

Politecnico di Torino
Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Aerospaziale
Anno Accademico 2022/2023



Progettazione di un supporto a sbalzo mediante tecnologia di
manifattura additiva FDM

Federico Cocuzza Santuccio

Indice

Indice	I
Elenco delle figure	II
1 Progettazione di un supporto a sbalzo mediante tecnologia di stampa 3D FDM	1
1.1 Indicazioni sul supporto	1
1.2 Obiettivi	1
1.3 Modalità di svolgimento analisi	2
1.4 Progettazione del supporto	2
1.5 Impostazione delle ottimizzazioni	3
1.6 Soluzioni di design	3
1.6.1 Design 1	3
1.6.2 Design 2	4
1.6.3 Design 3	5
1.7 Confronto delle tre soluzioni	7

Elenco delle figure

Capitolo 1

Progettazione di un supporto a sbalzo mediante tecnologia di manifattura additiva FDM

1.1 Indicazioni sul supporto

L'attività assegnata prevede la progettazione di un supporto a sbalzo da fissare ad una trave di alluminio avente sezione quadra 4x4 cm mediante tre vincoli, di cui uno sulla faccia centrale della trave e due sulle facce laterali destro e sinistro. Per garantire la stabilità del supporto, si prevede di utilizzare bulloni M6 aventi un diametro di foratura di ancoraggio pari a 6,5 mm. I carichi saranno applicati ad una distanza di 100 mm dalla faccia frontale della trave. Si specifica che il materiale di riferimento per la realizzazione del supporto è l'Onyx.

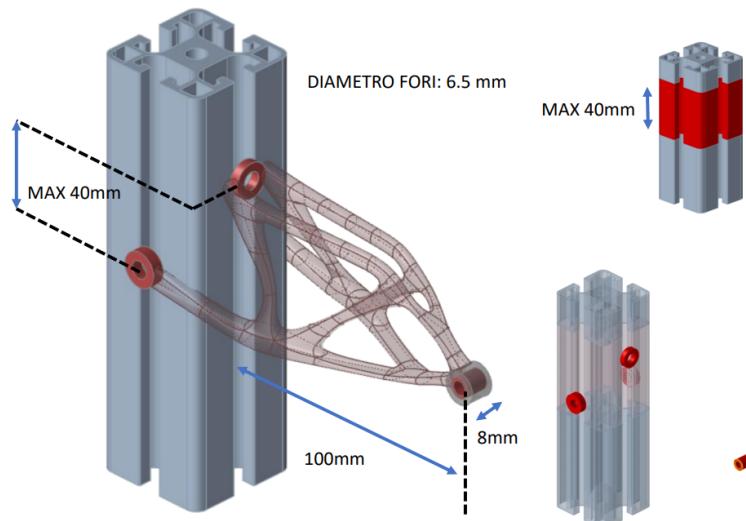


Figura 1.1

1.2 Obiettivi

Il supporto dovrà essere in grado di rispettare i seguenti vincoli:

- Sostenere due carichi indipendenti, uno in direzione Z e l'altro in direzione X entrambi del valore di 5.02 N
- Lo spostamento lungo l'asse Z non superi 1mm
- Lo spostamento lungo l'asse X non superi 2mm
- I valori del coefficiente di sicurezza dovranno essere maggiori di 2

Sono state progettate tre diverse soluzioni per far fronte a queste richieste.

1.3 Modalità di svolgimento analisi

Per quanto riguarda il metodo di analisi impiegato, sono state definite due diverse condizioni di carico.

1. Condizione di carico 1

- Supporto 1 e 2 completamente fissi (rotazione attorno all'asse X libera)
- Supporto 3 completamente fisso
- Forza 1 (asse Z): 5.02 N
- Vincolo di spostamento 1: 1 mm (Asse Z)

2. Condizione di carico 2

- Supporto 1 e 2 completamente fissi (rotazione attorno all'asse X libera)
- Supporto 3 completamente fisso
- Forza 1 (asse X): 5.02 N
- Vincolo di spostamento 1: 2 mm (Asse X)

1.4 Progettazione del supporto

Le tre alternative progettuali sono state sviluppate con l'obiettivo condiviso di ridurre la massa del componente. In particolare, la seconda soluzione è stata concepita per minimizzare il volume e la quantità di supporti necessari durante la fase di stampa. A tale scopo, nella configurazione iniziale, gli ancoraggi sono stati posizionati a una distanza inferiore rispetto a quella adottata nel primo progetto.

