



# Produzione stampa 3D: Anime sacrificali con la tecnologia FDM di Stratasys

---

Giuseppe Cilia  
Stratasys



WE ARE

**THE 3D PRINTING SOLUTIONS COMPANY**



## • STRATASYS OVERVIEW

---

For more than **25 years**, Stratasys has been at the forefront of 3D printing and additive manufacturing innovation.

---

HEADQUARTERED IN  
EDEN PRAIRIE,  
MINNESOTA AND  
REHOVOT, ISRAEL

---

OVER **800** GRANTED OR  
PENDING ADDITIVE  
MANUFACTURING  
**PATENTS GLOBALLY**

---

**151,149** CUMULATIVE  
SYSTEMS SOLD\*

---

OVER **30** TECHNOLOGY  
AND LEADERSHIP  
AWARDS

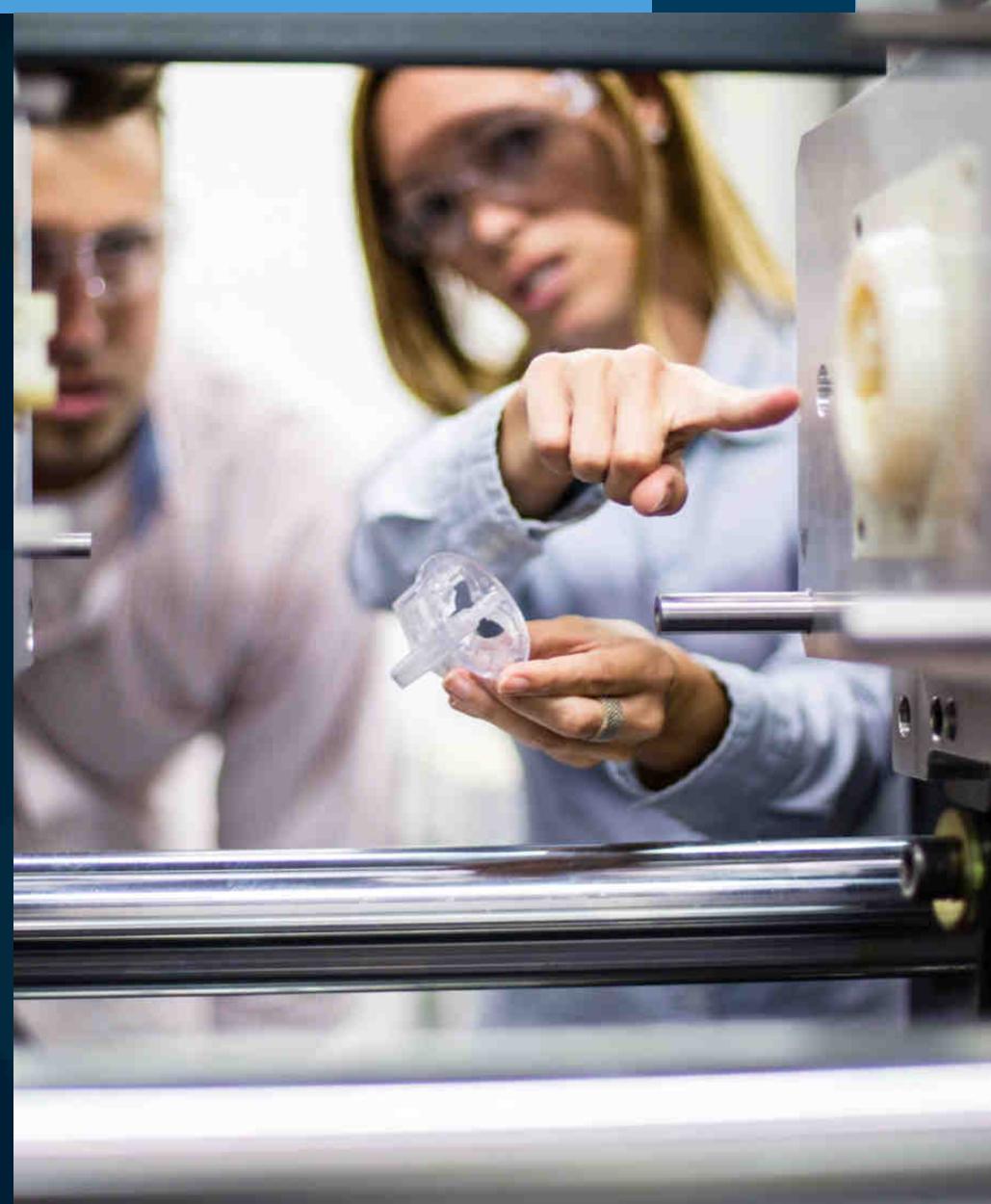
---

PUBLICALLY TRADED ON  
NASDAQ (**SSYS**)

---

**\$700 - \$730 Million**  
REVENUE (2016 guidance  
from Q2'16)

\*AS OF MARCH, 2016



# Our Solutions

---



Automotive



Aerospace



Medical



Education



Dental



Commercial  
Products



Consumer  
Products

## Industry-Specific Applications

---

- » Investments in advanced applications spark innovation in targeted industries
- » Custom solutions, such as certified materials, are developed to fit unique needs of each industry
- » Dedicated personnel have deep expertise in education, dental, medical, aerospace, automotive and manufacturing



# The Stratasys Ecosystem



01 3D printers and production 3D printers

02 Stratasys Direct Manufacturing

03 Industry expertise and specialized applications

04 Stratasys Strategic Consulting

05 Professional Services and Customer Support

06 Extensive range of materials

07 Design and engineering communities

08 Strategic partnerships

A photograph showing a long, straight hallway in a factory or laboratory. On both sides of the hallway are rows of Stratasys FDM 3D printers, all of which appear to be active and printing. The printers are white with dark blue doors. The ceiling is high and has a complex network of pipes and lighting fixtures. The floor is a polished concrete.

