

UNIVERSITA' POLITECNICA DELLE MARCHE

FACOLTA' DI INGEGNERIA

Corso di Laurea triennale Ingegneria Meccanica

progettazione di un componente per ottimizzazione di un processo produttivo tramite additive manufacturing

Design of a component for production process optimization by additive manufacturing

Relatore: Chiar.mo Tesi di Laurea di:

Prof. **Germani Michele** Pirani Dimitri

Correlatore: Ch.mo

Prof. Cicconi Paolo

Sommario

1.Introduzione	5
2. aspetti teorici	7
2.1 tecnologie stampa additiva	7
2.1.1 tecnologia binder jetting:	8
2.1.2 tecnologia power bed fusion:	9
2.1.3 tecnologia direct energy deposition:	10
2.2 considerazioni stampa additiva	11
3.Software utilizzati	14
3.1 solid edge	14
3.2 suite ansys	15
3.2.1 ansys workbench	15
3.2.2 ansys mechanical	17
3.2.3 ansys spaceclaim	19
3.2.4 ansys additive	23
3.3 Paraview	28
4 Approccio	29
5 Caso studio	30
5.1 condizioni iniziali	30
5.2 modello di partenza	31
5.3 primo modello	33
5.4 Secondo modello	35
5.5 terzo modello	37
5.6 morsetto	39
6 Progetto di stampa	40
6.1 prima configurazione di stampa	41
6.2 Analisi prima configurazione di stampa	42
6.3 seconda configurazione di stampa	43
6.4 Analisi seconda orientazione di stampa	44
6.5 Orientazione stampa morsetto	45

	6.6 Analisi orientazione stampa morsetto	.46
	6.7 analisi compensata della deformazione	.47
7	. Conclusioni e sviluppi futuri	.48
8	. Riferimenti	.50
	8.1 sitografia	.50
	8.2 bibliografia	.50
9	. Ringraziamenti	.51

1.Introduzione

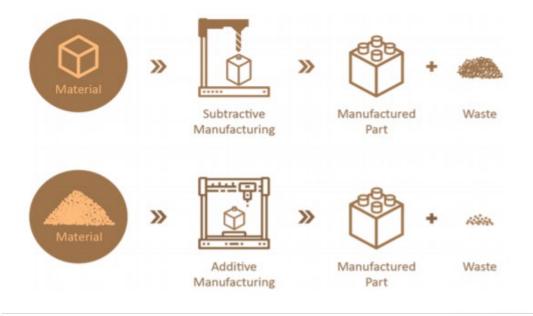
Questa tesi riassume l'attività di tirocinio svolta in collaborazione con la Loccioni ed in particolare si andrà ad analizzare un particolare componente di un macchinario industriale, al fine di andare a valutare la convenienza di realizzare il componente mediante stampa additiva. In particolare, nel primo capitolo della trattazione verranno illustrati i software che sono stati necessari allo svolgimento del lavoro per poi passare nel secondo capitolo alla spiegazione teorica di tutte le fasi di studio del tirocinio e nel terzo capitolo verranno riportati tutti i dati sperimentali e le considerazioni del caso. Lo studio nasce principalmente dalla necessità di andare a ridurre il peso del componente per poter riuscire a sfruttare a pieno la potenza del motore elettrico che fa muove questo componente, al fine di andare di avere un tempo ciclo minore e quindi massimizzare il processo produttivo finale.

In particolare, verrà effettuato:

- Analisi delle condizioni inziali messe a disposizioni dell'azienda
- Analisi strutturale del componente
- Analisi topologica del componente
- Modifica della geometria per ottimizzare il peso
- Verifica strutturale del componente ottimizzato
- Generazione di un processo si stampa additiva
- Simulazione del processo di stampa additiva

La stampa additiva è un processo tecnologico in cui la realizzazione del pezzo avviene per sovrapposizione di materiale layer by layer. Questa tipologia di processo produttivo permette di andare a realizzare tutte le tipologie di geometrie senza alcun vincolo geometrico di alcun tipo. Permette anche di avere una diversa densità del componete in quando è possibile stampare secondo dei reticoli e quindi è possibile mettere più materiale in determinati punti del componente più sollecitato e metterne meno in punti in cui non è necessario. Il processo di realizzazione di un componente tramite additive è composto dalle seguenti fasi:

- Disegno virtuale del componente
- Suddivisione del componente in layer
- Creazione di eventuali supporti di stampa
- Stampa del componente



In particolare nella prima fase si va ad realizzare un copia 3d del componente che si vuole andare a realizzare e si va a curare design e funzionalità. Nel secondo punto è necessario capire lo spessore di materiale che la stampante andrà a depositare sul piano di lavoro ad ogni passata. Questo valore va impostato in base alla geometria del componente, in base anche alla qualità superficiale che vogliamo ottenere, in funzione della macchina che abbiamo a disposizione e in funzione del costo del componente. In funzione di questi parametri in via del tutto qualitativa possiamo dire che se abbiamo una geometria molto complessa non posso utilizzare uno spessore per singolo layer elevata in quanto non riuscirei ad ottenere una geometria che rispecchia quella desiderata invece per quanto riguarda la finitura superficiale anche qui il discorso è analogo a quello della complessità della geometria in quando per avere un finitura superficiale elevata sarà necessario avere uno spessore del layer molto basso. Invece per quanto riguarda la tipologia della macchina a disposizione possiamo dire che ovviamente lo spessore del layer lo possiamo andare a far il più sottile possibile in relazione alla precisione della macchina. In ultimo per quanto riguarda il costo ovviamente uno più lo spessore del layer è elevato minor sarà in costo complessivo necessario alla realizzazione del pezzo perché sarà necessario un minor tempo di stampa.

I principali vantaggi delle stampe additive sono:

- Realizzazione di un componente con un unico processo tecnologico
- Riduzione dei costi dell'attrezzatura in quando è possibile realizzare prototipi senza una attrezzatura aggiuntiva.
- Semplificazione del processo produttivo eliminando molte fasi complesse e fonti di errori con conseguente riduzione del consumo di energia, della quantità di materiale impiegato.
- Realizzazione di componenti in unico esemplare o piccoli lotti.

2. aspetti teorici

Prima di andare a mostrare tutto il lavoro eseguito durante questo progetto è importante andare ad introdurre tutto l'aspetto teorico che è presente dietro ad esso. In figura 1 è riportato il ciclo di fabbricazione di un componente realizzato tramite stampa additiva come possiamo vedere come prima cosa bisogna andare a realizzare un file cad del modello per poi convertirlo in un formato STL in modo da renderlo compatibile con la macchina di stampa, in seguito, avviene il processo di slicing per poi stampare il pezzo.

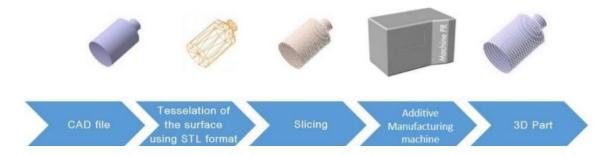


FIGURA 1 CICLO FABBRICAZIONE MANUFATTO ADDITIVE

2.1 tecnologie stampa additiva:

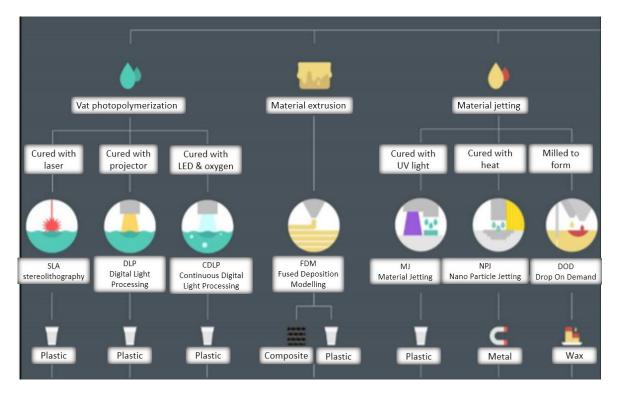


FIGURA 1.1 SCHEMA PRINCIPALI TECNOLOGIE DI AM

In figura 1.1 sono riportate le principali tipologie di stampa additiva che possono essere divise in base alle diverse consistenze delle materie prime che possono essere solidi liquidi o polveri in questo caso andremmo ad analizzare i processi che utilizzano le polveri per eseguire il processo e quindi le tipologie di tecnologie che si possono andare a sfruttare sono:

2.1.1 tecnologia binder jetting:

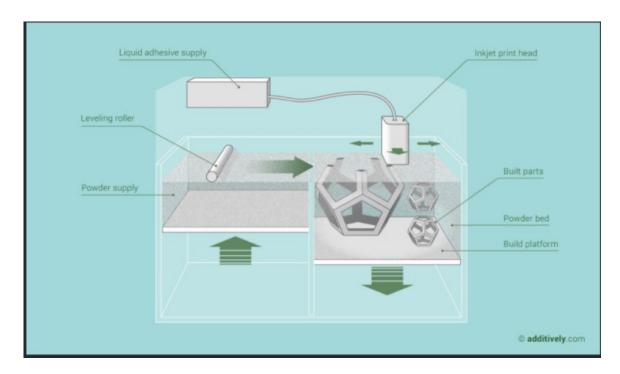


FIGURA 2 SCHEMA BINDER JETTING

Nella tecnologia binder jetting viene rilasciato un legante chimico in grado di unire in maniera puntiforme e progressiva i singoli granelli di un letto omogeneo di polvere, la polvere non trattata dal legante rimane sospesa sullo strato sottostante e viene rimossa al termine del procedimento per essere riutilizzata si possono utilizzare polveri plastiche, compositi e polveri metalliche. I pezzi realizzati con la tecnologia binder jetting vengono utilizzati principalmente per far risaltare la forma estetica, come in modelli architettonici. Sono usati per ottenere dei prototipi funzionali in quanto le proprietà meccaniche sono abbastanza scarse. Tecnologia più economica rispetto alle altre. il componente da realizzare viene progettato utilizzando un CAD e il file risultante viene inviato ad una stampante 3D che produrrà l'oggetto suddividendolo in layer Il processo di stampa avviene come descritto di seguito:

- 1. Una racla (una sorta di lama metallica) stende uno strato di polvere sulla base che verrà utilizzata per la costruzione del pezzo.
- 2. Una testina di stampa deposita in maniera selettiva sulla polvere metallica il materiale collante. La dimensione media di ogni goccia è di circa $80~\mu m$ di diametro, quindi è possibile ottenere una buona risoluzione.
- 3. Una volta completato il processo di deposizione del collante sul primo strato, la base scende per poter procedere con il layer successivo.
- 4. Si riparte dal punto (1) fino al completamento di tutti i layer di stampa.

