:
 - HTV (High Temperature Vulcanizing)
 - RTV (Room Temperature Vulcanizing)
 - LSR (Liquid Silicone Rubber)

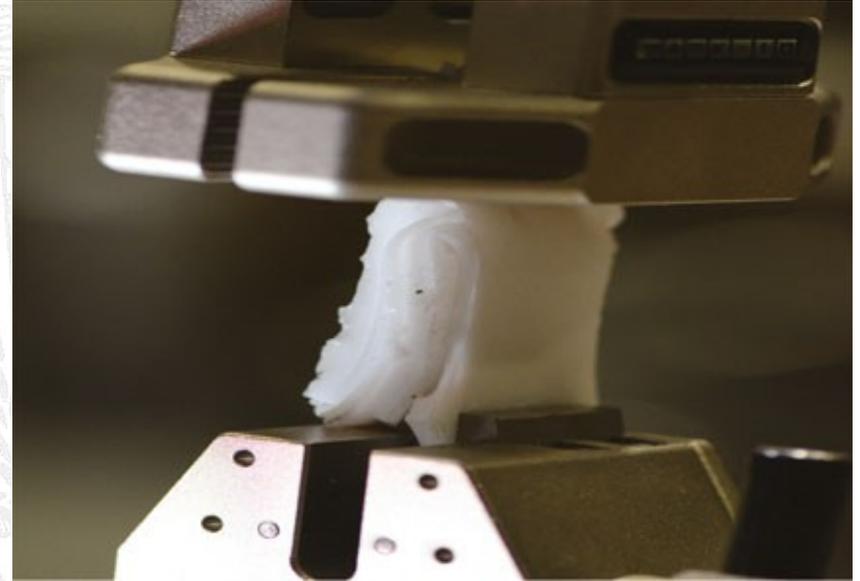


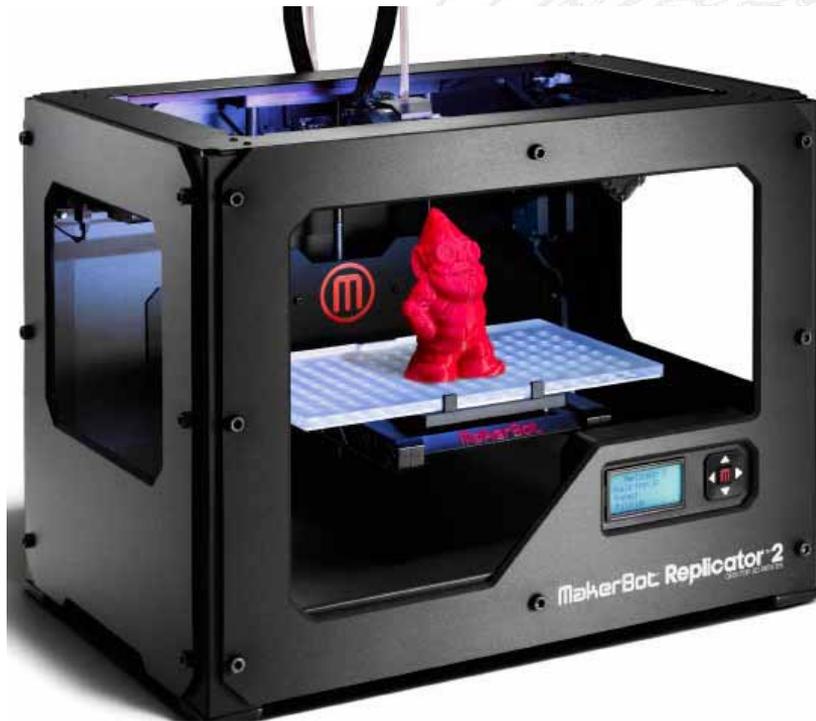
- Grazie alle sue caratteristiche, il silicone è adatto a svariate applicazioni in diversi ambiti .
- I vantaggi rispetto ad altri elastomeri consentono un'espansione sempre più rapida del portfolio delle applicazioni.
- I vantaggi sono resi evidenti dalla descrizione delle singole proprietà

- **Proprietà termiche:**
Resistente al calore fino a 200°C con materiale standard, fino a 300°C con materiale stabilizzatore del calore.
Ottima flessibilità al freddo fino a - 60° C con materiale standard e - 100°C con materiale speciale
- **Proprietà elettriche:**
Buon effetto di isolamento (materiale non conduttore)
- **Resistenze chimiche:**
Sterilizzabile a vapore fino a 130°C e resistente ad acidi deboli e soluzioni alcaline

