

9° EDITION

# RMFORUM

## ADDITIVE ECOSYSTEM

22/23  
SEPT  
2021

MUSEO  
ALFA  
ROMEO  
ARESE



Politecnico  
di Torino



Politecnico di Torino, Dip. Ingegneria Meccanica e Aerospaziale,  
Smart Structures and Systems Lab

## Evoluzione tecnico-funzionale di componenti meccanici tradizionali grazie al 'design for additive manufacturing': il caso degli utensili da taglio



Giorgio De Pasquale



Smart Structures  
and Systems

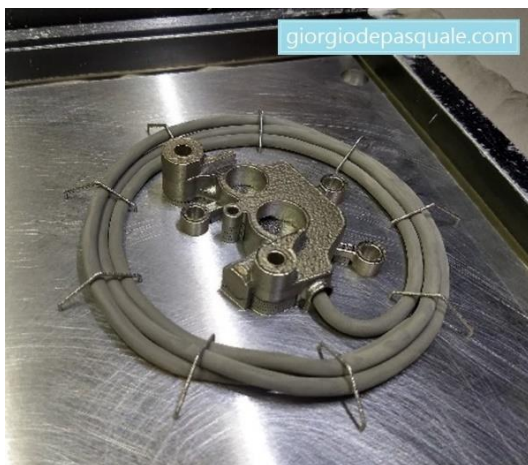
## Smart Structures and Systems Lab

- multi-funzionalità
- prestazioni avanzate e integrate
- materiali / processi di fabbricazione avanzati

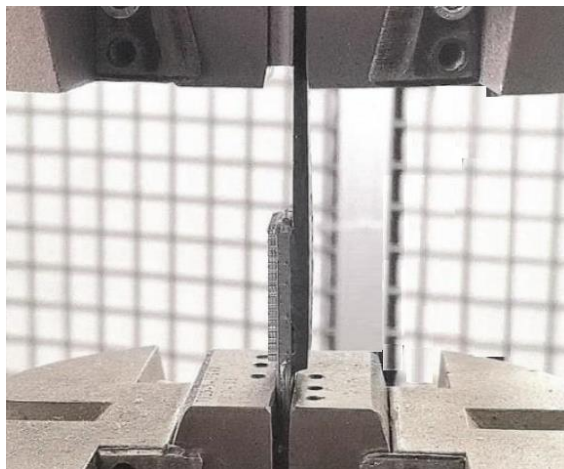
## Topics (Smart Structures)

- design ad elevata resistenza specifica
- lightweight design
- design multi-materiale
- identificazione del danneggiamento strutturale e monitoraggio predittivo
- adattabilità ambientale (sensing-actuation-control)
- componenti flessibili (E-textiles, smart fabrics, flexible electronics)
- prestazioni speciali (biocompatibilità, indossabilità)
- sensors integration/networking

## Sensori integrati



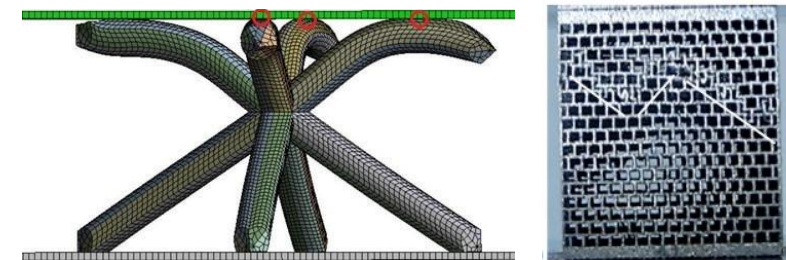
## Giunzioni metallo-composito



## Compositi ad alto assorbimento energetico



## Lattice structures: metodi di design, validazione



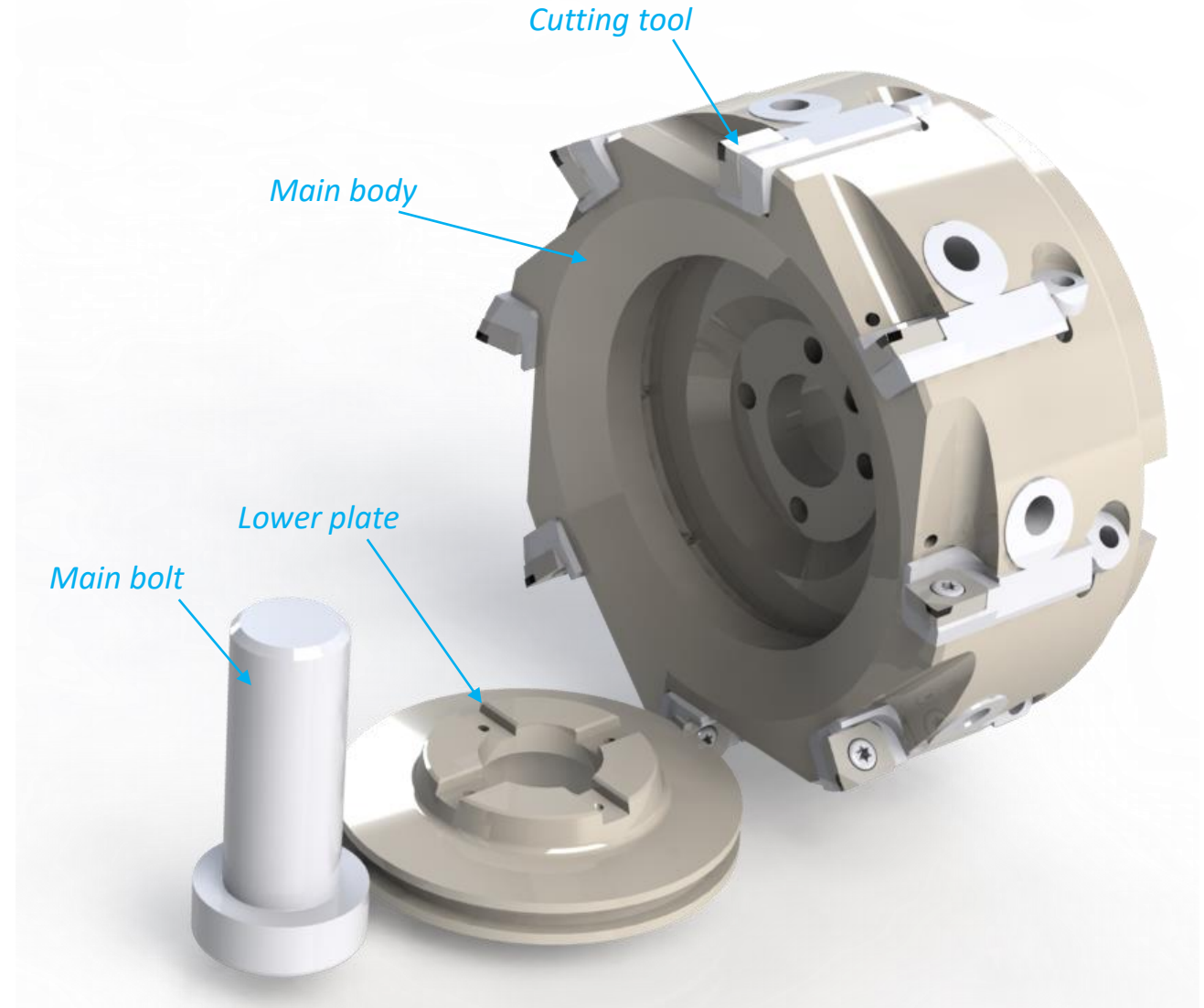
giorgiodepasquale.com

## Testa portautensili a 8 taglienti

- Materiale: titanio Grade5 (Ti6Al4V)
- Diametro 125mm, altezza 58 mm
- Massa 1940 g
- Parti assemblate
- Lubrificazione: canali e serbatoio

## Condizioni di riferimento

- Potenza macchina 36 kW
- Max velocità 10.000 rpm
- Max profondità fresatura 0.2 mm



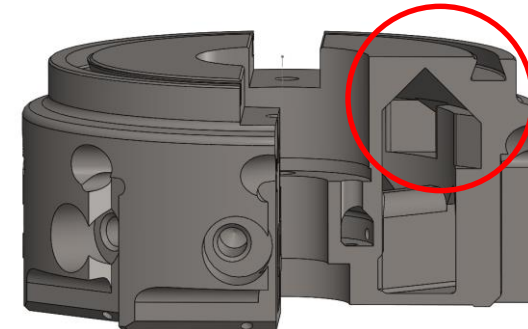
## Obiettivi

- Produzione on-demand
- Riduzione masse (inerzia, handling)
- Miglioramento lubrificazione
- Riduzione numero parti

La progettazione per AM non è una conversione di file CAD.