# WHAT IS FDM?

stratasys®

# Le principali tecnologie di Manifattura Additiva di Stratasys



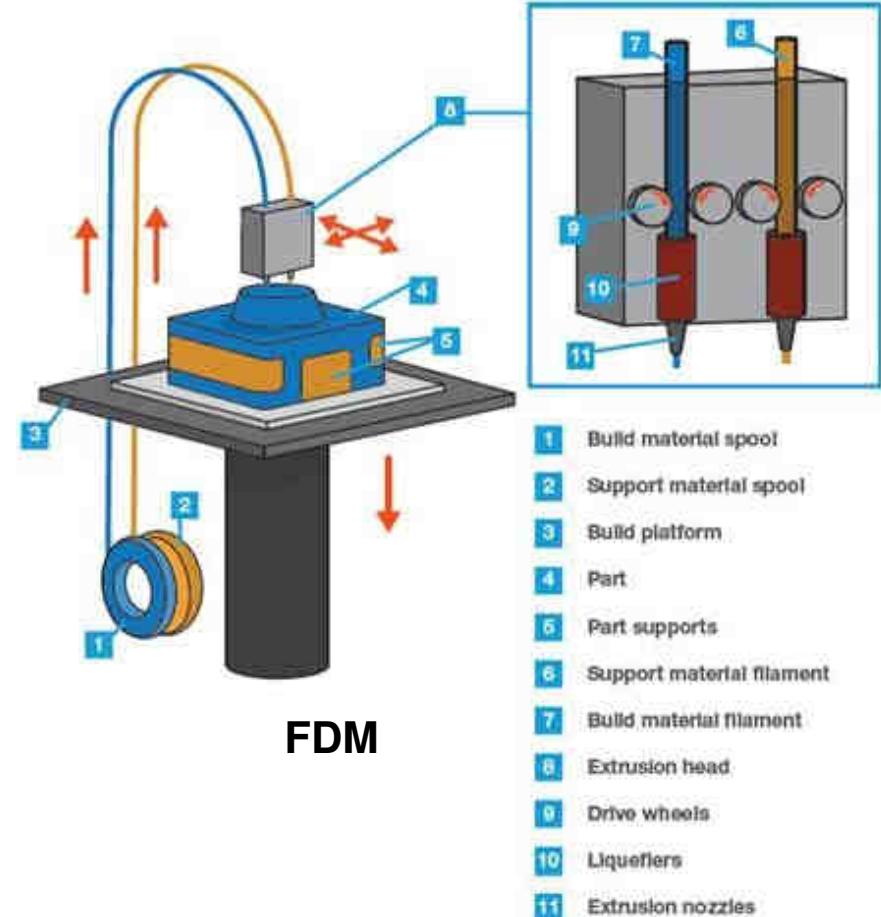
## Fused Deposition Modeling

Un filamento termoplastico viene riscaldato allo stato semiliquido e steso lungo un percorso guidato da computer per costruire il solido, strato dopo strato.



## Material Jetting

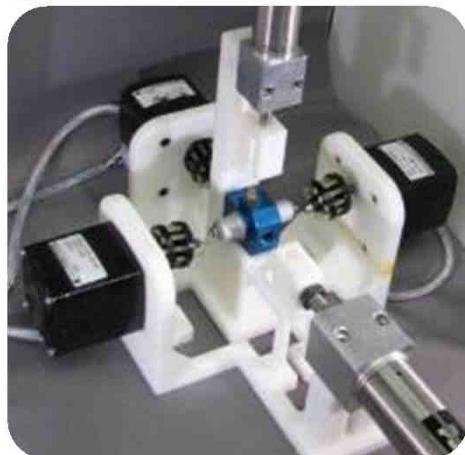
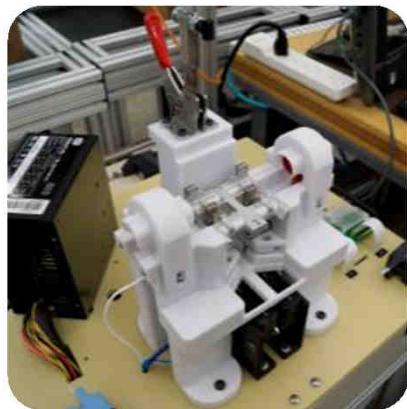
Miriadi di goccioline di fotopolimeri in vari colori vengono depositate per realizzare prototipi dai dettagli incredibilmente fini.