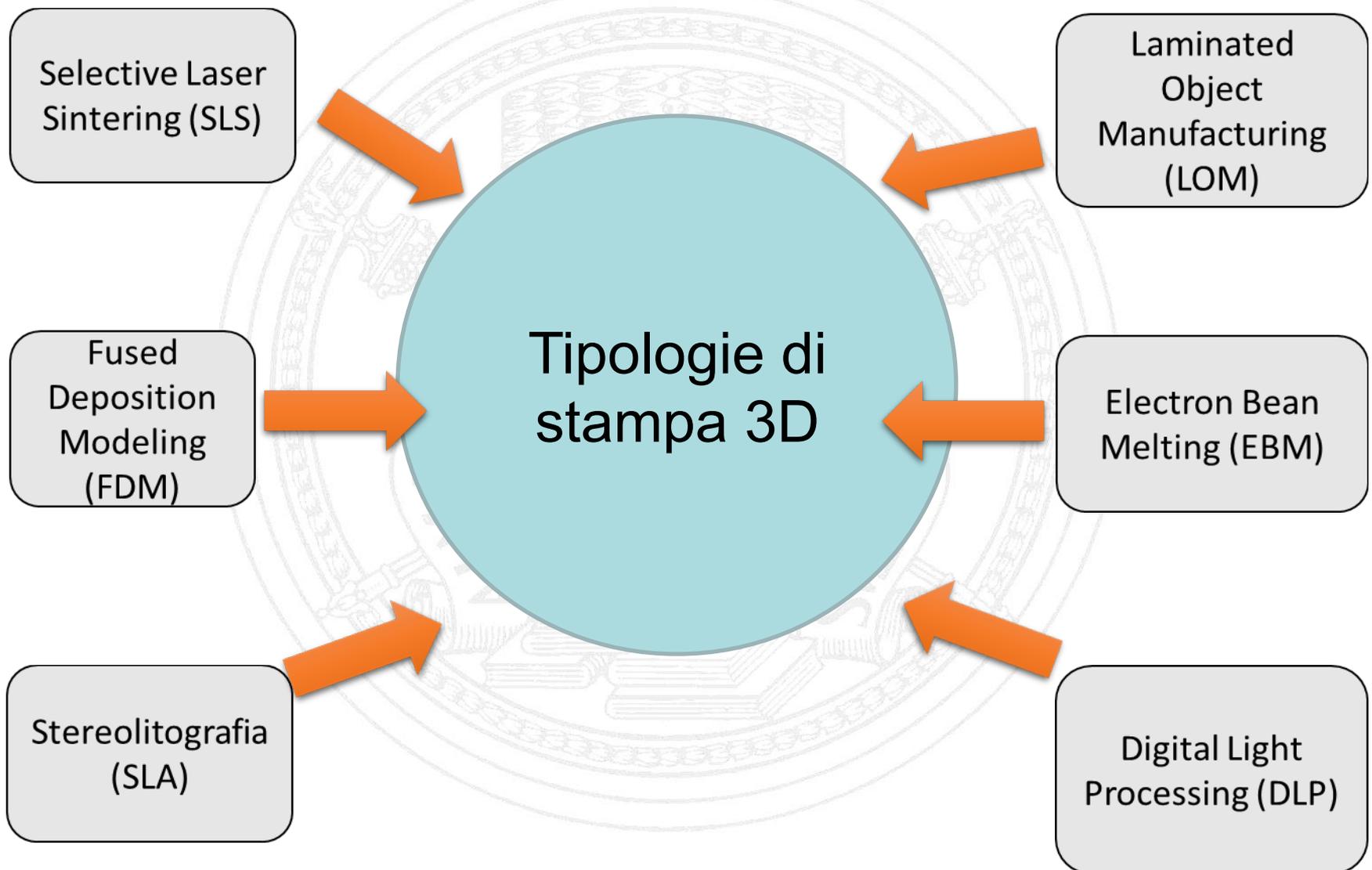


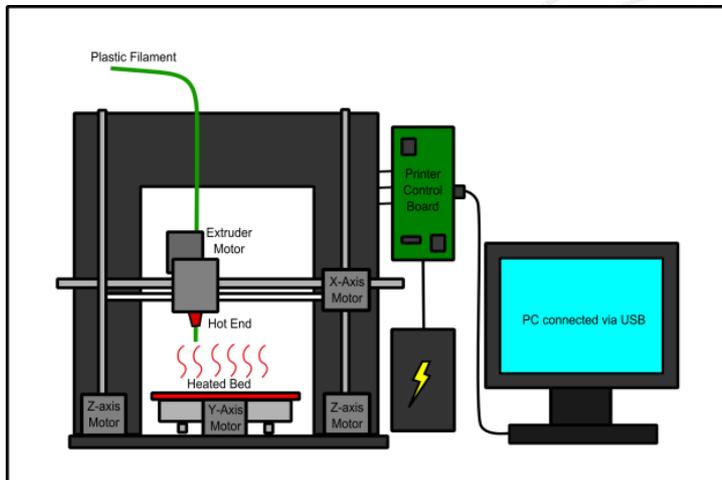
- Il silicone è un materiale comune ma problematico per la stampa 3D
- E' più impegnativo da depositare utilizzando tecniche di produzione additiva
- Il tempo di solidificazione del materiale
- Sviluppo in altezza di oggetti stampanti in silicone



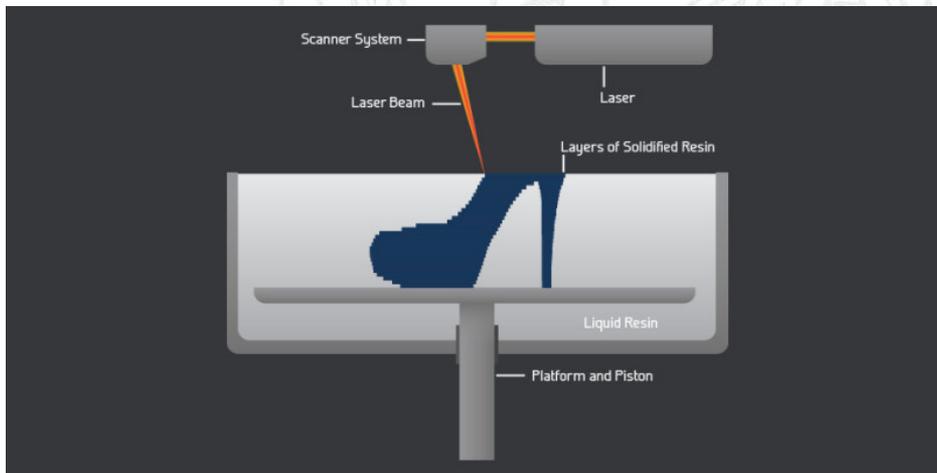


- Può essere considerata come una normale evoluzione della stampante 2D, nonostante si distingua per il funzionamento
- Vi sono diverse tipologie di stampa 3D. Ogni elemento ha proprietà fisiche / chimiche diverse, per questo vi sono diversi modi per stampare con la stampa 3D
- Comune denominatore tra le tecniche è la deposizione di materiale a strati.





- Estrusione materiali plastici, sviluppata alla fine degli anni 80'.