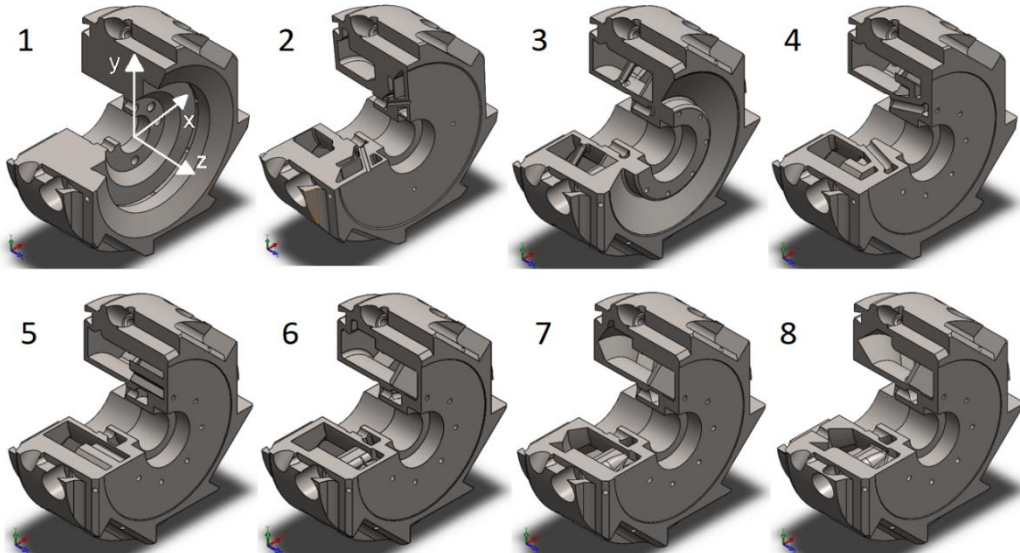
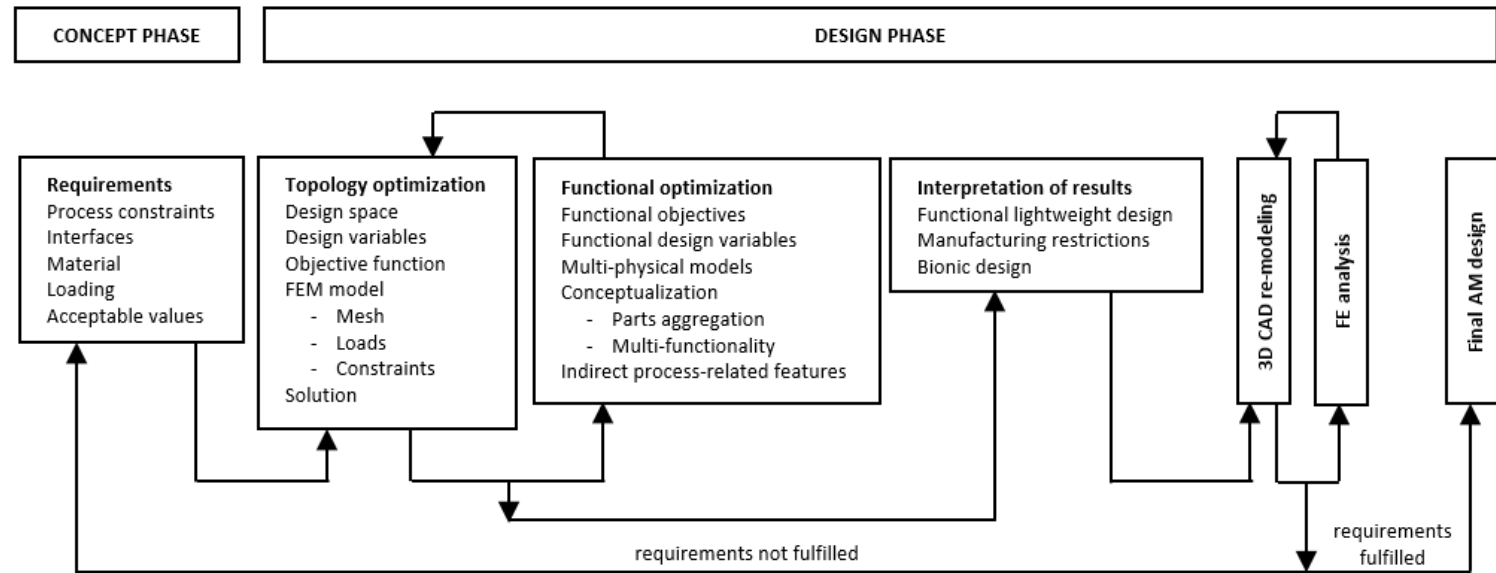
E' necessario tenere conto di:

- vincoli di processo (angoli di crescita, orientazione in macchina, supporti, gestione polveri)
- effetti locali e globali delle sollecitazioni statiche
- effetti dinamici (risonanze e forme modali)
- fluidodinamica del lubrificante
- dettagli funzionali (fori, filettature, forma canali)
- sovrametallo



## Cosa è il DFAM di componenti complessi

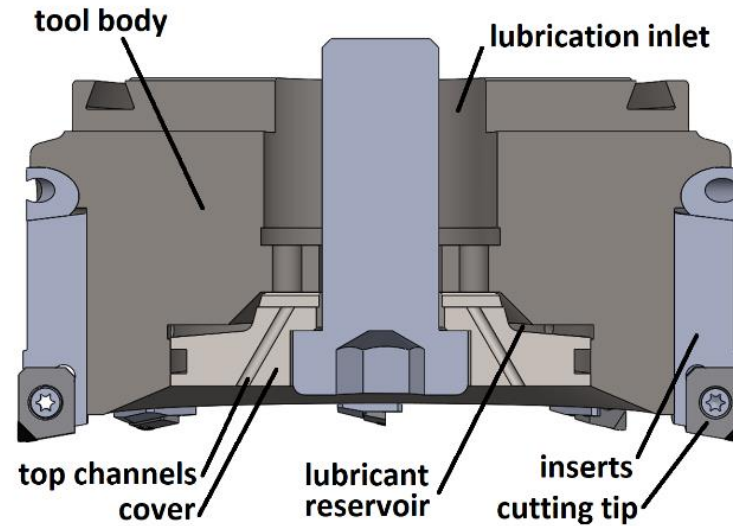
- Ottimizzazione topologica
- Step cruciale: ottimizzazione funzionale
- Step NON automatici (algoritmici)