Al termine l'oggetto viene ripulito dalla polvere in eccesso che può essere riciclata.

2.1.2 tecnologia power bed fusion:

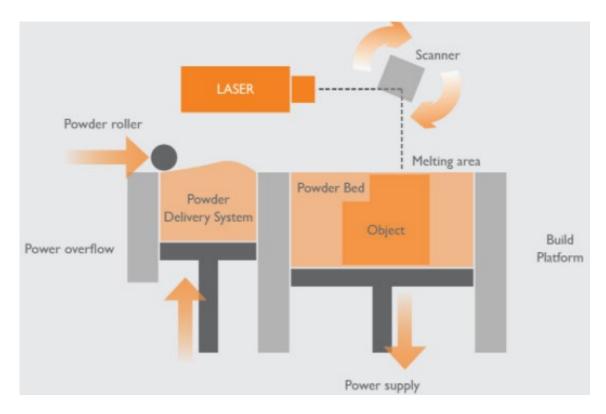


FIGURA 3 SCHEMA POWER BED FUSION

Processo che sfrutta energia termica per fondere e solidificare una regione di un letto di polvere, posizionata su un piano mobile in direzione verticale. una volta completato uno strato, la piattaforma mobile si muove verso il basso e un elemento mobile orizzontale deposita nuova polvere per lo strato successivo; La polvere non processata viene recuperata e riutilizzata.

Principali tipologie:

- Selective Laser Sintering (SLS): uno specchio mobile direzione un fascio laser colpendo la polvere che viene sinterizzata legandosi ai granelli circostanti con legami molecolari
- Selective Laser Melting (SLM) / Direct Metal Laser Sintering (DMLS) tecnlogia simile alla precedente, ma i singoli granelli vengono fusi in un pezzo monolitico
- Electron Beam Melting (EBM) fascio di elettroni direzionati da due magneti rotanti ad anello, i pezzi realizzati tramite SLS hanno porosità maggiore di quelli tramite SLM e EBM, mentre questi presentano una struttura molecolare più omogenea con migliori proprietà meccaniche

2.1.3 tecnologia direct energy deposition:

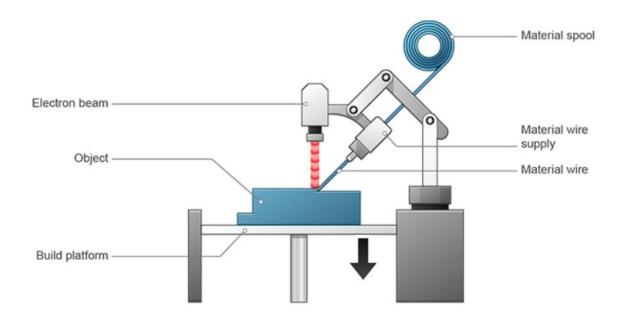


FIGURA 4 SCHEMA DIRECT ENERGY DEPOSITION

Principale tecnologia: Laser Metal Deposition (LMD), la Polvere metallica, gas di protezione e laser erogati simultaneamente attraverso un ugello la polvere trasportata da un gas inerte che permette al materiale di essere soffiato lungo la traiettoria del fascio laser in modo selettivo , Energia del laser fonde parzialmente le particelle di metallo, che si fondono completamente a contatto con il bagno di fusione creando un legame metallico tra la polvere e il substrato . Il substrato o il laser vengono spostati per permettere al bagno di fusione di solidificarsi e di produrre così una piccola zona rialzata di metallo solido (traccia)

Gli elementi che costituiscono una tipica stazione di lavorazione laser per processi di deposizione diretta sono:

- Testa di deposizione: utilizzata per rilasciare il materiale sul substrato, integra un ugello per polvere o filo montato su un braccio a più assi, un sistema ottico, tubi per il gas inerte e in alcuni casi dei sensori. L'ugello, collegato all'ultimo giunto del braccio, grazie alle possibilità di movimento del robot dovute ai giunti, può essere posizionato a piacere in uno spazio tridimensionale.
- **Sistema di focalizzazione**: La focalizzazione del fascio laser in vicinanza del pezzo da lavorare avviene per trasmissione tramite una lente.
- Sorgente laser in fibra attiva: E' il dispositivo che genera il fascio con le caratteristiche desiderate. Sono molti i fattori riguardanti il fascio che influenzano la lavorazione e che dipendono direttamente dalla sorgente come la potenza del fascio, la lunghezza d'onda della radiazione e l'emissione continua o impulsata.

2.2 considerazioni stampa additiva

In seguito al analisi della tipologia delle varie stampa additive è importante andare ad analizzare il motivo per cui si è scelto di utilizzare la stampa additiva per questo progetto. La ragione è molto semplice ovvero si è cercato un approccio verso l'additive perché è l'unico sistema produttivo che permette di non aver vincoli geometrici di alcun tipo pur mantenendo delle caratteristiche meccaniche omogene, infatti se pensiamo allo stesso componente realizzato mediante asportazione di materiale molto probabilmente non si potrebbe ottenere una geometria molto complessa per due fattori principalmente. Il primo fattore è relativo al costo della lavorazione inquanto una geometria complessa fa necessariamente aumentare il tempo di lavorazione e di conseguenza i costi, il secondo aspetto invece è legato all'impossibilità di andare a realizzare una geometria molto complessa. Però ovviamente un componente non può essere realizzato solo tramite stampa additiva o asportazione di truciolo, infatti, un'altra opzione è data dallo stampaggio del componente che può avvenire o in terra o per mezzo di una conchiglia. Il fatto di avere scartato tale opzione è dato dal fatto che uno stampo ovviamente ha un costo maggiore di realizzazione. Inoltre, possiamo anche dire che la realizzazione di uno stampo per una lega leggera oltre ad essere molto costoso è anche molto complesso. La complessità dello stampo deriva dal fatto che per poter riuscire a stampare un componente è necessario creare oltre alla matrice che corrisponde al negativo del pezzo anche tutto i semi stampo che comprende i vari sistemi di raffreddamento, iniezione ed estrazione del pezzo. Riassumendo si può dire che la procedura di stampaggio viene utilizzata per grandi lotti di produzione in modo d'avere un ammortamento della spesa dello stampo. Quindi quelli elencati precedentemente sono i motivi fondamentali per cui si è scelto di andare a realizzare il componente mediante stampa additiva, oltre a ciò, era interessante andare vedere il metodo di progettazione che richiedeva tale tecnologia essendo ancora in fase inziale di sviluppo.

Dopo aver fatto una breve esposizione delle varie tecniche di additive manufacturing e del motivo per cui si è scelta questa tecnologia si passa ora per completezza dell'elaborato ad esporre alcuni concetti che verranno poi utilizzati nella trattazione del caso studio e dei software. Come prima cosa possiamo andare ad analizzare il processo attraverso il quale è stato modellato il componente che prende il nome di modellazione tramite feacture.

È stato eseguito questo procedimento di modellazione perché siamo partiti da una geometria di base chiama feature base in seguito siamo andati a modificare la geometria attraverso delle operazioni elementari che possono essere estrusioni rivoluzioni e tagli.

Quindi per concretizzare il concetto possiamo dire che: La prima feature creata durante la costruzione di una parte è chiamata feature di base; si costruisce il resto della parte aggiungendo più lavorazioni che modificano o aggiungono dettagli alla lavorazione di base. Questo processo di creazione di una parte utilizzando gli strumenti nel modulo Parte nel

nostro caso di solid edge segue una sequenza di operazioni analoghe a quella che si potrebbe avere nella costruzione di una parte in un'officina meccanica

Un altro concetto che andrà esposto sarà quello di mesh.

Una mesh o maglia è un insieme di poligoni di base (Triangles/Quads o Triangoli/Quadrilateri) che "uniti" in un certo modo formano la mesh stessa. Se si scende più in dettaglio, troviamo i vertici. I vertici definiscono la posizione e l'orientamento di ogni singolo triangolo di una mesh, ma non solo.

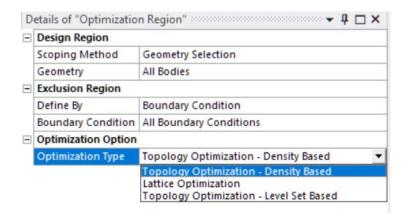
Nella grafica tridimensionale la forma geometrica di base corrisponde ad un triangolo. Il triangolo infatti è la forma di base che può rappresentare una "faccia" in un contesto tridimensionale. Una mesh è costituita da più triangoli e/o quadrilateri (ma anche da N-Gons, poligoni con più di quattro vertici e lati. Da evitare oppure no...). Il numero di triangoli che formano una mesh ne determina la "risoluzione", ovvero determinerà se la nostra mesh sarà ben arrotondata o spigolosa e presenterà un numero maggiore o minore di "dettagli". Tutte le forme di una mesh sono approssimate. Nella realtà un cerchio è un insieme di punti, così come le linee o le curve. Nei modelli tridimensionali un cerchio (cilindro o toro ecc) è realizzato utilizzando una serie di triangoli. Se il numero di triangoli non è sufficiente, non sarà possibile rappresentare un cerchio (cilindro), ma solo la sua migliore approssimazione possibile

Dopo aver trattato la mesh passiamo ora a trattare l'analisi topologica.