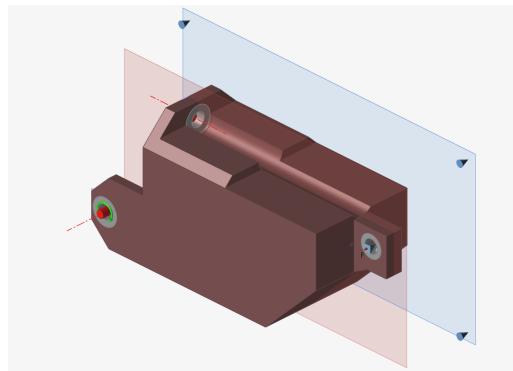


Figura 1.2: Volume iniziale Design 1

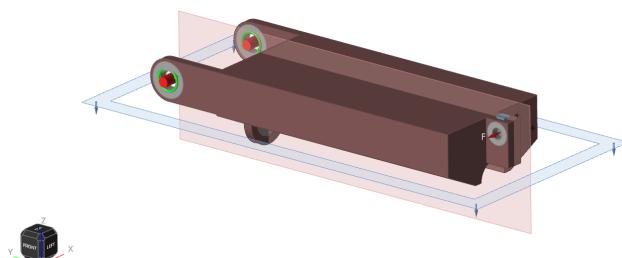


Figura 1.3: Volume iniziale Design 2

1.5 Impostazione delle ottimizzazioni

Per quanto concerne le ottimizzazioni, oltre alle condizioni di carico precedentemente menzionate, abbiamo impostato un controllo di simmetria sull'asse Y-Z al fine di migliorare il risultato finale. Inoltre, al fine di minimizzare l'utilizzo di supporti di stampa durante la produzione 3D, abbiamo orientato il componente in modo orizzontale, impostando una direzione di estrazione lungo l'asse Z. Questa scelta ci ha consentito di ridurre l'utilizzo di materiale e il tempo necessario per la produzione. Si sottolinea che tutti i modelli sono stati realizzati utilizzando l'Onyx come materiale di riferimento. Di seguito si fornisce un'immagine rappresentativa della configurazione dell'analisi.

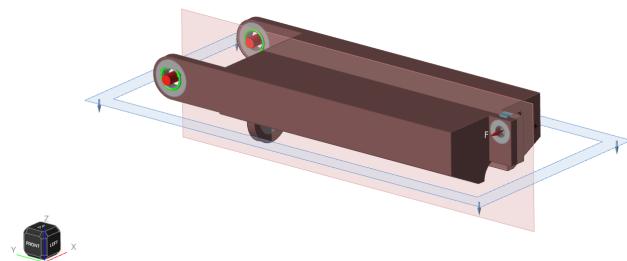


Figura 1.4: Configurazione dell'analisi

1.6 Soluzioni di design

1.6.1 Design 1

Per quanto concerne il primo progetto, è stata adottata una distanza di 40 mm tra gli assi degli ancoraggi, posizionando quello frontale ad una quota superiore rispetto agli altri due. Questa soluzione è stata ottenuta mediante un'ottimizzazione topologica finalizzata alla riduzione dell'80% della massa del componente rispetto al modello originario e al miglioramento della sua rigidezza. Il risultato conseguito è riportato in figura ??