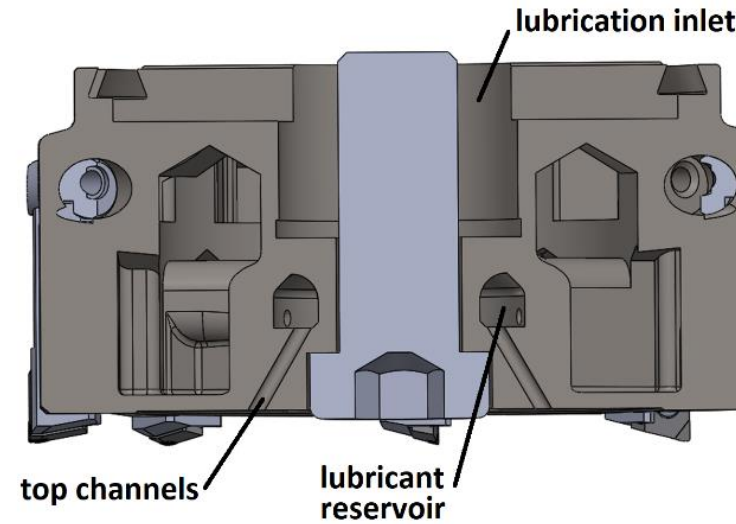
## Evoluzione del concept

- Miglioramento continuo fronti paralleli
- Esito di tipo «darwiniano»

## ORIGINALE

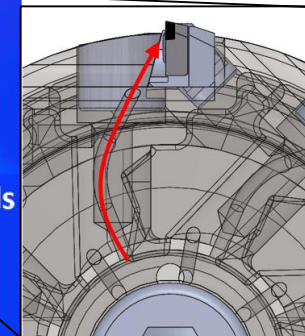
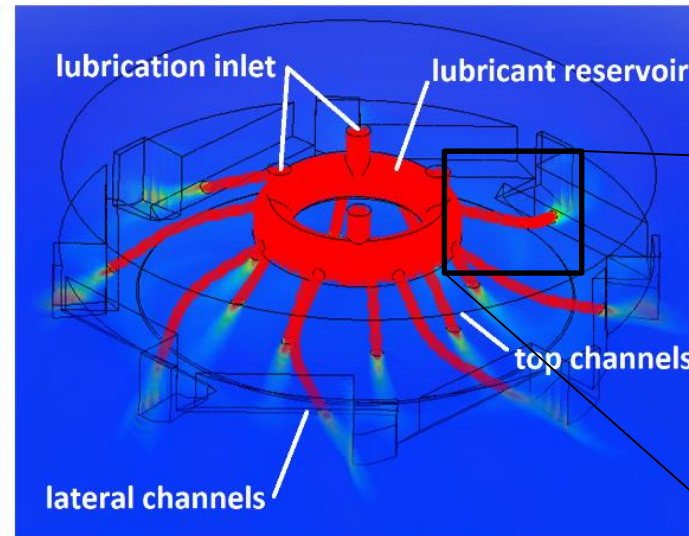
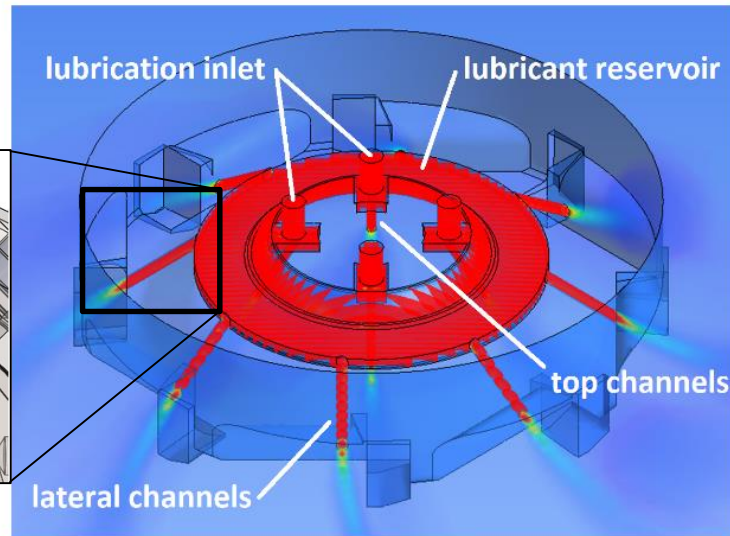
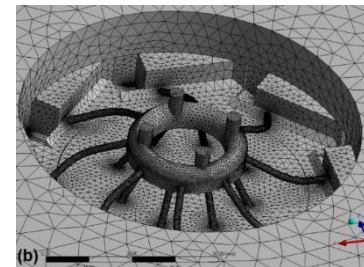
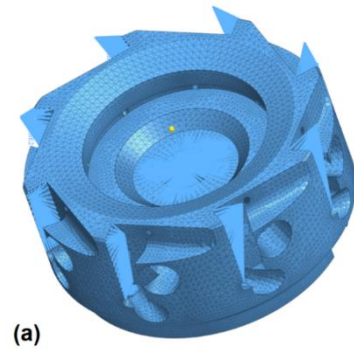


## DFAM

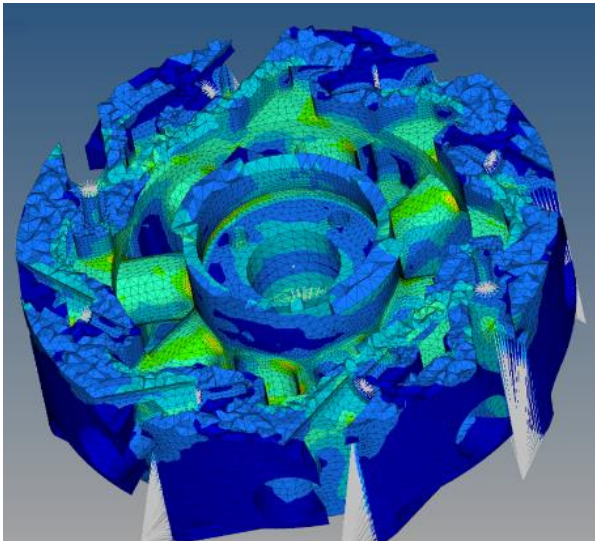


## CFD

Mesh 0.5 - 3 mm



- Carico funzionale:  
coppia di taglio (1600 N per  
tagliente)
- Carico montaggio:  
M20 montaggio (280 Nm) e  
M5-M8 taglienti (4-13 Nm)
- Carico rotazionale:  
forza centrifuga (10.000 rpm)



8.550E+02  
6.846E+02  
5.142E+02  
3.439E+02  
1.735E+02  
3.074E+00

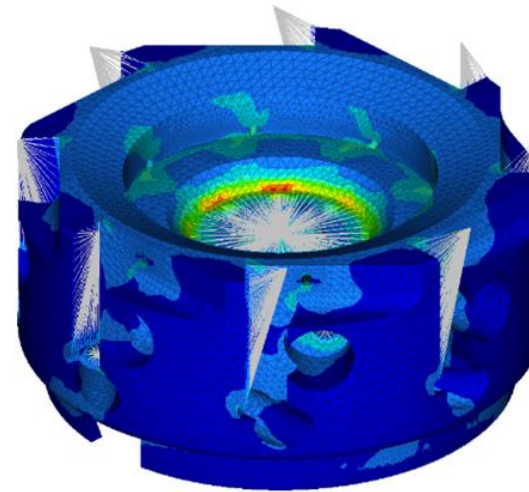
ORIGINALE

## VON MISES EQ. STRESS

Contour Plot  
Element Stresses (2D & 3D)(vonMises)  
Analysis system  
Simple Average

9.742E+02  
7.801E+02  
5.860E+02  
3.919E+02  
1.978E+02  
3.702E+00

■ No result  
Max = 9.742E+02  
Grids 66990  
Min = 3.702E+00  
Grids 61607

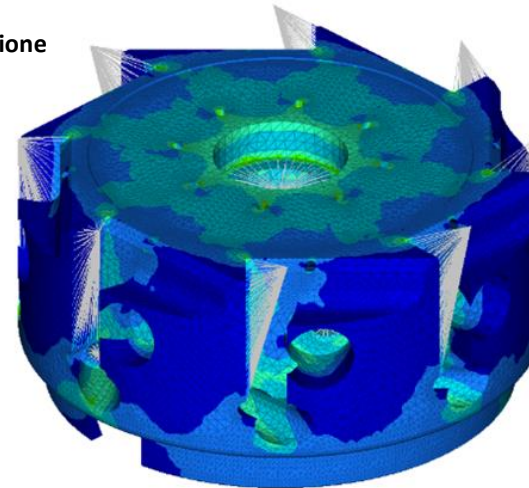


Contour Plot  
Element Stresses (2D & 3D)(vonMises)  
Analysis system  
Simple Average