Prima però è necessario andare a definire che cos'è la topologia e la differenza con la forma. Viene definita topologia lo studio delle proprietà geometriche delle figure che non dipendono dalla nozione di misura. Tali proprietà sono degli invarianti nei confronti di deformazioni. Mentre invece la forma è definita come una geometria parametrica individuata da posizione e misure. L'ottimizzazione topologica ricerca la distribuzione ottimale del materiale in uno spazio di progetto vincolato. I vincoli possono essere:

- geometrici/funzionali
- condizioni di resistenza
- condizioni di rigidezza
- condizioni sulle frequenze proprie

nel software da noi utilizzato per le ottimizzazioni topologiche fornito da ansys abbiamo diverse tipologie di ottimizzazioni topologiche come riportato in figura 4.1



In figura infatti sono riportate le diverse tipologie di ottimizzazioni che può essere di tipologia :

- density based: è la procedura di ottimizzazione della topologia basata sulla densità rappresentata dal metodo SIMP (Solid isotropic material with penalization) è la tecnica più comune per risolvere i problemi di ottimizzazione della distribuzione del materiale. Dipende da diversi parametri per la soluzione, che in generale sono definiti arbitrariamente. Questa tipologia di ottimizzazione sarà quella che verrà utilizzata in seguito in quanto risulta essere la più veloce da simulare.
- lattice optimization: viene utilizzata nel caso in cui si ha una geometria riconducibile ad un reticolo. È essenzialmente un'ottimizzazione della topologia tradizionale in cui gli elementi solidi vengono sostituiti con travi reticolari L'ottimizzazione del reticolo funziona solo sui solidi e gli spazi di progettazione devono essere separati da spazi non di progettazione. Quando si esegue un'ottimizzazione del reticolo, è possibile massimizzare la rigidità o ridurre al minimo la massa come obiettivo di ottimizzazione , con tutti gli stessi vincoli di ottimizzazione disponibili con l'ottimizzazione della topologia. I risultati di un'ottimizzazione del reticolo vengono dell'analisi visualizzati come risultati piuttosto che come risultati dell'ottimizzazione. Nascondere i contorni del risultato fornisce una visualizzazione approssimativa delle dimensioni del reticolo
- Level set based: Il metodo level-set è un approccio all'ottimizzazione della topologia
 che utilizza una descrizione implicita flessibile del dominio del materiale. Questo
 dominio strutturale è rappresentato da una funzione level-set il cui contorno a
 livello zero definisce il confine strutturale. Durante l'ottimizzazione il contorno di
 livello zero della funzione level-set viene spostato in una direzione favorevole in
 base all'analisi della sensibilità alla forma, mentre la descrizione implicita
 dell'interfaccia consente modifiche topologiche del contorno di livello zero. Ciò
 consente l'ottimizzazione della topologia per progetti di confine nitidi, in cui le
 densità intermedie sono limitate a una piccola banda attorno al confine della
 struttura

3.Software utilizzati

In questa parte verranno elencati e spiegati tutti i software che sono stati necessari allo studio del componente.

3.1 solid edge



Solid edge è un software di modellazione 3d che è stato utilizzato per andare a sviluppare la geometria finale del componente da stampare inoltre sempre mediante solid edge è stato possibile conoscere le caratteristiche fisiche del componente come peso e volume fondamentali per la ricerca che è stata condotta. In questo caso i file sono stati salvati in stl in quanto un

file. Stl rappresenta un solido la cui superficie è stata discretizzata in triangoli. Esso consiste delle coordinate X, Y e Z ripetute per ciascuno dei tre vertici di ciascun triangolo, con un vettore per descrivere l'orientazione della normale alla superficie. Il formato STL presenta dei vantaggi quali la semplicità, in quanto risulta molto facile da generare e da processare, mentre a suo sfavore presenta una geometria approssimata e la sua struttura dati. Inoltre, questo formato permetteva di interfacciarsi correttamente con il pacchetto ansys che verrà spiegato più avanti. È stato deciso di andare a sviluppare la geometria del componente con solid edge e non con space claim (software della suite ansys) perché era interessante capire la potenzialità del software anche la stessa ottimizzazione su space clain forse avrebbe portato dei risultati migliori.

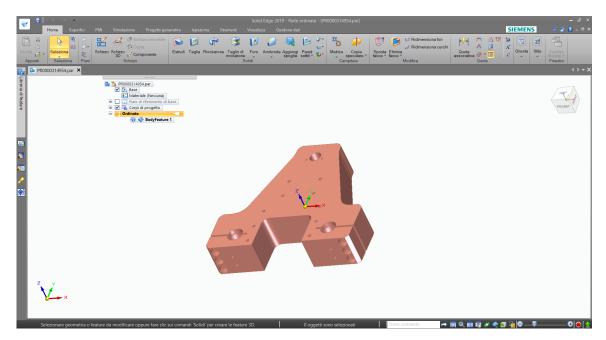


FIGURA 5 SCHERMATA DI LAVORO SOLID EDGE

In figura 5 è riportata la schermata di lavoro si solid edge in questo caso con la geometria di partenza che andremmo a studiare nel corso di questa esposizione. È possibile dividere la finestra in diversi settori partendo dall'alto abbiamo la barra dei comandi che risulta di facile comprensione e questo ci permette di sfruttare al meglio il programma fin da subito.

nella parte a sinistra della finestra troviamo il browers dove sono riportate tutte le lavorazioni eseguite, nella parte sottostante troviamo un ulteriore barra con dei comandi rapidi e con la casella per la ricerca dei comandi. Nella parte centrale della schermata abbiamo la geometria che dobbiamo lavorare e nell'angolo destro troviamo un cubo che permette di andare a scegliere l'orientazione della geometria.

3.2 suite ansys



Ansys è una suite che permette di andare a sviluppare e simulare un qualsiasi componente meccanico tramite una serie di software.

3.2.1 ansys workbench

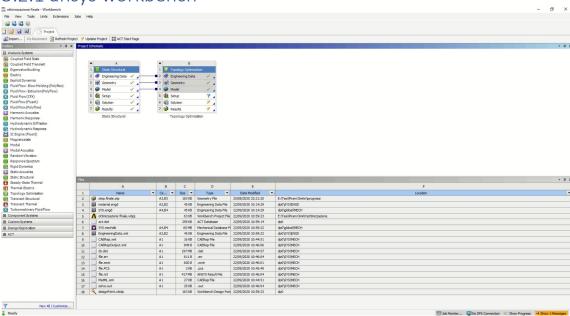


FIGURA 6 SCHERMATA AVVIO ANSYS WORKBENCH

Ansys workbench è un calcolatore della suite di ansys che permette di andare ad effettuare una qualsiasi tipologia di simulazione su un componente da un'analisi statica ad un analisi topologica o anche analisi modali ecc. nel nostro caso ho utilizzato il workbench per andare ad effettuare un analisi statica e topologica. In figura 6 sopra è riportato la schermata di avvio del workbench dove possiamo vedere a sinistra l'elenco di tutte le simulazioni che si possono svolgere una volta selezionate le simulazioni verrà generato un rettangolo corrispondente nella finestra di destra. Ovviamente se sono necessarie più simulazioni come nel nostro caso il workbench permette di andare a condividere le impostazioni da una simulazione all'altra in quanto, ad esempio, il materiale la geometria nel nostro caso erano uguale in entrambe le simulazioni quindi non è stato necessario caricarle sue volte.

Ora andiamo ad analizzare in dettaglio da cosa è composto ogni singolo blocco, in particolare partiamo dall'analisi strutturale (figura 7):



FIGURA 7 BLOCCO ANALISI STRUTTURALE

il primo parametro che bisogna andare ad inserire è l'engineering data che comprende tutte le caratteristiche del materiale che si vuole simulare, i vari parametri sono già presenti nel programma sottoforma di librerie, quindi, basta cercare il materiale e nel caso che non risulti presente è possibile aggiungerlo nel nostro caso il materiale era presente nella libreria. In seguito, è necessario caricare la geometria in formato stl. Dopo di che è necessario editare il modello questo comando apre un ulteriore finestra di lavoro in ansys mechanical che però verrà analizzato nel prossimo paragrafo. In seguito, la voce setup dove vanno inserite ulteriori impostazioni di simulazione per poi passare alla soluzione dell'analisi con i relativi grafici e mappe di tensione/deformazioni.

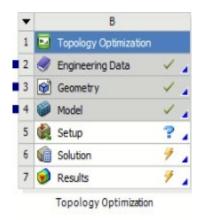


FIGURA 8 BLOCCO ANALISI TOPOLOGICA

Nell'analisi topologica (figura 8) abbiamo gli stessi parametri fino alla voce model in quando sono in comune con l'analisi strutturale. In seguito nella trattazione verrà spiegato cosa si intende per analisi topologica.

3.2.2 ansys mechanical

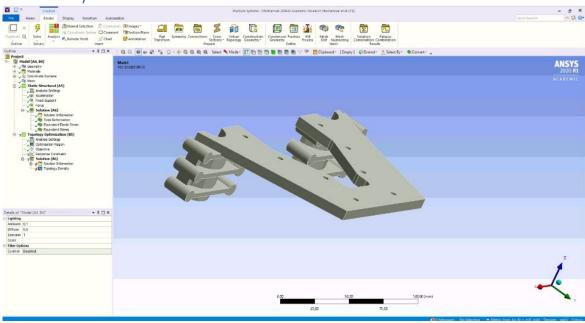


FIGURA 9 ESEMPIO SCHERMATA ANSYS MECHANICAL

Ansys mechanical invece è il programma che si occupa in pratica di andare ad effettuare le simulazioni che vengono impostate sulla parte del workench. Nella figura 9 è possibile vedere la schermata di avvio del mechanical dove possiamo distinguere 3 settori della schermata che sono la barra degli strumenti in alto lo schema del progetto a sinistra e nella parte restante è possibile vedere la geometria che stiamo lavorando. Ora andiamo ad analizzare più nel dettaglio come è composto lo schema del lavoro:

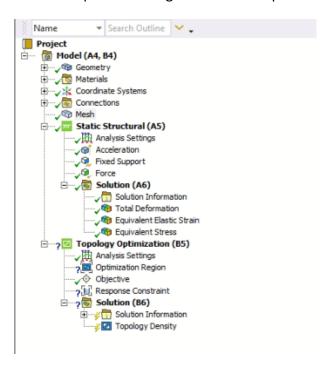


FIGURA 10 BROWSER ANSYS MECHANICAL

In figura 10 vi è riportato un ingrandimento della zona che andremmo adesso ad analizzare, partendo dall'alto possiamo troviamo la voce geometria, che si riferisce alla geometria del componente che dovrà essere analizzata che sarà necessario caricare in precedenza nel workbench in seguito andrà inserito il materiale che si vorrà andare a simulare. Dopo di ciò troviamo due voci che indicano rispettivamente il sistema di riferimento che si prende in considerazione e le varie connessioni. La mesh non è altro che una triangolazione che va a fare il software sulla geometria alla fine di andare determinare le coordinate di tutti i punti dove verranno calcolate le varie tensioni e deformazioni questa triangolazione dei punti viene fatta dividendo la geometria in tanti piccoli elementi di dimensione nota. La mesh gioca un ruolo molto importante in ottica del risultato finale dell'analisi perché una mesh non molto fitta risulterebbe troppo grossolana e quindi non si avrebbe un riscontro reale mentre al contrario una mesh troppo fitta porterebbe a delle simulazioni molto lunghe e pesanti di difficile elaborazione per il pc. Nel nostro caso abbiamo dato come dimensione di ogni piccolo elemento di circa 0,05 mm abbiamo scelto questo valore in relazione ai tempi necessari a fare una simulazione e sotto il consiglio del professore. Dopo la mesh si entra nella vera e propria analisi statica i parametri da inserire al suo interno sono le varie forze in gioco che possono essere inserite singolarmente andando ad inserire per ogni asse la sua componente oppure specificando l'intensità e il punto di applicazione. In figura 10.2 viene mostrata la schermata con tutte le tipologie di carico che ci permette di inserire ansys nelle nostre simulazioni

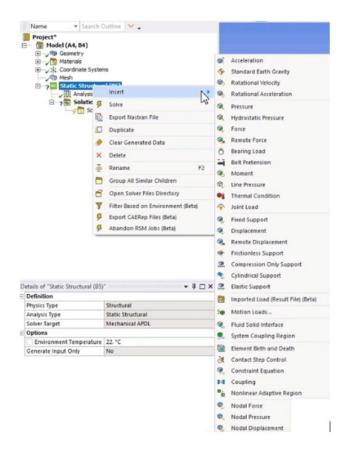


FIGURA 10.1 SCHERMATA ANALISI STATICA

In seguito all'inserimento delle varie forze e nel nostro caso dell'accelerazione si vanno a scegliere le varie superfici che costituiscono i vincoli della geometria.

Dopo aver impostato tutti i vari parametri si può andare a scegliere da un elenco del programma quali simulazioni si vogliono andare a svolgere nel nostro caso ci interessava sapere la deformazione totale della geometria e le tensioni calcolate con il principio di Von Misses per verificare che la geometria non presentasse parti in cui la tensione fosse superiore a quella di snervamento.

Invece nell'analisi topologica è necessario come prima cosa andare a scegliere eventuali superfici che non devono essere analizzate per diversi motivi nel nostro caso perché erano superfici funzionali e quindi non volevamo che fossero alleggerite. In seguito si deve decidere l'obbiettivo dell'analisi nel nostro caso consisteva nel andare a togliere massa per un valore pari al 50% della massa totale inziale.

Una volta inseriti tutti i parametri e lanciata la simulazione il software ci restituisce una geometria priva del materiale dove non risulta necessario, la geometria in questione però è molto complessa e difficilmente realizzabile per questo è necessario andare a ricostruire la geometria punto per punto.

La ricostruzione della geometria può avvenire attraverso l'uso di diversi software nel nostro caso come già detto in precedenza è stato utilizzato solid edge.

3.2.3 ansys spaceclaim

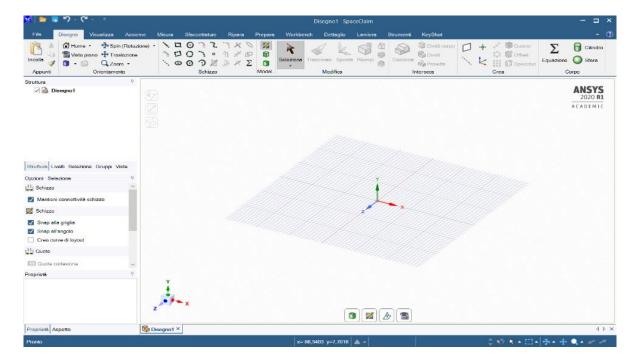


FIGURA 11 SCHERMATA AVVIO ANSYS SPACECLAIM

Ansys spaceclaim invece è stato usato per andare ad effettuare le impostazioni e le generazione dei supporti di stampa 3d in quanto è presente all'interno del programma una sezione dedicata all'additive (figura11.1). Però con spaceclaim è possibile non solo effettuare ciò infatti il programma nasce come modellatore 3d quindi è possibile utilizzarlo allo stesso modo di solid edge.



FIGURA 11.1 BARRA COMANDI ANSYS SPACECLAIM

Come già detto la figura 11.1 riporta la barra dei strumenti che mette a disposizione ansys per il settore additive, ora ci occuperemmo di andare ad analizzare ogni singolo comando e le funzioni che ci mette a punto a disposizione il software.

Iniziamo subito analizzando i settings che sono messe a disposizione in quanto il comando precedente "add part" consente semplicemente di scegliere il componente che si dovrà andare a stampare. Quindi una volta premuto l'icona setting il programma apre una finestra mostrata in figura 11.2.



FIGURA11.2 FINESTRA SETTING

In particolare la finestra che si apre mostrata in figura 11.2 ci permette di andare a scegliere la tipologia di macchina con cui si eseguirà la stampa se essa è presente nel catalogo di spaceclaim. Nel caso in cui la macchina non fosse disponibile si può andare a creare una macchina inserendo tutte le specifiche tecniche di essa.

Nello specifico è possibile andare a definire la dimensione del piatto di stampa, la posizione dello zero macchina che può essere scelto o al centro del piano oppure in un angolo di esso, oltre a ciò è possibile andare a scegliere ovviamente la tipologia del materiale con cui si realizzerà il componente è l'overhang angle. Nel nostro caso la abbiamo utilizzato un overhang angle di 40° e come materiale abbiamo scelto una lega di alluminio al silicio e magnesio. Procedendo con l'analisi della barra dei strumenti troviamo orientation map che viene riportata in figura 11.3 essa indica qual è la miglior posizione in cui mettere la geometria nel paino di stampa al fine di andare a minimizzare il tempo di realizzazione del componente e le distorsione inoltre di andare ad avere una costruzione ottimale dei supporti. Nella figura possiamo vedere 6 differenti blocchi. Nello specifico il grafico più in alto rappresenta la somma dei 3 sottostanti e la scala di colori indica la criticità dei vari punti presi in considerazione in quanto al colore verde viene attribuito un orientazione ottimale di stampa e procedendo con la scala cromatica si prendono in considerazione sempre punti più critici da stampare.

Nel riquadro a destra del grafico è possibile vedere l'offset che viene dato dal piano di stampa al componente per non fare in modo che il componente non si vada ad saldare sul piano stesso di stampa.

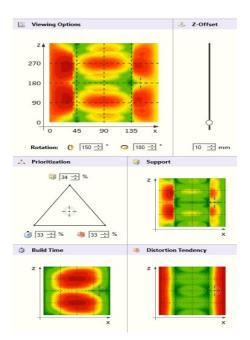


FIGURA 11.3 ESEMPIO ORENTATION MAP

Per quanto riguarda invece i quadro blocchi inferiori il primo a sinistra mostra un diagramma di importanza ciò ci dice con che percentuale i grafici dei supporti del tempo di

realizzazione e della distorsione incidono su quello totale nel nostro caso abbiamo dato la stessa importanza a tutti 3 con una percentuale del 33,3%. Per quanto riguarda invece gli altri grafici abbiamo il secondo grafico è relativo ai supporti mentre quello e nella parte bassa a sinistra si ha quello relativo al tempo di fabbricazione e l'ultimo a sinistra riguarda la tendenza alla distorsione. Dopo avere analizzato l'orientation map passiamo ad analizzare il comando create region che non fa altro che permette di andare a scegliere in quali superfici del piano vanno posti i supporti scegliendo le superfici inclinate di un determinato angolo prestabilito. La finestra che compare a schermo è mostrata nella figura 11.4

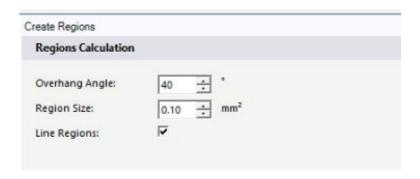
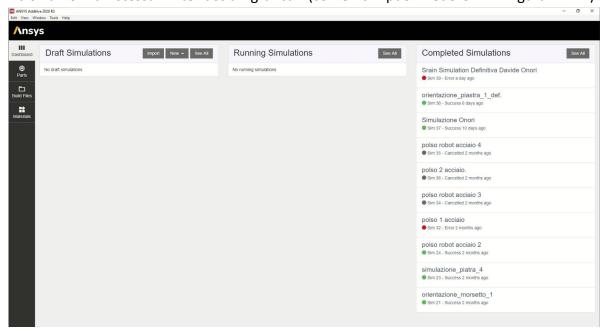


FIGURA 11 4 FINESTRA CREATE REGIONS

Inseguito si passa al comando create support che permette di andare a scegliere le varie tipologie di supporti fra quelli presenti nella libreria di ansys. Dopo avere scelto la tipologia di supporto più consono ai noi. Dopo aver creato anche i supporti tramite il comando build process si va a creare proprio il processo che verrà inserito nella macchina per la stampa. Una volta creato il processo è possibile esportarlo nelle varie stampanti o in software specifici.