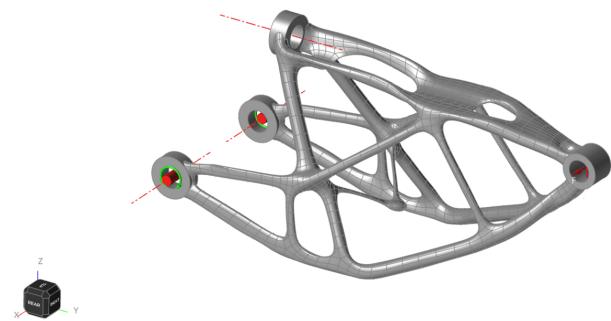
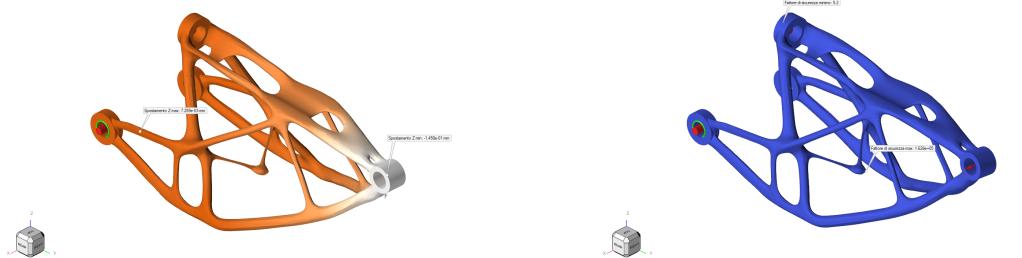


Figura 1.5

Analisi statica

Di seguito sono riportati gli esiti dell'analisi statica applicata sul primo design.

1. Condizione di carico 1 (Forza 5.02 N asse Z)

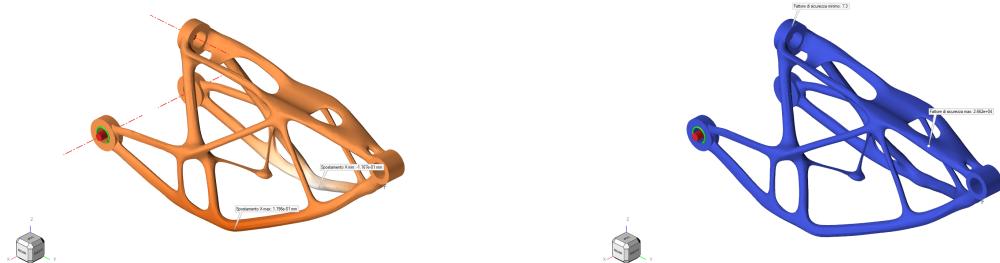


(a) Spostamento massimo: 0.15 mm

(b) Fattore di sicurezza minimo : 5.2

Figura 1.6

2. Condizione di carico 2 (Forza 5.02 N asse X)



(a) Spostamento massimo: 0.12 mm

(b) Fattore di sicurezza minimo : 7.3

Figura 1.7

Analisi a buckling

Sono state condotte analisi sulle deformazioni della struttura, relative ad entrambe le condizioni di carico, considerando i primi 10 modi propri. L'obiettivo era di valutare se i carichi applicati potessero rappresentare una criticità per la struttura. Per ogni modalità di deformazione considerata, il BLF (Buckling Load Factor) è risultato sempre $\gg 1$, indicando che la struttura è in grado di sopportare i carichi a cui è stata sottoposta.

1.6.2 Design 2

Per il design in questione, abbiamo optato per una distanza degli agganci pari a 15 mm, con l'obiettivo di ridurre il momento di inerzia della struttura e il volume totale del componente. Inoltre, a differenza del primo design, abbiamo collocato l'aggancio frontale in posizione inferiore rispetto agli altri due. Anche in questo caso, il componente finale è stato generato attraverso un'ottimizzazione topologica, finalizzata a minimizzare la massa mantenendo un fattore di sicurezza superiore a 2. Successivamente, abbiamo ulteriormente ottimizzato la struttura mediante il comando *ottimizzazione forma PolyNURBS* reso disponibile dal software Inspire. Di seguito è riportato il risultato ottenuto:

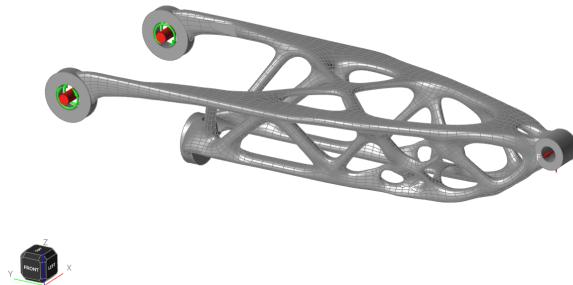


Figura 1.8: Configurazione dell'analisi

Analisi statica

Di seguito sono riportati gli esiti dell'analisi statica applicata sul secondo design.