8.550E+02  
6.846E+02  
5.142E+02  
3.439E+02  
1.735E+02  
3.074E+00

■ No result  
Max = 8.550E+02  
Grids 100517  
Min = 3.074E+00  
Grids 2144

riduzione



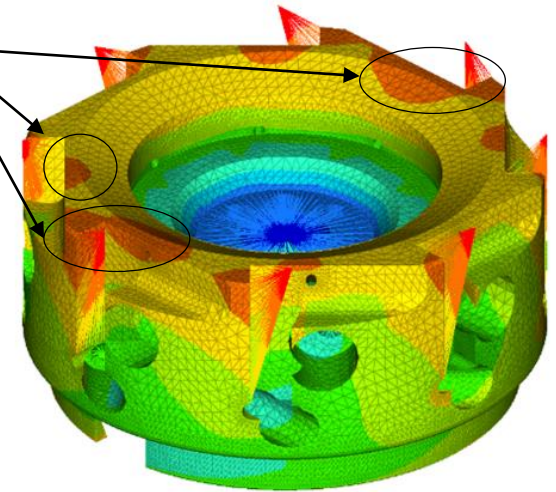
DFAM

## DISPLACEMENT

Contour Plot  
Displacement(Mag)  
Analysis system

2.056E-01  
1.827E-01  
1.599E-01  
1.370E-01  
1.142E-01  
9.136E-02  
6.852E-02  
4.568E-02  
2.284E-02  
0.000E+00

■ No result  
Max = 2.056E-01  
Grids 140677  
Min = 0.000E+00  
Grids 58390

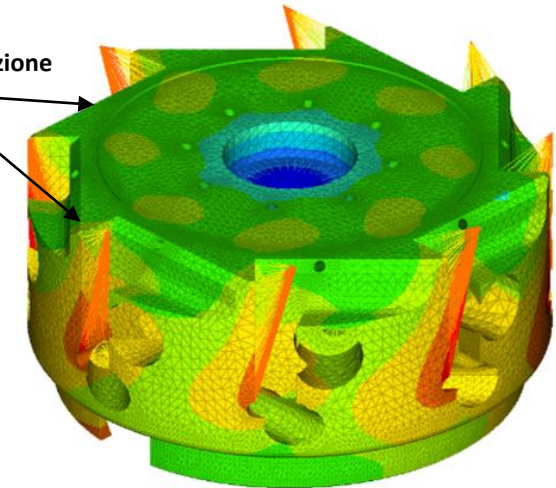


Contour Plot  
Displacement(Mag)  
Analysis system

2.842E-01  
2.526E-01  
2.214E-01  
1.895E-01  
1.579E-01  
1.263E-01  
9.474E-02  
6.316E-02  
3.158E-02  
0.000E+00

■ No result  
Max = 2.842E-01  
Grids 1873  
Min = 0.000E+00  
Grids 32449

riduzione



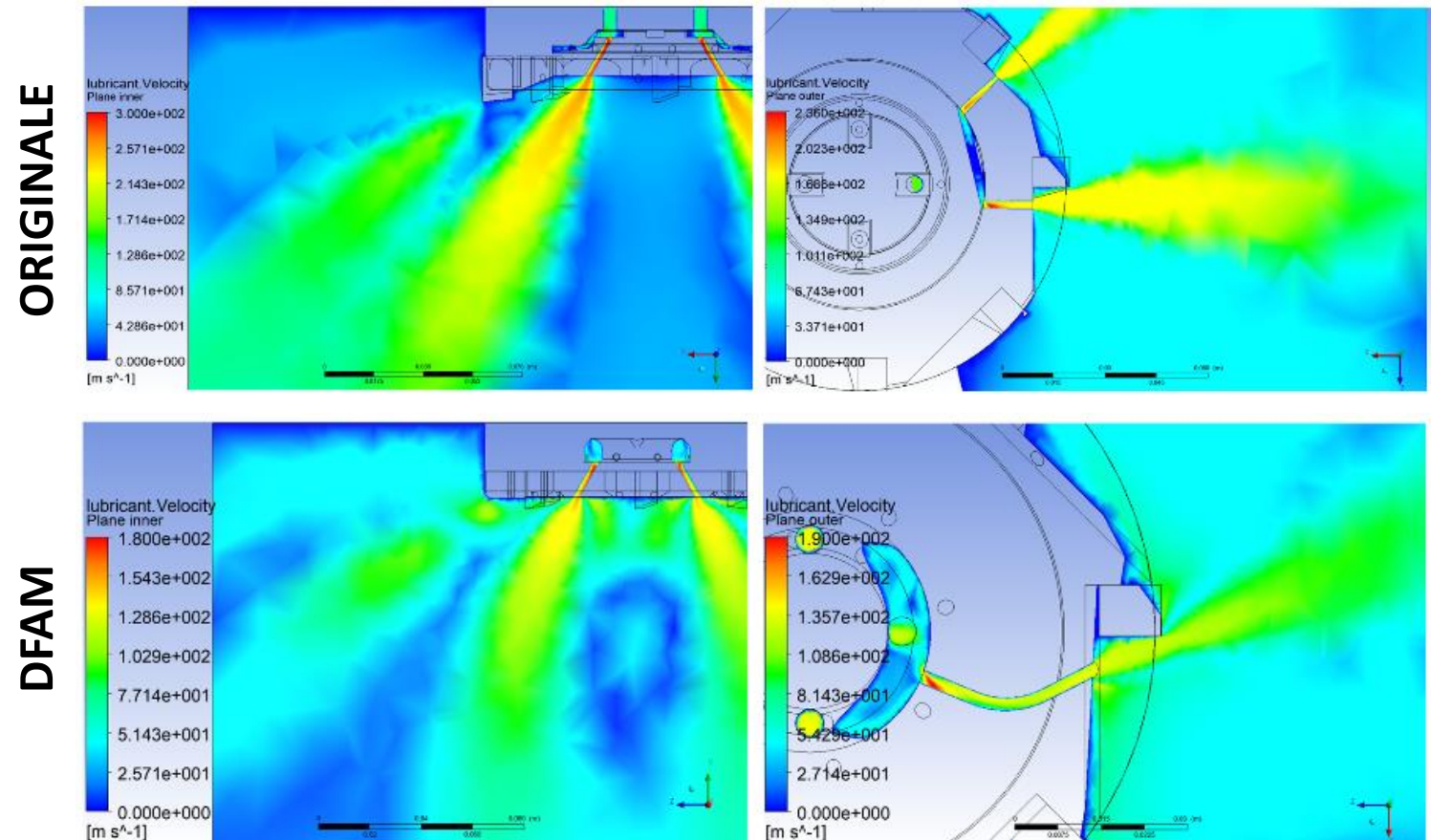
componente globalmente più leggero,  
localmente più rigido

- Velocità fluido in ingresso (pompa):  
 $v = 75\text{-}125 \text{ m/s}$
- Velocità rotazionale:  
 $\omega = 0\text{-}10.000 \text{ rpm}$
- Fluido:  
85% acqua – 15% lubrificante
- Mesh:  
0.2-51 mm
- Risultati:  
gradiente pressione output  
gradiente velocità output  
direzionalità