# FDM: Attrezzature

# Applicazioni per la produzione

## Linea di Assemblaggio ed Automazione



## Formatura lamiera



NAVAIR



## Termoformatura

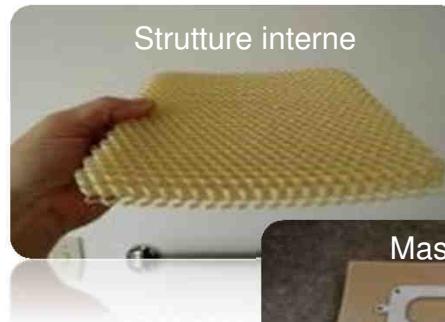


# Applicazioni per la produzione di Compositi

## Stampi per il lay-up di Compositi



## Famiglie di attrezzi coordinati



## Stampi incapsulati o Anime solubili



# Composite Tooling

## FDM Composite Fabrication Applications

Patterns

Lay-Up & Repair Tools

Consumable  
Tools / Cores

Jigs & Fixtures

Masters

Pre Lay-up

Consolidation  
Tools

Low Temp

High Temp

Bond Fixtures

Intensifiers

Caul Plates

Sacrificial  
Tooling

Printed Cores

Integrated  
Interfaces

Trim Tool

Drill Tool

Check Fixture

# Composite Tooling – Presentation Focus

## FDM Composite Fabrication Applications

Patterns

Lay-Up & Repair Tools

Consumable  
Tools / Cores

Jigs & Fixtures

Masters

Pre Lay-up

Consolidation  
Tools

Low Temp

High Temp

Bond Fixtures

Intensifiers

Caul Plates

Sacrificial  
Tooling

Printed Cores

Integrated  
Interfaces

Trim Tool

Drill Tool

Check Fixture

# Panoramica dell'applicazione

# Anime sacrificali e mandrini

## Produzione di parti cave complesse in composito

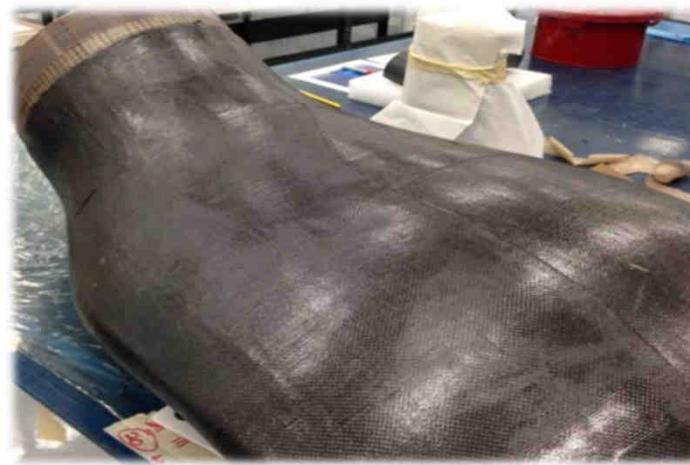
- Condotti e tubatismi
- Serbatoi e contenitori
- Membri strutturali tubolari o cavi



# Anime sacrificali e mandrini: panoramica

## Processi supportati

- Filament-wound
- Pre-impregnate, wet lay-up,  
resin-transfer



# Stampi incapsulati: campi di applicazione

Componenti in Composito a geometria cava

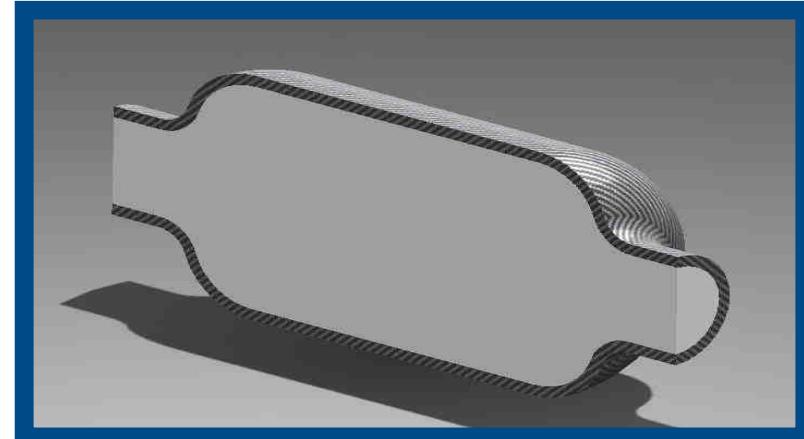
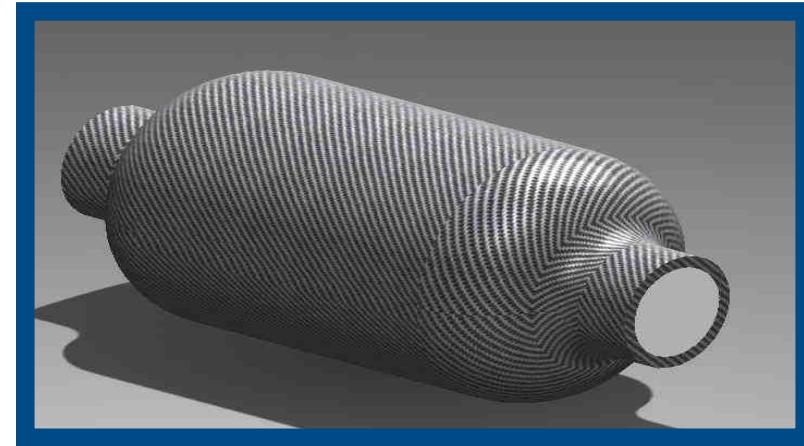
Supporto interno incapsulato nella geometria