1. Condizione di carico 1(Forza 5.02 N asse Z)

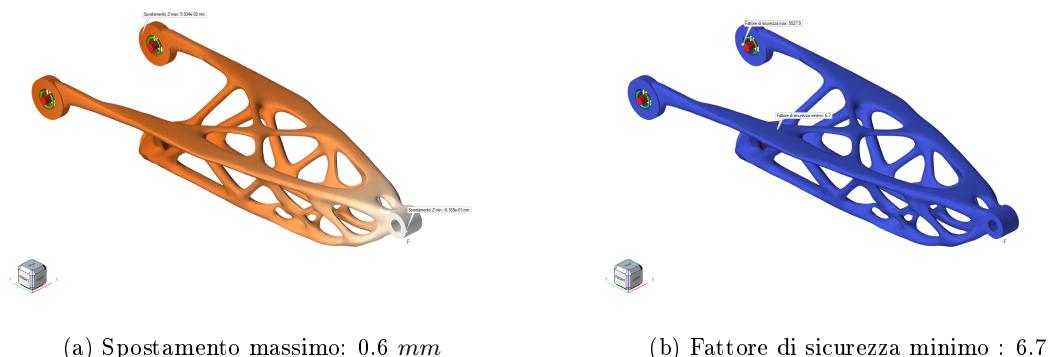


Figura 1.9

2. Condizione di carico 2 (Forza 5.02 N asse X)

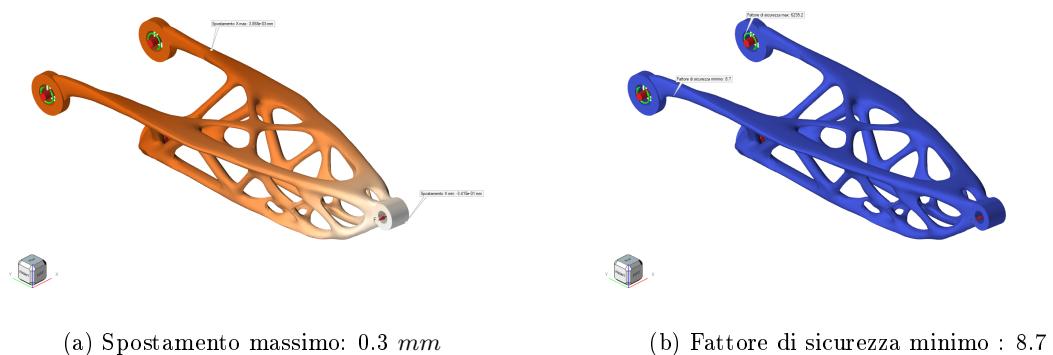


Figura 1.10

Analisi a buckling

Anche in questo caso per entrambe le condizioni di carico si è effettuato un test relativo alle deformazioni considerando i primi 10 modi propri della struttura e si è giunti a BLF sempre $\gg 1$. Anche in questo caso la struttura è sufficientemente in grado di sopportare i carichi imposti.

1.6.3 Design 3

Per questa soluzione, abbiamo iniziato con il modello di partenza della soluzione 2 e applicato un'ottimizzazione topologica per ridurre la massa del 60%. Successivamente, abbiamo condotto un'ulteriore ottimizzazione di tipo

reticolare impostando il parametro di riempimento al 100%, riducendo la massa di un ulteriore 20%. I valori predefiniti di lunghezza target, diametro minimo e diametro massimo del reticolato forniti dal software *Inspire* sono stati mantenuti invariati. Il risultato finale è il seguente:



Figura 1.11: Configurazione dell'analisi

Analisi statica

Di seguito sono riportati gli esiti dell'analisi statica applicata sul terzo design.