3.2.4 ansys additive

Ansys additive è un programma che permette di andare a simulare il processo di stampa 3d è un programma sviluppato da terze parti e in seguito acquistato da ansys quindi non ritroviamo la stessa interfaccia grafica (come si può vedere in figura 12)



La schermata grafica anche non essendo di ansys risulta comunque essere molto intuitiva nel suo utilizzo e questo non è sempre scontato. In particolare anche qui possiamo andare a dividere la schermata in 4 colonne partendo da sinistra abiamo la barra dei strumenti che nel caso della figura 12 riporta la schermata del dashboard. Analizzando la schermata del dashboard possiamo vedere che nella prima colonna troviamo il draft simulation che permette di andare a scegliere che tipoligie di simulazioni effettuare tra quelle riportate in figura 12.1

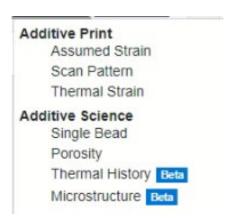


FIGURA 12.1 TIPOLOGIE DI SIMULAZIONI ANSYS ADDITIVE

Come possiamo vedere il programma ci permette di fare due diverse famiglie di simulazione la prima relativa al processo di stampa che è proprio la tipoligia che ci intessa

a noi mentra la seconda relativa alla scienza dell'additive che è relativa più al aspetto microsturtturale della stampa stessa.

Come già accentato in precedenza nel nostro caso andremmo ad utilizzare la simulazione che prende il nome si assumed strain di cui tratteremo tutti gli aspetti più importanti in seguito. Tornando all'analisi della schermata del dashboard possiamo trovare nella colonna adiacente draft simulation la colonna relativa alle simulazioni in corso che ci permette semplicemente di visualizzare le simulazioni in corso, mentre nell'ultima colonna possiamo vedere le simulazioni completate.

Passiamo ora ad analizzare tutte le varie impostazioni che sono necessarie forniere al programma per poter eseguire la simulazione di stampa che possiamo iniziare a vedere nella immagini 12.2

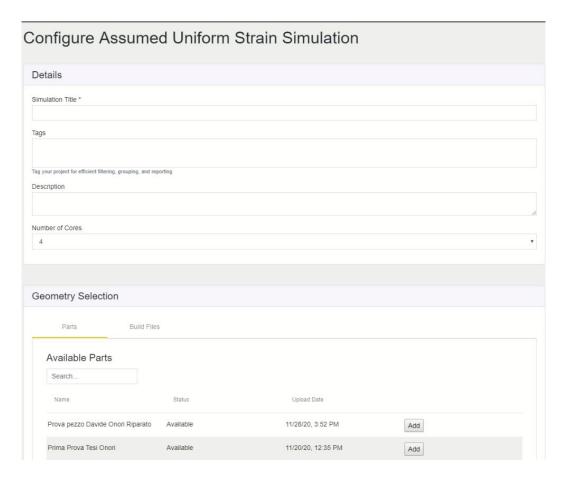


FIGURA 12.2 IMPOSTAZIONI SIMULAZIONE DI STAMPA PAGINA 1

In particolare nella prima parte della figura va inserito il titolo della simulazione, la descrizione della simulazione e i core del computer che utilizzerà il programma per andare ad effettuare la simulazione.

Nella seconda parte abbiamo invece la scelta della geometria da simulare che deve essere precedentemente carica nel programma nella sezione part che verrà spiegata più avanti.



FIGURA 12.3 IMPOSTAZIONI DI STAMPA PAGINA 2

Nella figura 12.3 sono riportate le impostazioni relative alla qualità della simulazione che andremmo a fare in particolare il voxel size indica la grandezza del più piccolo elemento di volume con cui il programma va a divire tutta la geometria mentre il voxel sample rate indica la frequenza di campionamento del voxel. Ovviamente più prendiamo un volume piccolo con alta frequenza di cambionamento più sarà precisa la simulazione ma occuperà più memoria e sarà necessario un maggior tempo.

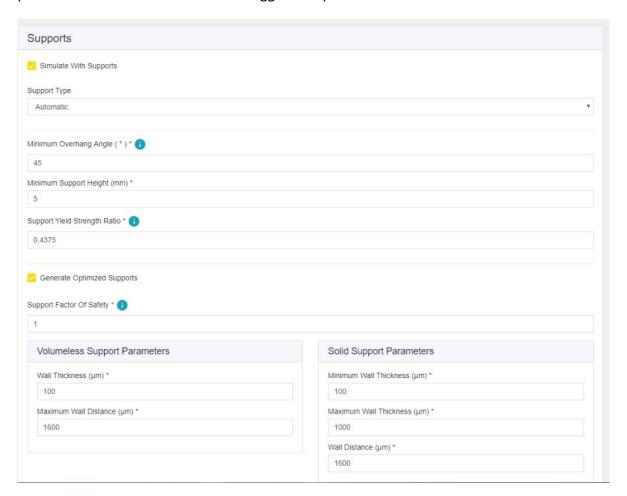


FIGURA 12.4 IMPOSTAZIONI SIMULAZIONI DI STAMPA PAGINA 3

Nella figura 12.4 sono riportate ulteriori impostazioni da effettuare prima di andare a lanciare la simulazione in particolare andremo ad analizzare le simulazioni relative ai supporti nel nostro caso avendo creato i supporti su spaiceclaim non sarà necessario impostare quasi niente in quando basterà caricare i supporti in stl esportati dall'altro

software. Però nel caso in cui non si è in possesso dei supporti il programma può generarli automaticamente.

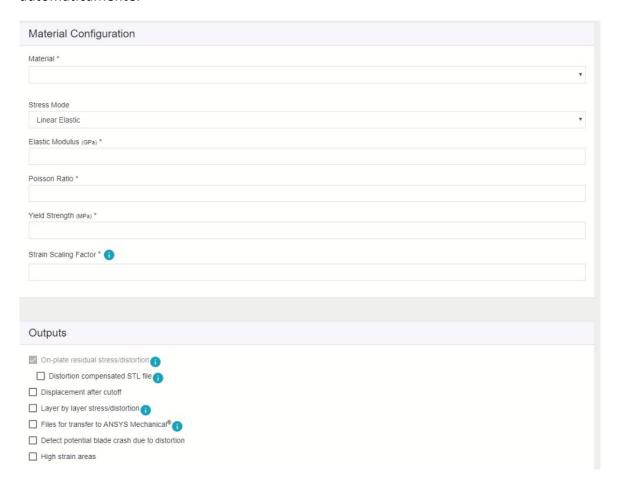


FIGURA 12.5 IMPOSTAZIONI SIMULAZIONI DI STAMPA PAGINA 4

Continuando con le impostazioni mostrate in figura 12.5 possiamo vedere le configurazioni del materiale che anche in questo caso bisogna scegliere tra quelli presenti nella libreria di ansys, dopo aver scelto il materiale bisogna scegliere come verrà considerato lo stress e nel nostro caso lo consideriamo linearmente elastico in seguito alla scelta del materiale il software inserirà automaticamente tutti i dati riportati nelle righe seguenti. Da ora in poi invece andremmo ad analizzare gli out put che ci permette di analizzare il programma.

Nel nostro caso abbiamo scelto come outputs la compensata della distorsione lo stato tensionale del componente in seguito al taglio dei supporti, lo stato tensionale layer per layer, la maggior area di tensione. Più nello specifico nella compensata della distorsione abbiamo utilizzato un fattore correttivo pari a 0,75 per andare a compensare eventuali approssimazioni fatte dal software, lo stesso fattore correttivo viene dato anche per la mappa delle tensioni in seguito al taglio dei supporti. Una volta finita le impostazioni e avviata la simulazione si aprirà la schermata in figura 12.6

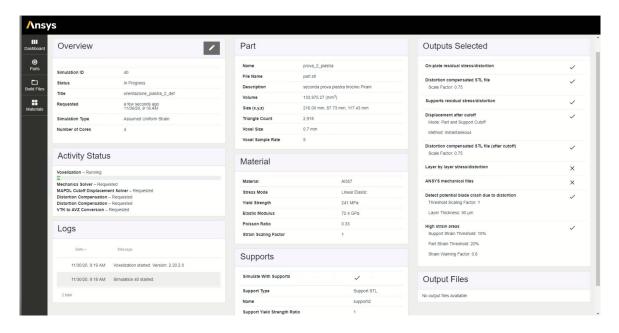


FIGURA 12.6 SCHERMATA CONTROLLO SIMULAZIONE

Per quanto riguarda il caricamento del componente si a fare nella schermata parts riportata in figura 12.7 come si può vedere la schermata è molto intuitiva basta infatti semplicemente caricare il file della geometria in formato stl.

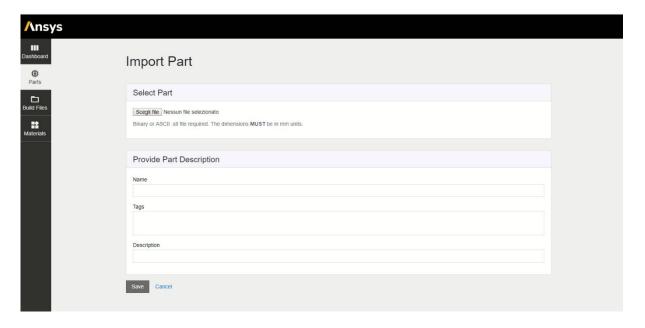


FIGURA 12.7 SCHERMATA INSERIMENTO NUOVA PARTE

In alcuni frangenti il programma presenta delle imperfezioni grafiche dovute al fatto delle poche realise rilasciate. A causa di queste sua incompletezza è stato necessario andare a utilizzare un altro programma per andare ad analizzare le simulazioni di stampa.

3.3 Paraview

Come detto in precedenza il software ansys additive è molto valido per andare a simulare la stampa 3d ma in quando alla visualizzazione dei risultati risulta essere un po' scarso quindi si è pensato di utilizzare il software paraview per andare a visualizzare i risultati.

In figura 12.8 viene riportata la schermata di avvio del software. Dove la parte principale da analizzare è il browser. Nel browser vengo inserite tutte i file esportati da ansys additive che possono essere semplicemente selezionati dalle varie cartelle e trascinati sul browser stesso. Una volta caricati tutti i file da visualizzare è possibile andare a visualizzarli singolarmente oppure anche a sovrapporli per effettuare delle comparative per esempio nel nostro caso questa funzione è stata utile per vedere sovrapposta la geometria originale con la compensata della deformazione.