L'anima deve essere rimovibile

- Materiale solubile
- Materiale collassabile

Compatibilità con i processi per compositi

- Temperature
- Pressioni



# Soluzioni Tradizionali

---

# Soluzioni tradizionali

Diverse soluzioni

Dipendenza da processo produttivo e geometria

Comuni metodi tradizionali

- Sali eutetici
- Ceramiche solubili
- Uretani flessibili
- Stampi a conchiglia

# Anime con Sali eutetici

## Vantaggi

- Molto resistenti
- Alte temperature
- Alte pressioni

## Svantaggi

- Richiedono stampi in metallo
- Difficili da rimuovere
  - Acqua ad alta temperature
  - Getti ad alta pressione
  - Scalpelli
- Alta incidenza di scarti

# Anime in Ceramica Solubile

## Vantaggi

- Resistenti alle alte temperature
- Rimozione delicata in acqua
- Buona finitura superficiale

## Svantaggi

- Richiedono stampi in metallo
- Fragili
- Pareti sottili o dettagli delicati sono impossibili
- Scarsa compatibilità con processi produttivi



Green-Aero<sup>sm</sup> Tooling  
Nevada Composites, Inc.

# Uretano flessibile

## Vantaggi

- Rimozione delicata in acqua
- Buona finitura superficiale
- Riutilizzabili

## Svantaggi

- Richiedono stampi in metallo
- Coefficiente di espansione termica eccessivo
- Ideali per geometrie semplici
- Richiedono inserti solidi e removibili

# Stampi Clamshell (a conchiglia)

## Produzione degli stampi a conchiglia

- Opzione 1: stampo ricavato dal modello
  - Conchiglie ottenute da lamiera stampata sull'impronta del modello
- Opzione 2: stampo lavorato (CNC)

## Vantaggi

- Riutilizzabile
- Buona finitura superficiale esterna

## Svantaggi

- Limitazioni sulla geometria
- Lead time degli stampi
- Stampi con diversi componenti
- Richiedono giunzioni, quando l'accesso è limitato
- Finiture superficiali interne, grinze



*Pattern and first side of tool.*



*Pull composite strips through tool and press against walls.*



*Cured composite duct with clamshell tool*

# Anime sacrificiali FDM

# Anime sacrificali: il processo



La creazione di anime solubili FDM richiede due modifiche principali al processo FDM standard.

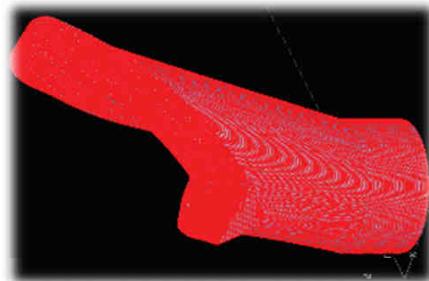
**Primo:** il termoplastico standard di una parte FDM viene sostituito con un materiale solubile, normalmente utilizzato per la costruzione delle strutture di supporto della parte.

**Secondo:** la struttura interna è realizzata principalmente cava per renderne più facile pulizia e rimozione.

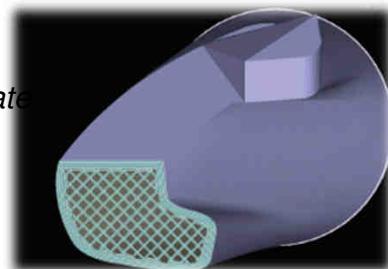
Due strade:

- Insight - il software Fortus di preparazione – è in grado di implementare l'opzione di riempimento parziale per creare automaticamente una struttura interna che riduce al minimo il volume interno del nucleo
- Creare nello strumento CAD una struttura interna che mantenga il nucleo stabile sotto l'azione delle temperature e pressioni del processo di stampa del composito

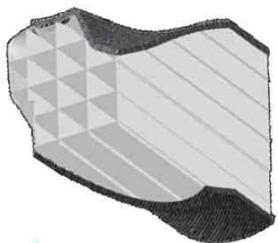
*Insight :  
Sliced file of  
the Soluble  
core*



*Insight : the  
toolpaths will  
automatically create  
a hollow interior  
reinforced with  
structure that  
dissolves quickly,*



*The final shape of the  
inner structure (Sparse  
double dense option)*



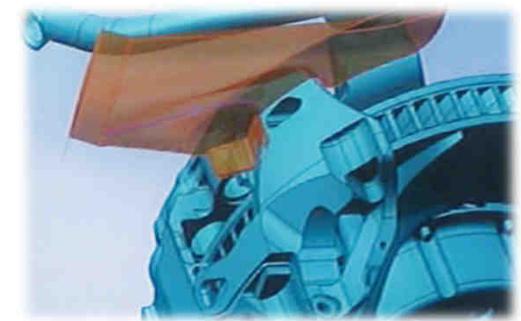
# Anime sacrificali: la scelta FDM



Un nuovo approccio offre sostanziali miglioramenti, sostituendo lo stampo con un nucleo solubile FDM.