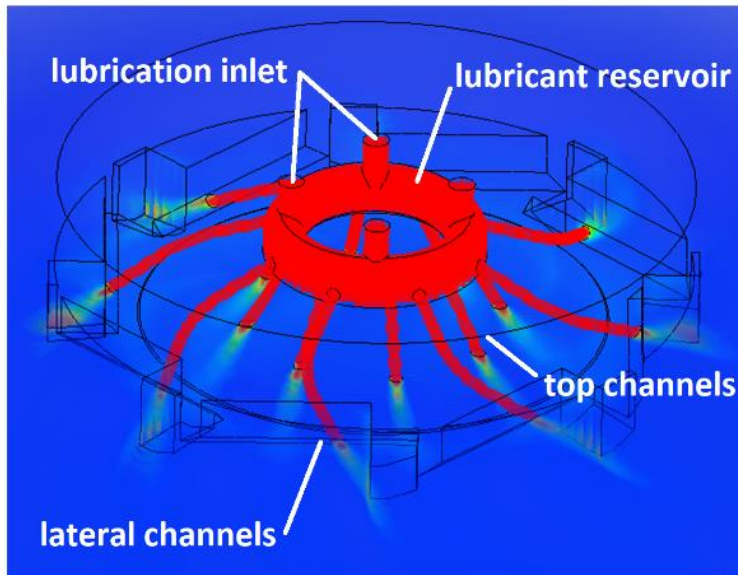
## VELOCITA' OUTPUT ( $v = 125\text{m/s}$ , $\omega = 0$ )

Vista laterale

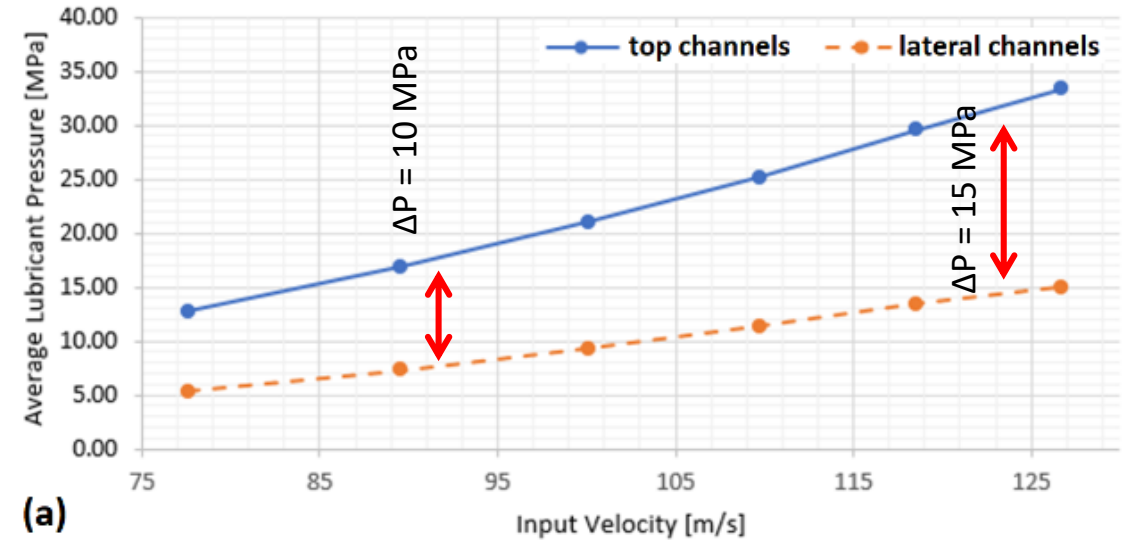
Vista frontale



- Pressione estrazione lubrificante  
curve di pressione ravvicinate  
differenza di pressione uniforme

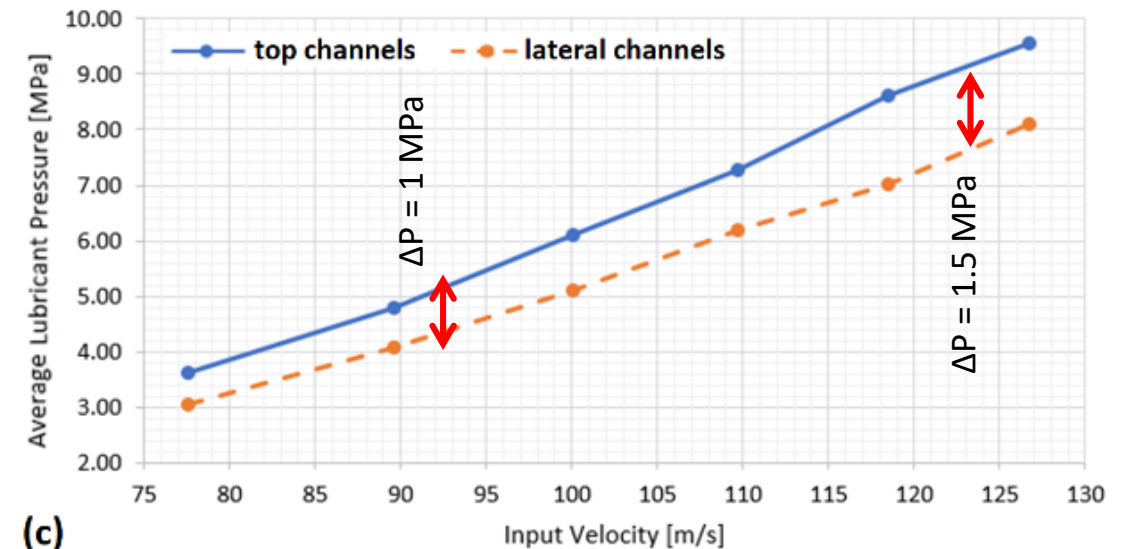


ORIGINALE



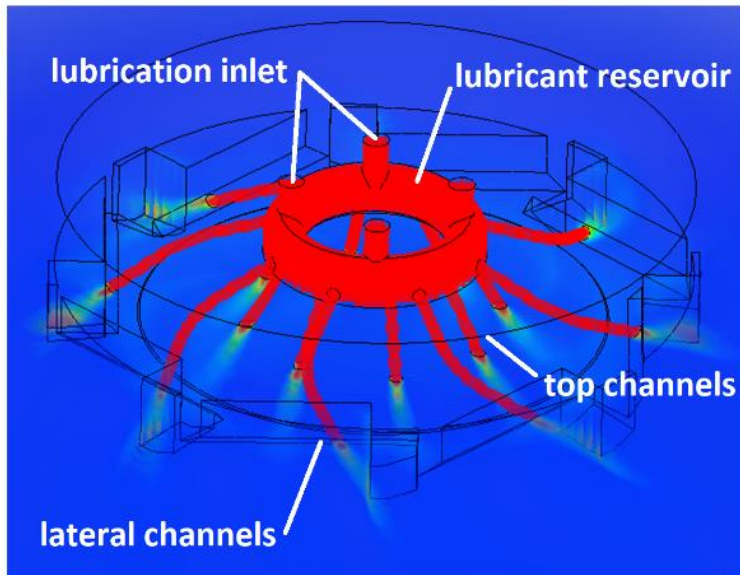
(a)