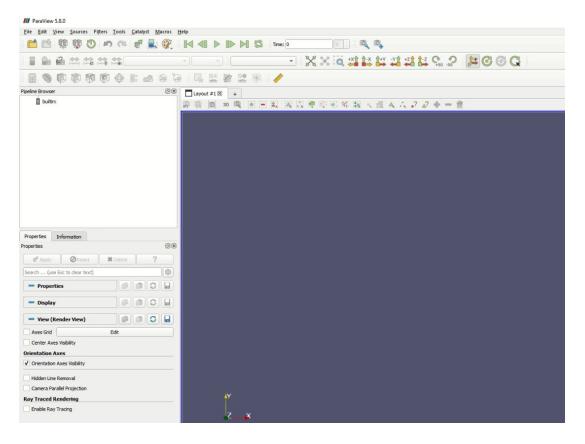
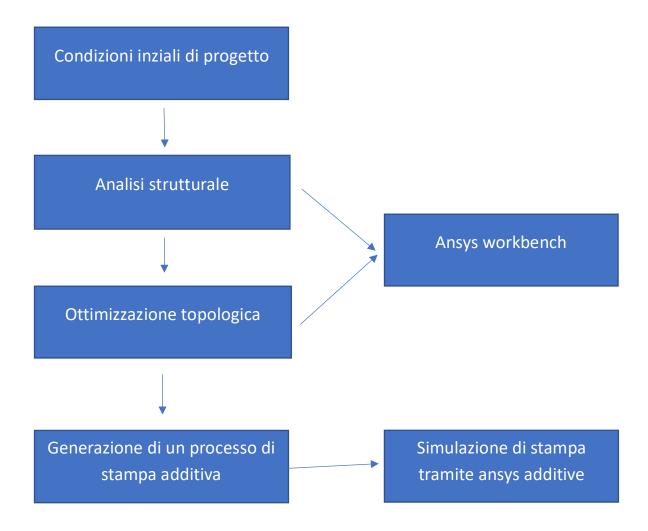


FIGURA 12.8 SCHERMATA AVVIO PARAVIEW

4 Approccio



Quello riportato precedentemente è uno schema che rappresenta bene il metodo con cui è stato portato avanti il progetto. In particolare, possiamo vedere che come prima cosa ci siamo occupati di andare a verificare quali fossero le condizioni di partenza della geometria, come seconda cosa siamo andati ad effettuare un'analisi statica della geometria considerando i vari carichi ricavati dalle condizioni inziali. Dopo di questo siamo andati ad effettuare anche una analisi topologica del componente. Entrambe le simulazioni sono stato effettuate con l'utilizzo di ansys workbench che abbiamo analizzato. Inseguito a queste due prime analisi siamo andati a generare un processo di stampa additiva, questo processo è stato realizzato con ansys spaceclain e in seguito è stato simulato con ansys additive si cui si trovano le rispettive descrizioni sempre nel capitolo precedente. Dopo questa breve introduzione nel prossimo capitolo andremmo a trattare il caso studio di questa trattazione.

5 Caso studio

In questo capitolo andremmo ad illustrare tutti i vari step che sono stati necessari per ottenere la geometria di stampa finale.

5.1 condizioni iniziali

Come prima cosa abbiamo iniziato ad analizzare i vari dati che sono stati forniti dall'azienda relativi ai carichi a cui doveva resistere il componente che dovevo riprogettare.

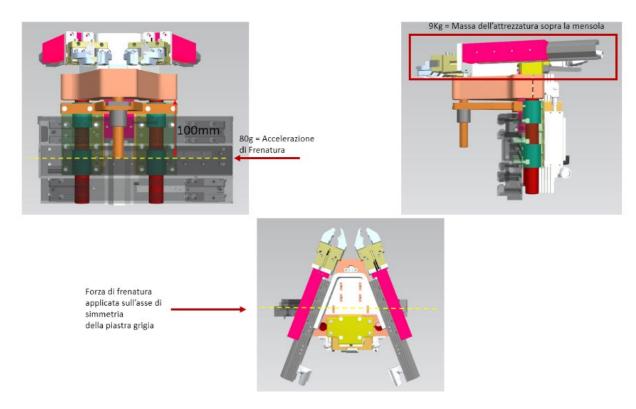


FIGURA 13 CONDIZIONI DI PARTENZA

come possiamo vedere in figura 13 il componente che dovrà essere analizzato è la piastra colorata in un color rosato che successivamente verrà mostrata meglio, questa immagine però risulta fondamentale per andare a ricavare le varie forze in gioco. In particolare, abbiamo una forza data dal peso dei componenti al disopra della piastra che vale 98N e abbiamo una forza dovuta dalla frenatura a cui è sottoposta la piastra inferiore e di conseguenza anche quella superiore (come si può notare dalla prima figura a sinistra) questa forza l'andremo ad analizzare sottoforma di una decelerazione pari a 80g.

una volta fatte queste prima considerazioni siamo passati ad realizzare per poi analizzare le mappe di tensioni e deformazioni.

5.2 modello di partenza

La prima cosa che abbiamo fatto per andare a conoscere lo stato tensionale e di deformazione della piastra è stata quella di andare ad eseguire un'analisi statica della stessa tramite in software ansys workbench.

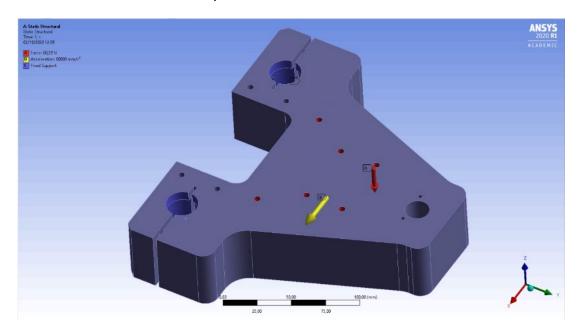


FIGURA 14 SCHEMA CONDIZIONI DI PARTENZA PER ANALISI STRUTTURALE

la figura 14 riporta il setup che abbiamo eseguito per andare a realizzare l'analisi statica e in particolare oltre ai carichi già analizzati in precedenza si possono vedere anche le varie superfici che sono state considerate bloccate in base all'effettivo funzionamento del componente. Una volta eseguita la mesh della superficie e avviata l'analisi statica i risultati ottenuti sono stati i seguenti:

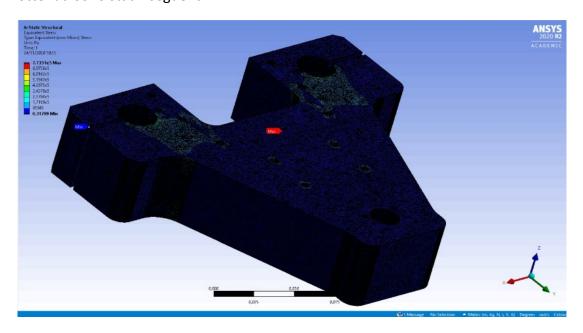


FIGURA 15 STATO TENSIONALE COMPONENTE INIZIALE

la figura 15 mostra lo stato tensionale della piastra calcolato secondo von misses. Da una prima analisi della mappa si capisce che la piastra ha un ampio margine di alleggerimento perché le forze in gioco sono veramente piccole rispetto alla grandezza della piastra. Una volta analizzate le tensioni siamo passati ad analizzare le deformazioni che subisce la piastra che sono riportate nella figura 16.

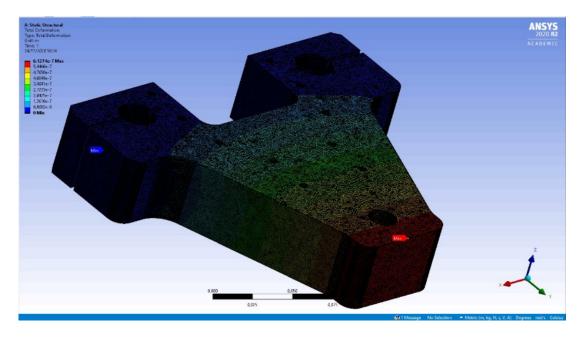


FIGURA 16 DEFORMAZIONE COMPONENTE INIZIALE

È possibile evincere dalla figura 16 che anche qui le deformazioni in gioco sono molto contenute e la mensola può essere equiparata ad una trave incastrata soggetta ad un carico distribuito. Dopo aver analizzato anche questa mappa delle deformazioni siamo passati ad effettuare una analisi topologica i cui risultati sono riportati nella figura 16.

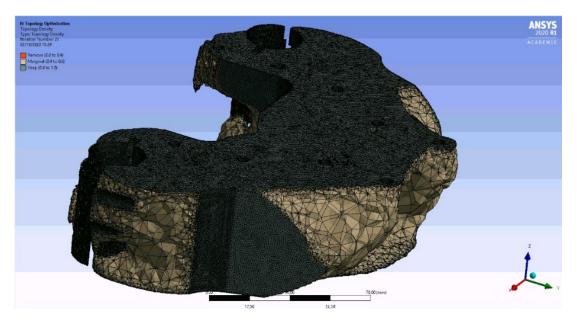


FIGURA 17 RISULTATO OTTIMIZZAZIONE TOPOLOGICA

In figura 17 viene mostrato il risultato dell'analisi topologica fatta dal software e ci mostra dove è possibile andare a togliere materiale senza andare a compromette le prestazioni del componente. La simulazione è stata eseguita con una riduzione di massa fino al 50% che però non risulta ancora sufficiente per gli scopi. In seguito a questa analisi topologica sono andato ad alleggerire la piastra tramite solid edge per poi andare a ritestarla.