- L'ugello descrive un percorso sul piano XY e si può allontanare sull'asse Z.
- Variante FFF (Fused Filament Fabrication)
- Materiali: ABS, PC, PLA, HDPE, materiali plastici a freddo, materiali eutettici, edibili, silicone, materiali compositi.
- Stampanti economiche.



- Processo di fotopolimerizzazione per solidificare.
- A seconda del tipo di luce impiegata si parla di:
 - SLA che utilizza generalmente sorgenti laser.
 - DLP che impiega proiettori LED o LCD per polimerizzare dal basso, uno strato in una vasca contenente il fotopolimero allo stato liquido.

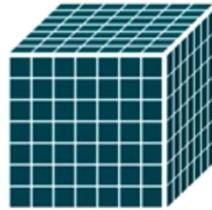
Review stampanti 3D per silicone in commercio



1. Computer



- ▶ Creation of part design in CAD
- ▶ Upload file format in shop



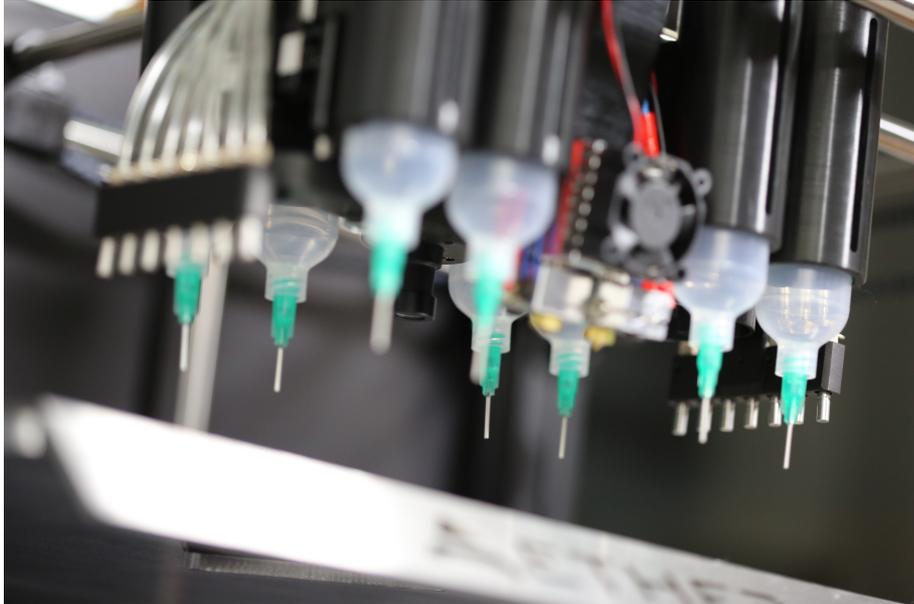
- ▶ Mesh as STL-format
- ▶ Software creates print instructions