DFAM

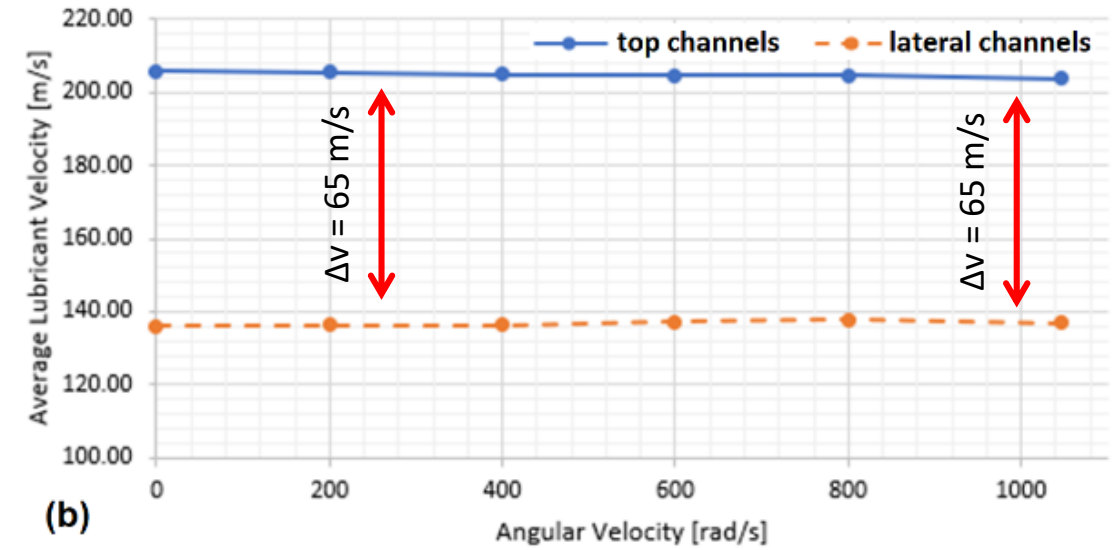


(c)

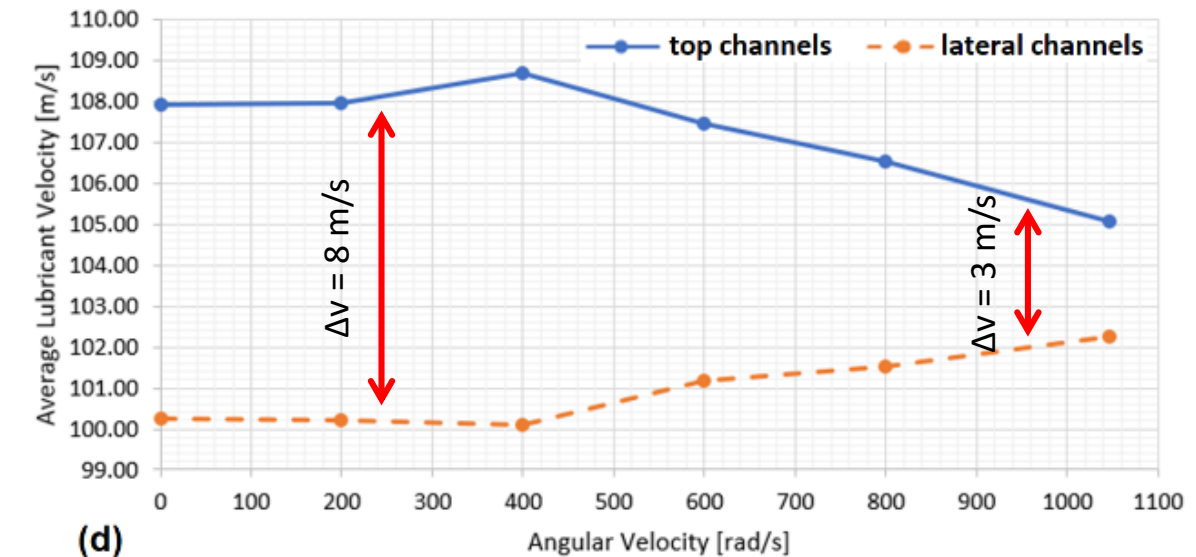
- Velocità estrazione lubrificante  
curve di velocità ravvicinate  
proporzionalità con  $\omega$



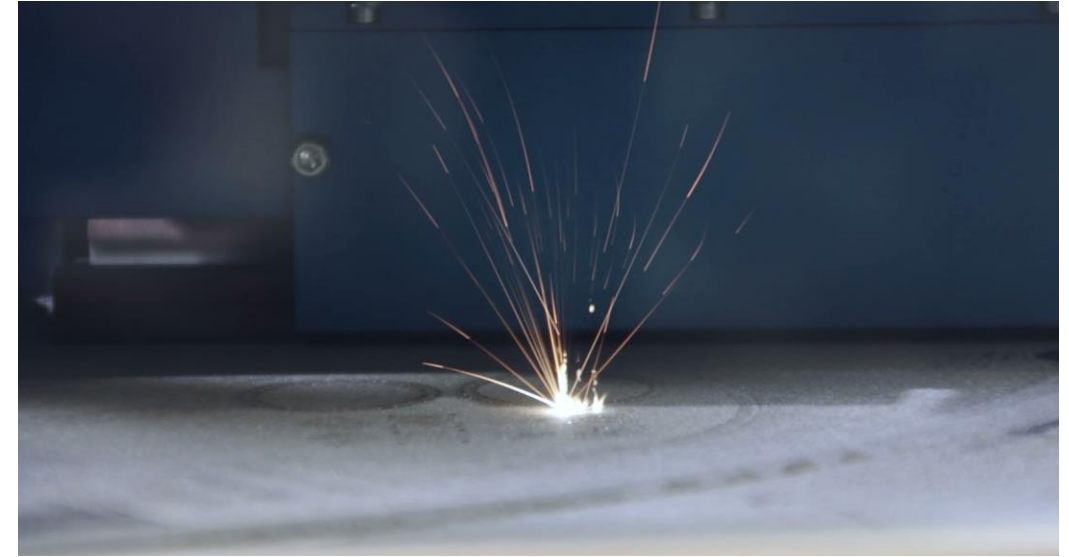
ORIGINALE



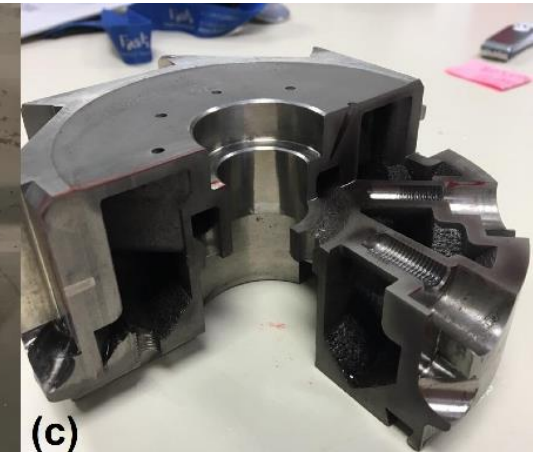
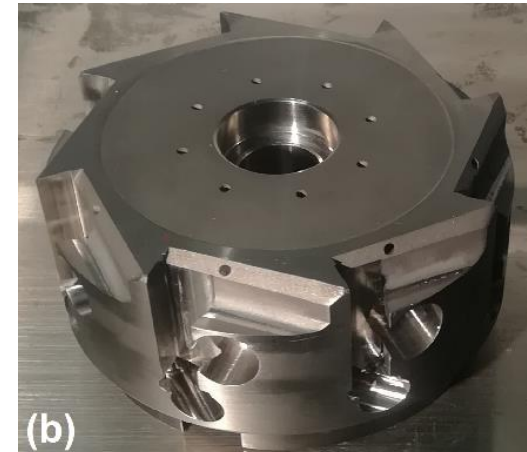
DFAM