1. Condizione di carico 1(Forza 5.02 N asse Z)

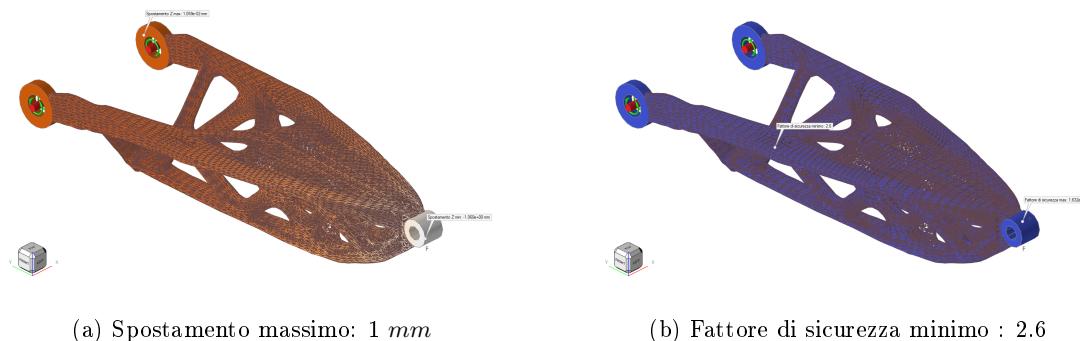


Figura 1.12

2. Condizione di carico 2 (Forza 5.02 N asse X)

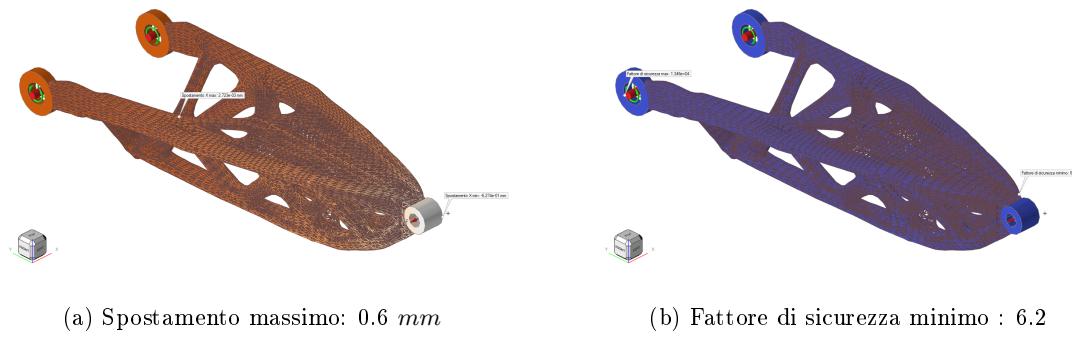


Figura 1.13

Analisi a buckling

Anche in questo caso per entrambe le condizioni di carico si è effettuato un test relativo alle deformazioni considerando i primi 10 modi propri della struttura e si è giunti a BLF sempre > 1 . Anche in questo caso la struttura è in grado di sopportare i carichi imposti.

1.7 Confronto delle tre soluzioni

	Design 1	Design 2	Design 3
Spostamento massimo F_z	0.15 mm	0.6 mm	1 mm
Fattore di sicurezza minimo F_z	5.2	6.7	2.6
Spostamento massimo F_x	0.12 mm	0.3 mm	0.6 mm
Fattore di sicurezza minimo F_x	7.3	8.7	6.2

Tabella 1.1: Tabella riassuntiva dei dati

In aggiunta ai dati derivanti dalle rispettive analisi, sono state condotte delle simulazioni di stampa utilizzando il software di slicing "*eiger.io*" e il materiale Onyx, al fine di ottenere stime realistiche del tempo di stampa, del peso finale del modello e del costo del materiale impiegato. Si riportano di seguito i valori di tali parametri per ciascuno dei tre design considerati, nella tabella 1.2.

	Design 1	Design 2	Design 3
Volume (cm^3)	46	16.14	23
Massa (g)	12.9	11.02	9.47
Spessore strato (mm)	0.2	0.2	0.2
Numero di pareti	2	2	2
Tempo di stampa (ore:min)	6+:00	3:05	9+:00
Costi (USD)	11.13	3.83	8.42

Tabella 1.2: Tabella riassuntiva dei dati di simulazione di stampa

In conclusione, dai dati che si evincono dalla trattazione, è possibile notare le migliori caratteristiche del secondo design in quanto a tempo, costi, fattore di sicurezza e criticità. In particolare, nella scelta di tale design, ha avuto un peso decisivo la durata del tempo di stampa il cui massimo è stato fissato a 3 ore.