Le anime solubili riducono sostanzialmente lead time e costi di manodopera, eliminando la necessità di fare lo stampo e riducendo anche il tempo richiesto per la preparazione del composito.

- metodo tradizionale: realizzare le due metà dello stampo, stendere la fibra su ogni semiguscio, e poi incollare le due metà,
- metodo abilitato FDM: il tessuto composito può essere avvolto attorno al nucleo solubile. A polimerizzazione avvenuta, l'anima è semplicemente sciolta.



*Engineers had only three days to design and manufacture a new air-duct outlet.*



*Monday: First iteration of air-duct outlet concept model is made.*

# Sacrificial Cores & Mandrels



# Anime sacrificali: i candidati ideali

Produttori di parti in composito

- Aerospace, automotive, marine
- Robotics
- Performance sports
- Medical prosthetics/orthotics

Quantità: 1 - 100

Caratteristiche dei componenti

- Sensibili a giunzioni interne
- Geometrie complesse
- Non è possibile usare inserti interni



Bicycle frame with hollow tubing and challenging features.



# Anime sacrificali: compatibilità

## Tipi di resine

- La maggior parte delle epossidiche
- L'anima può essere dissolta in soluzione basica
  - Poliestere
  - Vinilestere

## Metodi di consolidamento

- Vuoto/autoclave  
 $< 121^{\circ}\text{C} - 176^{\circ}\text{C}$  ; 550 kPa / 5,5 bar
  - Envelope bagging
  - Through-core bagging
- Shrink tape/tubing
- Bladders

## Temperature

- **ST-130™:** 121 °C
  - SR-30: 93 °C
  - SR-100
- Ultem Support: 176 °C



Pre-preg epoxy resin system.



Thermal cure of vacuum-bagged composite part.

# Anime sacrificali: preparazione del file

Valutare l'orientamento in funzione di:

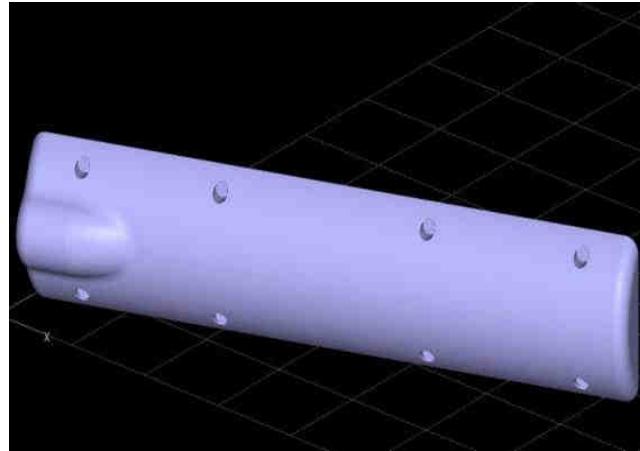
- Accuratezza (precision della parte)
- Flussi (rimozione)
- Resistenza (autoclave)

Slice

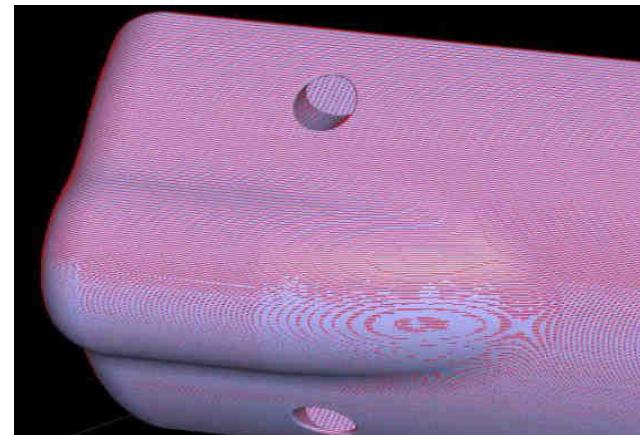
- Spessori del layer più sottili velocizzano la fase di finitura superficiale