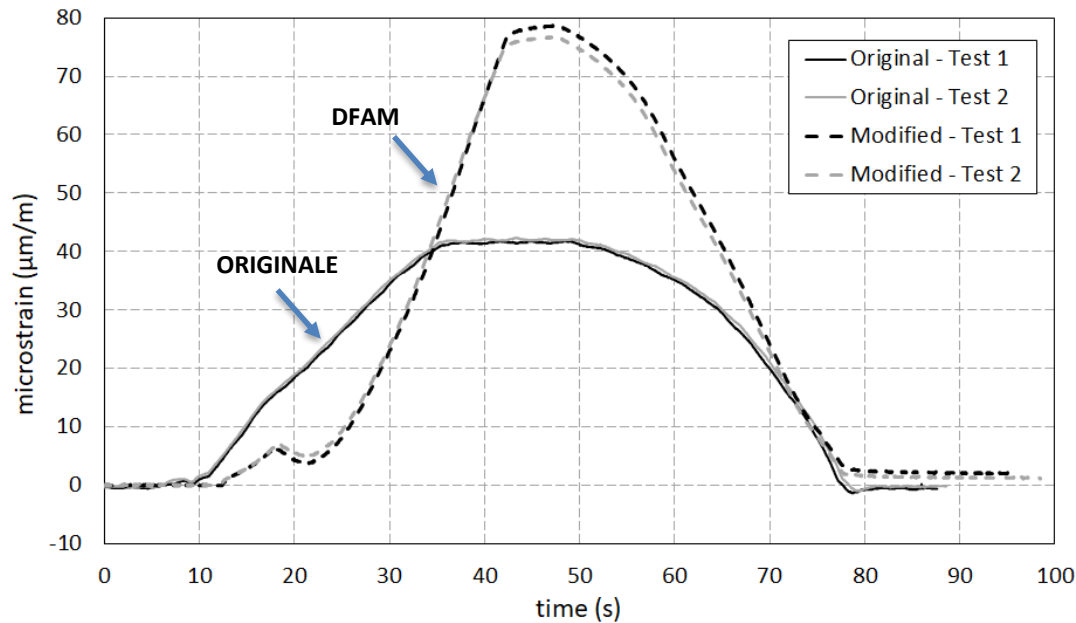
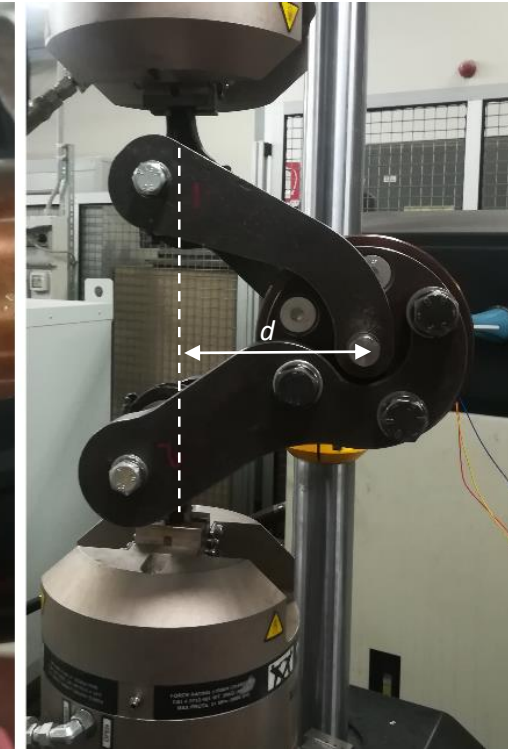
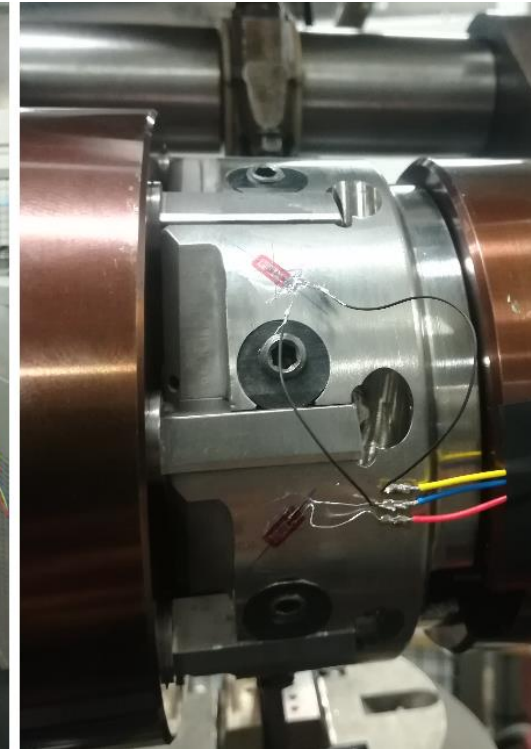
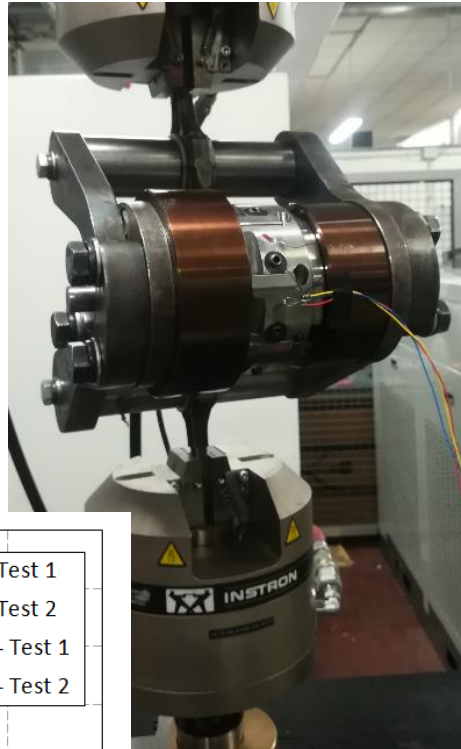
- Materiale  
Ti6Al4V
- Processo  
L-PBF
- Sistema  
Renishaw AM 500Q



- Orientazione planare
- Supporti 5mm lato frontale
- Estrazione polvere (fori temporanei)
- Postprocessing  
Trattamento termico  
Lavorazione meccanica



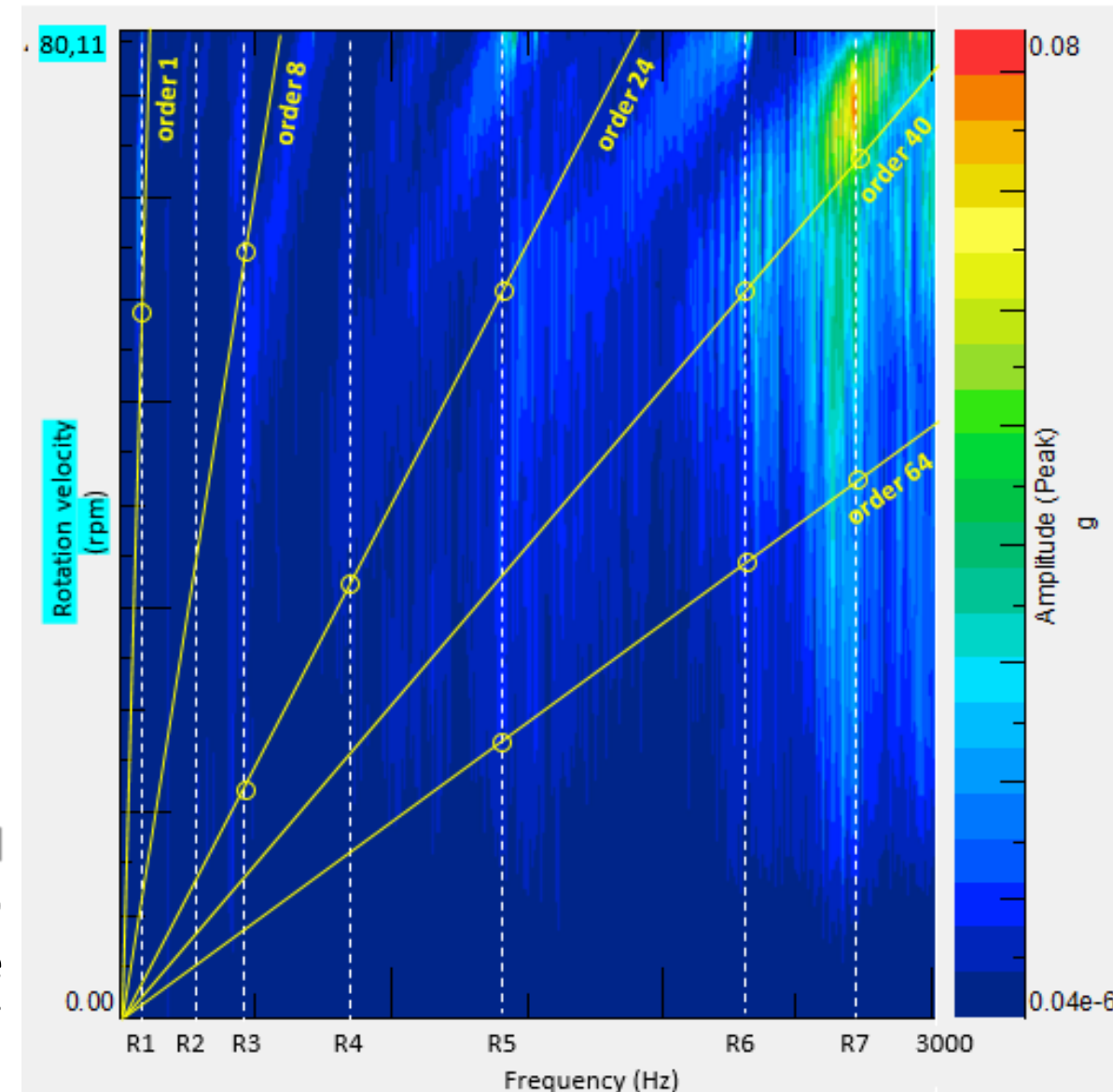
- UTS Instron 8801  
100 kN full range
- Amplificatore strain gauge (120  $\Omega$ )  
HBM QuantumX MX1615B
- ADC software  
HBM Catman