- **Tecnologia utilizzata:** Drop on demand (che ricorda la stampa a iniezione)
- **Reticolazione:** Raggi UV
- **Numero testine:** 2
- **Materiale stampabile:** silicone
- **Applicazione:** N/A
- **Prezzo:** N/A
- **Sito:** <https://www.aceo3d.com/>

Structur3D Discov3ry Complete



- **Tecnologia:** FDM
- **Reticolazione:** Raggi UV
- **Numero testine:** 2 (uno per stampare paste uno per i filamenti)
- **Materiale Stampabile:** Silicone, poliuretano , zucchero a velo, stucco di legno, latex oltre i normali materiali plastici
- **Applicazioni:** Printing a hollow semi sphere with a dap siliconeplus
- **Prezzo:** 2273\$
- **S i t o :** <https://www.structur3d.io/>



- **Tecnologia:** FDM, FDD e FFF)
- **Reticolazione:** Raggi UV Led
- **Numero testine:** 8 + 2 estrusori hot end
- **Materiale stampabile:** 24 materiali, compresi paste, gel viscosi, ceramiche, filamenti, oli e persino liquidi.
- **Applicazioni:** Bioprinting Bone with Graphene and Stem Cells
- **Prezzo:** \$9000
- **Sito:** <http://www.aether1.com/>

- **Tecnologia:** FDD (Fluid Dosing & Deposition)
- **Reticolazione:** Raggi UV
- **Numero testine:** 1
- **Materiale stampabile:** siliconi, fluidi, UV-colle ed adesivi, adesivi a 2 componenti, ceramiche ma anche sospensioni cellulari organiche per la bio-stampa
- **Applicazioni:** N/A
- **Prezzo:** N/A
- **Sito:** <https://www.viscotec.de/en/>

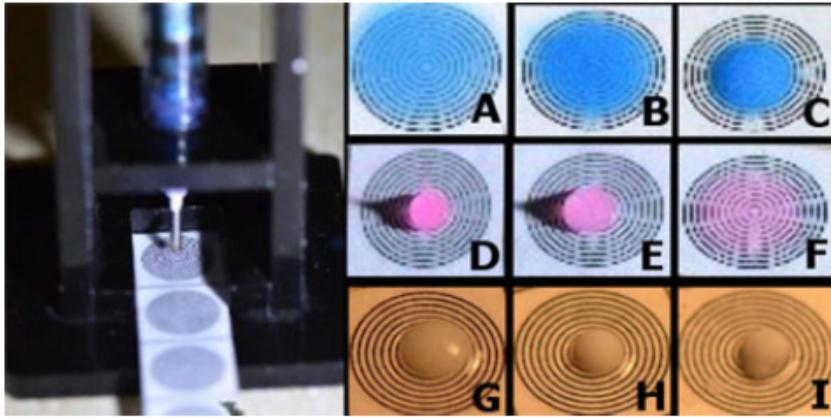


Fig. 3. Additive extrusion testing setup (left). Various results from testing (right). Sample A and D shows pure silicone samples. Samples B and C show low percentages of Urefil additive. Samples D and E use Thi-Vex additive with EcoFlex 00-10. Urefil samples for 1.5, 2, and 2.5 weight % are shown in samples G, H, and I, respectively.

- Esperimento attuato tramite stampante Reprap
- Lo scopo dell'esperimento è quello di stampare elastomeri in silicone.
- La stampante viene modificata con una pompa a siringa per estrarre il silicone.
- L'estrusore e il sistema di consegna del filamento sono stati modificati dalla configurazione di riscaldamento (utilizzata su tutte le stampanti FDM)
- L'estrusore non era riscaldato per evitare l'intasamento da reticolato siliconico nella punta.
- Siringa calibro 16 per stampare velocemente.