Stile dell'interno dell'anima

- *Permeable Triangle Pattern*: l'opzione migliore con il nuovo **ST-130™**
- Sparse-double dense
- Porous Hex
  - Nei casi in cui il flusso del liquid di rimozione è limitato



Orient considering finish, detail, strength and time.



Consider small slice heights for fine features.

# Anime sacrificali (non solubili): Ultem Support

## Materiale

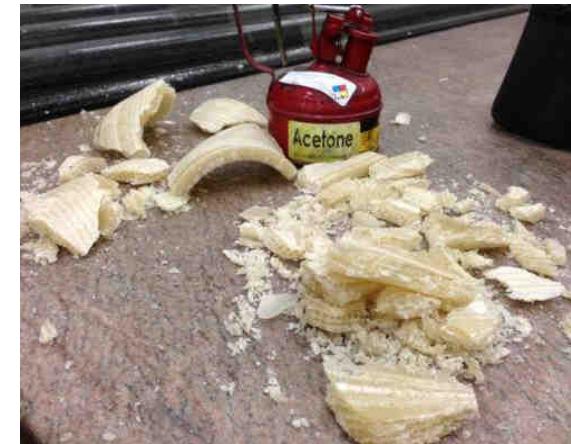
- Supporto per ULTEM® (S1) (alternativo)
  - Break-away: rimovibile manualmente
  - Maggiori temperature di processo
    - < 176 °C
  - Compatibile con inserti in alluminio

## Processo

- Supporto per ULTEM®
  - Costruire il mandrino
  - Sigillare l'anima
  - Lay-up e curing
  - Applicare acetone per rendere fragile la struttura
  - Rimuovere manualmente il mandrino
    - Non si dissolve
    - Richiede un buon accesso all'interno



Cured composite on ULTEM S1 core.



ULTEM S1 core break out.

# Vantaggi degli stampi FDM per Compositi

# Anime sacrificali FDM

Sostituisce gli stampi a conchiglia

- Elimina le giunzioni, per parti più robuste
- Aumenta la finitura superficiale interna (controllata)

Rimpiazza i metodi tradizionali per le anime

- Eliminazione dello stampo delle anime e la fusione delle anime
  - Realizzazione automatizzata delle anime
  - Riduzione dei tempi e del lavoro richiesto
  - L'anima o il mandrino si dissolvono dopo il processo di polimerizzazione del composito
- Aumento di consistenza accuratezza e resistenza
- Rimozione agevole del mandrino (lavaggio o rimozione manual assistita)
- Interno solido o con struttura lattice per ottimizzare tempi di rimozione e tenuta
- Piena compatibilità con resine epossidiche
- Nessuna variazione ai processi produttivi



Carbon fiber manifold.

# Sacrificial Cores & Mandrels: Competitive Overview\*

	Ease of Removal	Consistency	Low Production Labor	Design Freedom	Core Strength	Requires Dedicated Tooling
Water Soluble	✓✓✓✓	✓	-	✓	✓	Yes
Removable Cores	-	✓✓✓✓	(Reusable)	-	✓✓✓✓	No
Shape Memory Bladders	✓✓✓	-	✓	-	✓✓✓	Yes
Sand Cores	✓	✓✓	-	✓	✓	Yes
Eutectic Salts	-	✓✓	-	✓	✓✓✓	Yes
FDM	✓✓✓	✓✓✓	✓✓✓	✓✓✓✓	✓✓✓	No

# Anime e mandrini sacrificiali: Benefici FDM

## Riduzione di tempi e costi

- Fino al 95% di riduzione
- Sino a 1 giorno dal concetto alla realizzazione della parte

## Lavoro manuale

- Meno aggiustaggio dello stampo e drastica riduzione delle fasi manuali
- Assenza di incollaggi tra semicomponenti

## Miglioramento della parte in composito

- Realizzazione in pezzo singolo
- Controllo sulla finitura delle superfici interne

## Riduzione dei rischi

- Investimento minimo e modifiche facili ed economiche
- Aumento di consistenza e resa delle anime



Typical time and cost savings derived from numerous end-user analysis, testimonials and feedback. Actual savings may vary based upon numerous factors, including traditional time/cost, part geometry and utilized technology.