5.3 primo modello

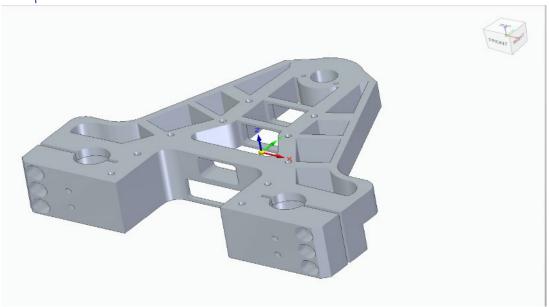


FIGURA 18 GEOMETRIA PRIMO MODELLO IN SOLID EDGE

Il primo modello del componente (figura 18) è stato ottimizzando seguendo in parte l'analisi topologia e cercando di fare una struttura intelaiata. Però questa geometria in seguito a delle riflessioni dovute al fatto che si ha una differenza di spessori troppo elevati mi ci ha portato a scartala.

Il fatto di avere una differenza di spessore molto elevata porta ad avere delle differenze di temperature all'interno del pezzo e questo porta ad un differente modo di raffreddarsi del pezzo che potrebbe introdurre crepe nel materiale oltre a delle deformazioni.

Però per puro scopo didattico si è andato ugualmente ad eseguire un'analisi statica che ha portato ai risultati qui sotto riportati.

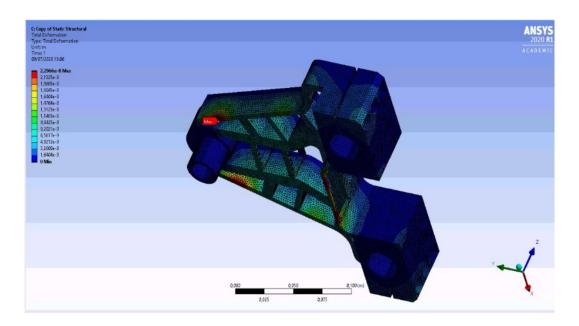


FIGURA 19 DEFORMAZIONE PRIMO MODELLO

in particolare è possibile notare la mappa delle deformazioni (figura 19) che tutto sommato sono anche contenute e questo fa sì che l'alleggerimento fatto sia in parte anche corretto perché non va ad indebolire il componente. Quindi questa soluzione potrebbe essere ritenuta valida nel caso si utilizzi un'altra tipologia di tecnica costruttiva quale ad esempio la realizzazione del componente mediante asportazione di truciolo.

Un altro problema nato in seguito a questo step è stato il fatto che l'azienda ha cambiato il disegno del componente in quanto si sono resi conto che il terzo supporto risulta superfluo e perciò è stato rimosso. In seguito a queste considerazioni si è cambiato l'ideologia del modo di ottimizzare il componente e si è passati allo step successivo.

5.4 Secondo modello

In questo secondo modello si è ottenuta una geometria che viene riportata nella figura 20

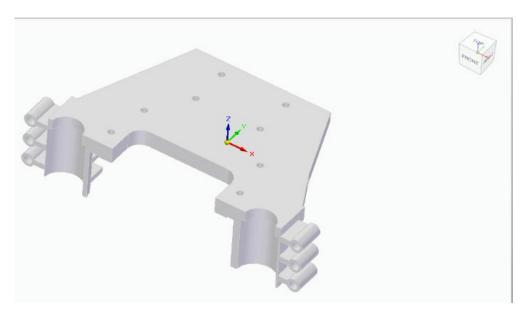


FIGURA 20 GEOMETRIA SECONDO MODELLO IN SOLID EDGE

Su questa geometria sono possibili fare diversi ragionamenti, la cosa più evidente è la separazione dei morsetti posteriori, questa modifica è dettata dal fatto che i morsetti originali risultassero problematici in caso di stampa perché avendo un incasso si poteva poi rischiare di creare dei punti di innesco di cricche e quindi di rottura della parte. Per evitare questo abbiamo deciso di andare a separare i morsetti in due parti in modo che oltre a risolvere il problema sopra detto si andavano anche a ridurre i possibili problemi di deformazione del materiale. Una altra considerazione da fare può essere legata alla forma della frontale della componente che è stata resa in più sottile possibile ma mantenendo la parte alta liscia senza scassi. Dopo aver finito di modellare la geometria andando ad aggiungere raccordi per far sì di avere minori spigoli vivi possibili, perché ogni spigolo è concentrazione di tensione e quindi vanno evitati, siamo andati a simulare la geometria nuovamente. I risultati ottenuti sono stati i seguenti:

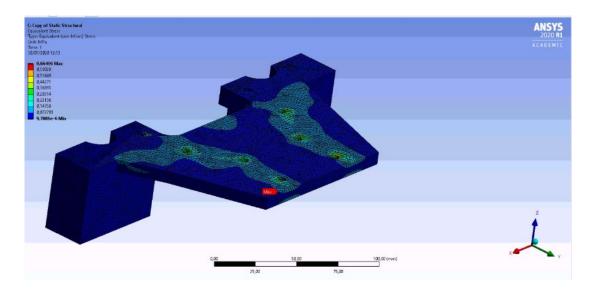


FIGURA 21 TENSIONI SECONDO MODELLO

Dalla figura 21 possiamo vedere che abbiamo uno stato tensionale veramente irrisorio perché parliamo di circa 0,6MPa. (la figura non riporta la lavorazione dei morsetti posteriori perché sono state eseguite in un secondo momento .

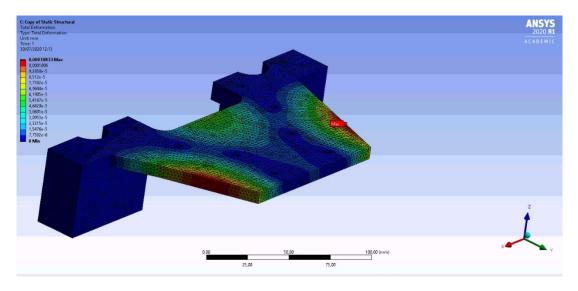


FIGURA 22 DEFORMAZIONI SECONDO MODELLO

per quando riguarda la deformazione abbiamo una deformazione massima di $1x10^{-3}$ mm come viene riportato in figura 22.

dopo avere analizzato anche questi due mappe abbiamo deciso di andare ad effettuare anche un ulteriore analisi topologica per vedere dove fosse possibile andare a rimuovere ulteriore materiale.

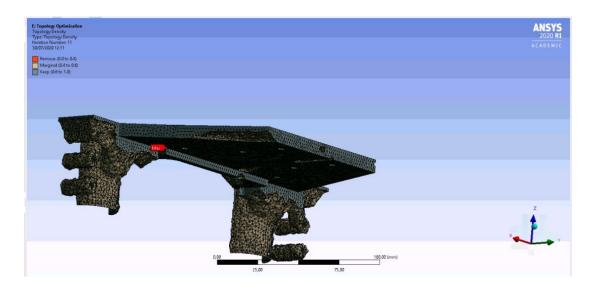


FIGURA 23 RISULTATO ANALISI TOPOLOGICA SECONDO MODELLO

l'analisi topologica ha dato il seguente mostrato risultato figura 23 che è in linea con le nostre intuizioni inseguito a questa ottimizzazione ne abbiamo fatta un ulteriore con la geometria finale.

5.5 terzo modello

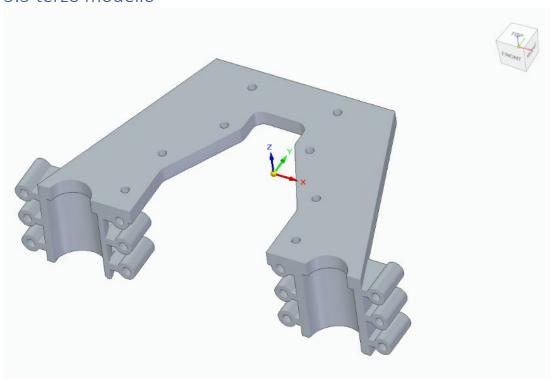


FIGURA 24 GEOMETRIA TERZO MODELLO IN SOLID EDGE

Il terzo modello rappresenta lo step finale di sviluppo della geometria del componente mostrato in figura 24 dove siamo andati ad ottenere la seguente geometria che si differenzia dalla precedente per un ulteriore alleggerimento della parte frontale il peso complessivo di 0,350g.

lo stato tensionale e le deformazioni sono stati riportati nelle figure 25 e 26 ma sono praticamente identiche a quelle precedenti quindi non verranno nuovamente discusse.

Verrà invece trattato lo studio del morsetto che fa parte di questo step evolutivo del componente

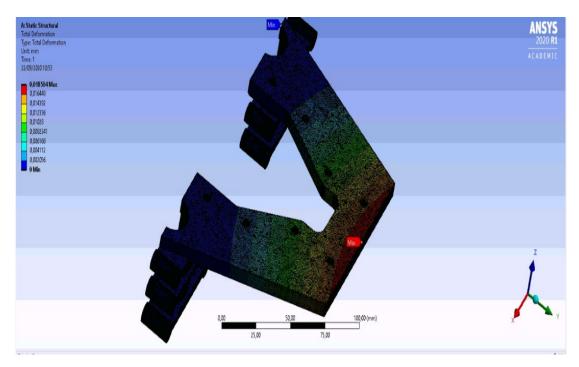


FIGURA 25 DEFORMAZIONE TERZO MODELLO

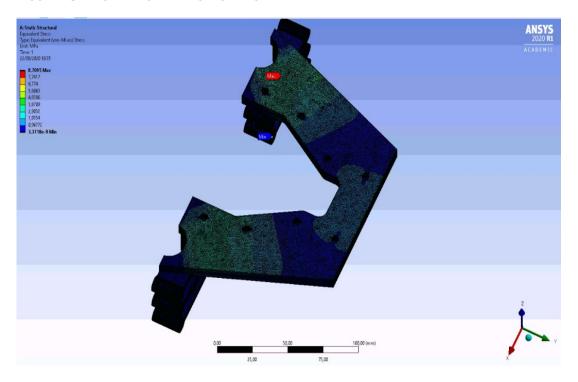


FIGURA 26 TENSIONE TERZO MODELLO

5.6 morsetto

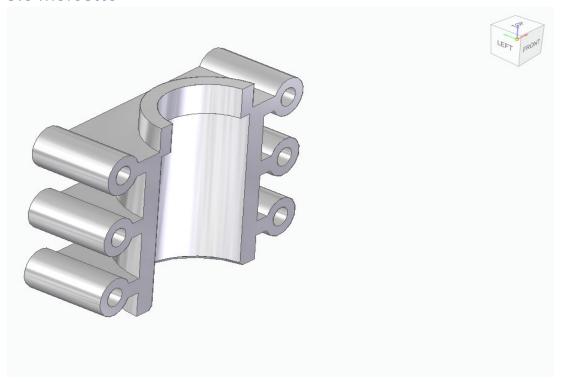


FIGURA 27 GEOMETRIA MORSETTO IN SOLID EDGE

la geometria finale del morsetto è riportata in figura 27 e non siamo andati a verificarla strutturalmente perché non è soggetta a forze particolari se non la pressione della vite che tira sulla piastra che abbiamo considerato ininfluente.