Fig. 1. Completed actuator print on the heated bed after print completion (A). Also shown is the printer's extruder (B).

- Durante lo stampaggio il piatto di stampa è mantenuto alla temperatura costante di 70° Celsius.
- Una pistola termica è stata usata per accelerare la reticolazione del silicone, strato per strato.
- Per dare tempo alla pistola termica di lavorare, viene aggiunta una pausa di 16 secondi e questo riduce l'errore nell'altezza, che passa dal 30% al 5%.
- Viene effettuato un test di adesione degli strati:
 - Tutti i campioni inferiori ai 7 minuti si rompono a causa di una deformazione estensionale, senza evidenziare un fallimento nell'adesione
 - Dagli 8 minuti i campioni sperimentano il "peeling".

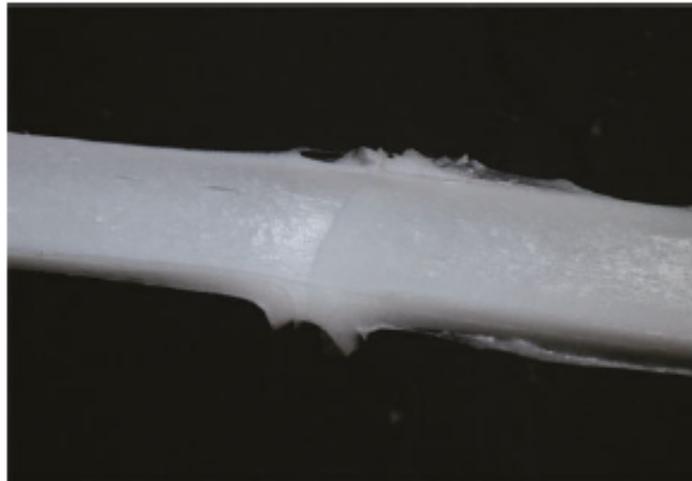


Fig. 5. When fresh silicone was added to silicone layers already fully cured, they were able to be peeled apart cleanly. A sample in mid-peel is shown.

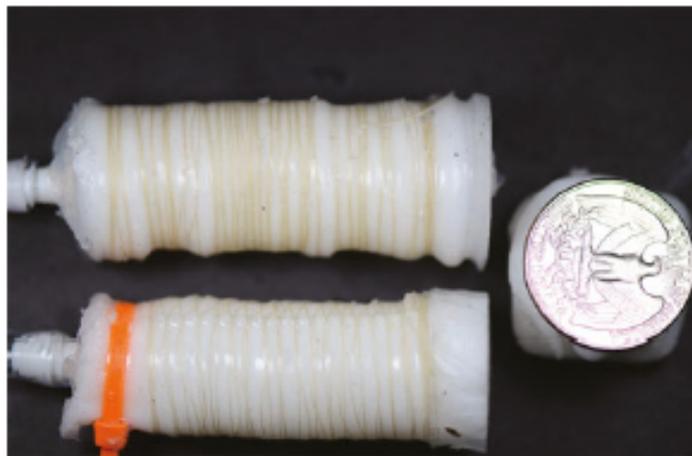


Fig. 6. Completed actuators with sewing thread wrappings and tubing connector, using a 3D printer (top) and molds (bottom). A quarter is used for scale.

- La stampante deve fissare lo strato successivo mentre lo strato subalterno è ancora in fase di reticolazione per la massima integrità strutturale di stampa.
- Entrambi gli attuatori sono riusciti a ottenere circa un allungamento del 150% dal dato intervallo di pressione di 0-49 kPa.
- Gli attuatori stampati sono stati in grado di ottenere una forza superiore di circa 6 N prima della deformazione. Gli attuatori modellati si deformano attorno ai 4 N.
- Rispetto ad un attuttore identico a base di tecniche di stampaggio tradizionali, l'attuttore 3D stampato è paragonabile in risposta estensionale e forza, ma la qualità di stampa varia tra le stampe

- Situazione sul mercato: Al momento non vi è una fascia indicativa di prezzo predefinito. Si sta in un range tra i 4000 \$ e i 9000 \$
- Le applicazioni che possono essere sviluppate sono molteplici: dal campo medico, a quello elettrico, a quello dell'industria aerospaziale. Questo perché il silicone, se giustamente polimerizzato, si presta a trasformazioni fisiche ideali per la stampa 3D
- Nel futuro prossimo sarà possibile stampare delle protesi (arti superiori, inferiori, ecc.) impiegando meno tempo rispetto alle tecniche utilizzate finora.



Grazie per l'attenzione