4 © STRATASYS THE 3D PRINTING SOLUTIONS COMPANY

# Customer Stories

# Alcuni nomi di riferimento



Motorsports



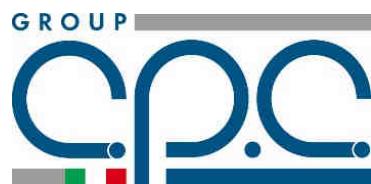
Automotive - Performance



Aerospace



Bicycles



Motorsports



Aerospace



ASTON MARTIN

Automotive

(Numerosi clienti e service bureau,,che attualmente utilizzano la tecnologia FDM / Fortus per applicazioni nel campo dei mandrini solubili o degli stampi per il carbonio, non sono citati per accordi di riservatezza)



# Case Study Champion Motorsport

# Customer Success Story – Sacrificial Tooling

## Champion Motorsport

Porsche 997 Turbo inlet duct, Y-pipe, manifold

- Better airflow
- Lighter

Tried many approaches – none were sellable

- Bonded halves
- Molded sand core

FDM sacrificial core method

- Seam-free construction w/ consistent quality
- Control over interior and exterior

FDM composite core benefits

- ~85% faster
- ~85% less expensive



Carbon fiber inlet ducts.

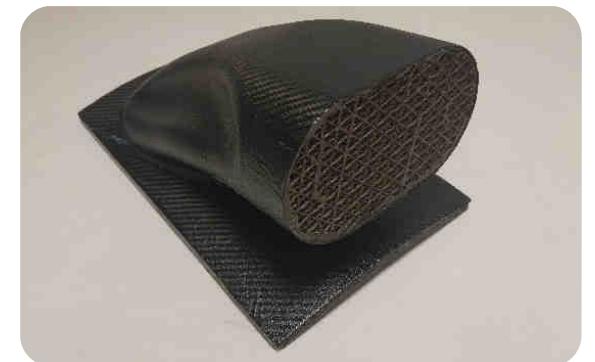
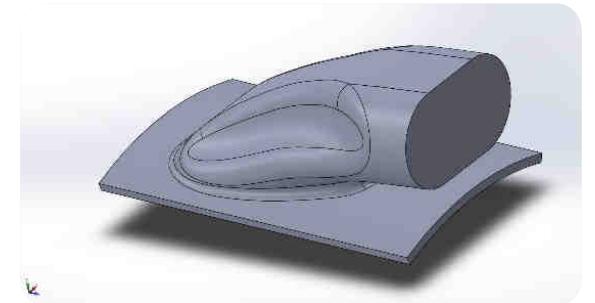
Method	Cost	Time
Traditional	unusable	unusable
FDM core*	\$150	1 day
Savings	~85%	~85%

\* Produced in-house.

# Customer Success Story – Sacrificial Tooling

Enabling an advanced product development team through complex part fabrication

- Aero inlet duct with a complex, trapped-tool geometry
- Wash-out tooling material (ST-130) used in place of multi-piece bonded assembly and traditional wash-out tooling materials
- From concept design to composite part in < 1 week
  - FDM build time is < 24 hours
  - Default porous triangle fill pattern – optimized for autoclave curing and tool dissolution
  - Low temperature (<90 °C), 6 bar cure cycle



**THANK YOU**

---

Giuseppe Cilia  
Sales Manager  
Stratasys GmbH  
[giuseppe.cilia@stratasys.com](mailto:giuseppe.cilia@stratasys.com)

**stratasys®**  
DIRECT MANUFACTURING