- Fresa CNC  
Centro di lavoro Dosan MYNX 750/50 (Ellena S.p.A.)
- Accelerometri 3 assi – Encoder
- Velocità: 0-5000 rpm
- Calibrazione masse
- Condizioni prova variabili



Diagramma di Campbell  
Ordini multipli (8 taglienti)  
Identificazione risonanze  
Confronto versioni



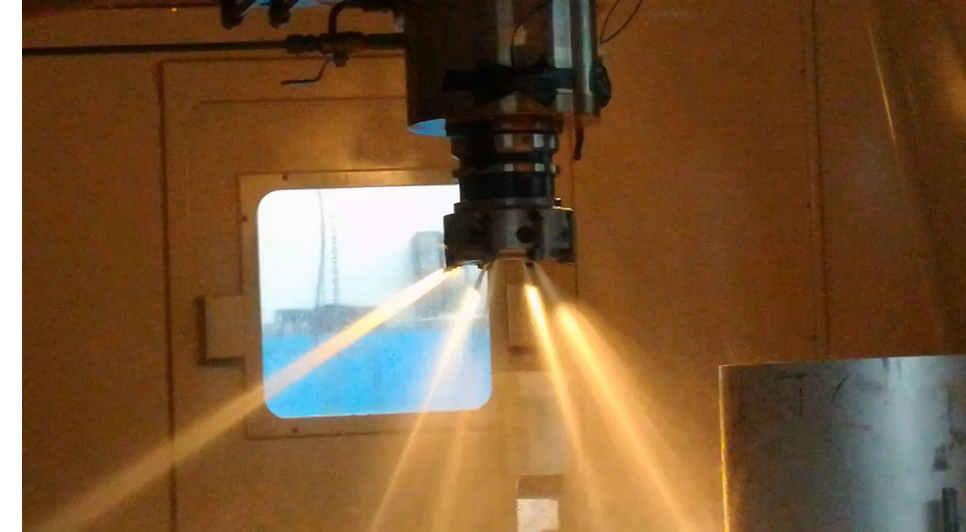
- Fresa CNC  
Centro di lavoro Dosan MYNX 750/50 (Ellena S.p.A.)

Prove in esercizio

- fresatura
- lubrificazione



ORIGINALE



DFAM



Riduzione massa componente (da 1940g a 1280g) : -34%  
Versione ultra alleggerita (-50%) validata in seguito

Riduzione complessiva delle sollecitazioni (max eqv. stress: - 12.2 %)

- stress da rotazione (peso elevato) = - 21.4%
- stress da coppia torcente (peso ridotto) = +79%

Aumento spostamenti (+ 37.9 %) ma lontano da zone funzionali (taglienti)

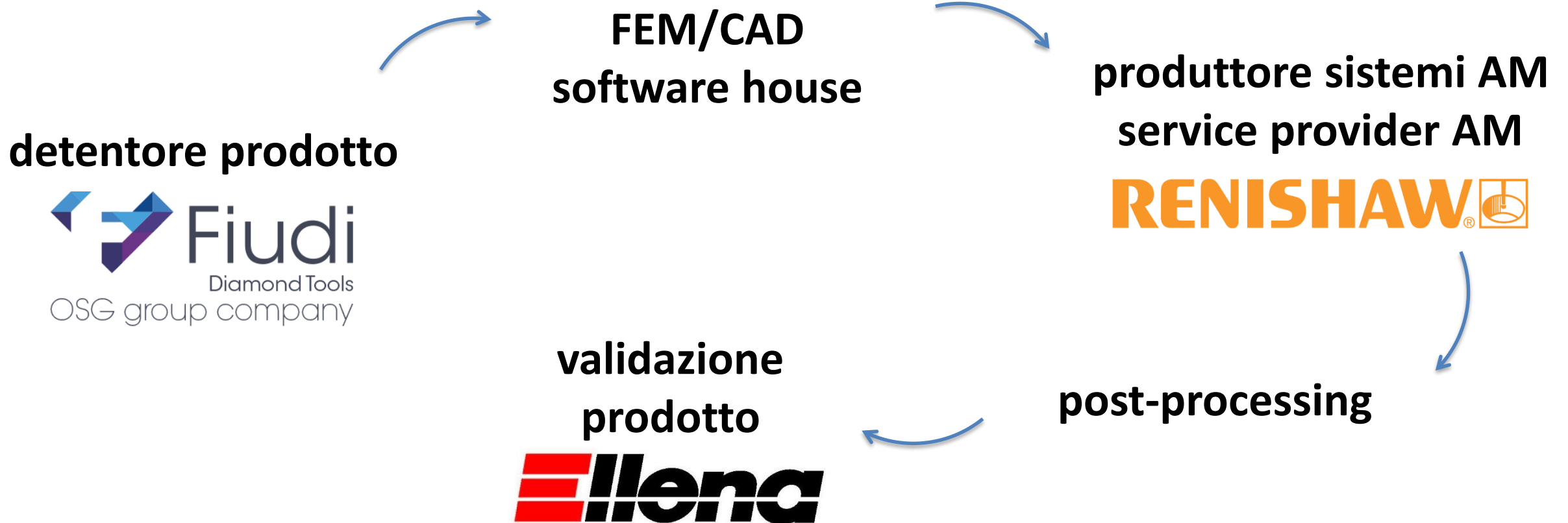
Forma parabolica canali: miglioramento distribuzione/direzionalità spray (lubrificazione, raffreddamento)

Configurazione sistema lubrificazione (canali + serbatoio): migliore efficienza



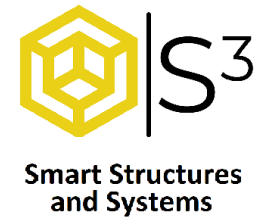
## Dall'approccio scientifico a quello industriale

- Progetto costruito su know-how di catena di valore



**prof. Giorgio De Pasquale**

Smart Structures and Systems Lab



Dipartimento di Ingegneria Meccanica e Aerospaziale  
Politecnico di Torino



Politecnico  
di Torino

**[www.giorgiodepasquale.com](http://www.giorgiodepasquale.com)**

e-mail: [giorgio.depasquale@polito.it](mailto:giorgio.depasquale@polito.it)