Dopo queste brevi considerazioni è possibile andare ad analizzare le varie configurazioni di stampa che siamo andati ad analizzare per poi capire quale fosse la configurazione da utilizzare.

6 Progetto di stampa

In questo capitolo andremmo ad analizzare le varie orientazioni della geometria al fine di avere il giusto compromesso tra la velocità di stampa la mappa delle temperature e le deformazioni. Dopo aver analizzato le vari configurazioni andremmo ad analizzare anche delle simulazioni di stampa per vedere effettivamente come si comporta il materiale e se i vari supporti utilizzati portino ad una deformazione eccessiva. Inoltre, per le varie configurazioni di stampa abbiamo ridotto i fori a un diametro di 4 mm per evitare possibili problemi di stampaggio e abbiamo anche considerato del sovrametallo in corrispondenza delle superfici che subiranno delle deformazioni e nelle superfici funzionale che necessitano di una particolare tolleranza geometrica e dimensionale. Nelle simulazioni di stampa che abbiamo fatto, abbiamo preso l'alluminio come materiale di stampa anche se attualmente sia nell'università che nel l'azienda che ci supporta in questo progetto non dispongono di una stampante in grado di utilizzare l'alluminio nel processo di stampa.

Lo studio e le simulazioni di stampa sono stati fatti comunque con una lega leggera per andare ad estremizzare la leggerezza del componente vedendo fino a quanto materiale era possibile risparmiare.

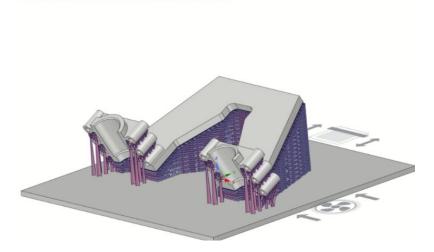
Come già detto in precedenza le simulazioni saranno effettuate con ansys additive con lo scopo di ottenere come risultato le mappe delle deformazioni del componente dopo il taglio dei supporti che avviene tramite un particolare processo, infatti a differenza di una stampante per plastica nel nostro caso abbiamo una saldatura dei supporti al piano di lavoro e tra i supporti e il componente.

Per andare a distaccare il componente è necessario tagliare i supporti tramite un elettroerosione a filo che comporterà uno stato tensionale e deformato sul componente che ci interessa analizzare, oltre a ciò andiamo anche a ricavare dalle simulazioni la compensata della deformazione in seguito alla stampa che verrà trattata nello specifico più avanti.

6.1 prima configurazione di stampa



FIGURA 28 VISTA 1 SUPPORTI DI STAMPA



Viewing Options

\$\frac{2}{270}\$
\$\frac{1}{180}\$
\$\frac{1}{45}\$
\$\frac{1}{90}\$
\$\frac{1}{35}\$
\$\

FIGURA 29 ORIENTATION MAP PRIMA SIMULAZIONE

FIGURA 30 VISTA 2 SUPPORTI DI STAMPA

nella prima configurazione di stampa siamo andati ad utilizzare due tipologie di supporti e abbiamo utilizzato dei supporti a superficie per la parte piana della piastra per cercare di avere una distribuzione di temperatura il più omogenea possibile al fine di avere una superfici planare, mentre siamo andati ad utilizzare dei supporti ad albero nella parte posteriore relativa ai due morsetti al fine di andare a ridurre il materiale da rimuovere in un secondo momento oltre ad avere una differente dispersione termica.

Nella figura 29 è possibile vedere l'orientation map che indica il punto esatto che corrisponde alla posizione riportata nelle figure 30 e 28 in funzione di tre parametri che sono: generazione dei supporti, tempo di costruzione e tendenza alla distorsione. In questo caso tutti è 3 i parametri sono stati presi con la stessa importanza, infatti, il punto corrisponde al centro del triangolo di priorità.

6.2 Analisi prima configurazione di stampa

Per verificare se la prima configurazione di stampa era soddisfacente siamo andati a simularla andando ad analizzare le deformazioni che si avevano in seguito al distaccamento dei supporti dalla superficie. La conoscenza dei vari deformazioni infatti ci permetterà di sapere le zone in cui sarà necessario andare a mettere del sovrametallo che verrà poi rimosso in seguito permettendoci di avere un componente che rispetti le tolleranze di partenza.

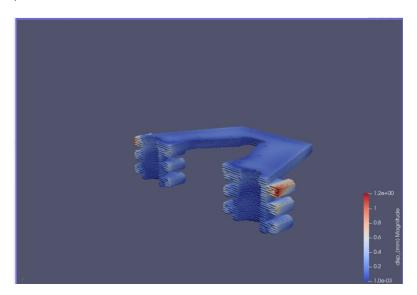


FIGURA 51 VISTA 1 DEFORMAZIONE PRIMA SIMULAZIONE

Nelle figure 31 e 32 si possono vedere la mappa delle deformazioni in seguito al taglio dei supporti e si può vedere che le deformazioni maggiori sono in corrispondenza dei due fori in alto dove vanno collegati i morsetti.

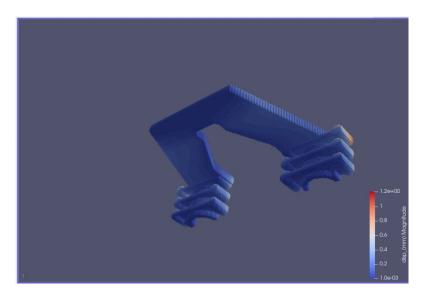


FIGURA 32 VISTA 2 DEFORMAZIONE PRIMA SIMULAZIONE

In particolar modo la deformazione risulta essere di circa 1,2mm che è un valore troppo elevato, per questo si è deciso di cambiare orientazione del componente. Questa soluzione non è l'unica perseguibile, infatti, si poteva anche cambiare la tipologia di supporti, abbiamo preferito cambiare orientazione perché essendo un progetto didattico era interessante studiare diverse tipologie di orientazione.

6.3 seconda configurazione di stampa

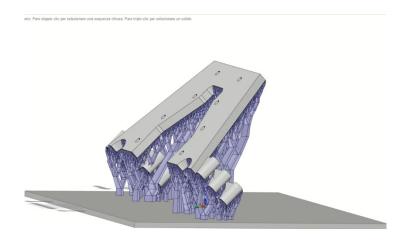


FIGURA 33 VISTA 1 SUPPORTI SECONDA SIMULAZIONE



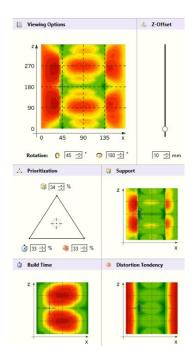


FIGURA 35 ORIENTATION MAP SECONDA SIMULAZIONE

FIGURA 34 VISTA 2 SUPPORTI SECONDA SIMULAZIONE

Questa riportata è la seconda configurazione di stampa che siamo andati ad analizzare scegliendo un altro punto sull' orientation map,(figura 35) in questo caso abbiamo deciso di mettere il componente nella posizione opposta rispetto a come era messo in precedenza. (figura 33 e 34) A differenza della configurazione precedente abbiamo deciso di utilizzare solo supporti ad albero per far in modo di avere una minor quantità di materiale di supporto a contatto con la superficie del componente riducendo così il calore trasmesso dai supporti al componente. In questa configurazione come nella precedente sono rimasti sempre uguali la tipologia dei supporti della parte posteriore dei morsetti. Questa orientazione ha portato a una minor deformazione del componente come si potrà vedere nel paragrafo successivo.

6.4 Analisi seconda orientazione di stampa

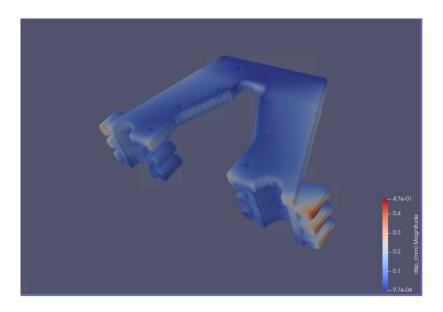


FIGURA 36 VISTA 1 DEFORMAZIONE SECONDA SIMULAZIONE

La seconda orientazione di stampa ha portato ad una deformazione minore del componente, infatti, come possiamo osservare dalle figure 36 e 37 la deformazione è pari a circa 0,4 mm che è un valore accettabile in quanto con l'aggiunta di un sovrametallo è possibile andare a compensare tale deformazione.

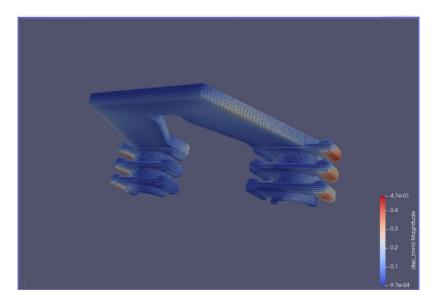


FIGURA 37 VISTA 2 DEFORMAZIONE SECONDA SIMULAZIONE

Quindi possiamo concludere che la seconda orientazione è da preferire alla prima e che per questa tipologia di geometria i supporti ad albero sono più efficaci di quelli a superficie perché garantiscono una deformazione accettabile pari ad un valore compreso tra 0,001 e 0,1 mm che come detto risulta accettabile in relazione alle tolleranze che deve rispettare il componente e al suo campo di impiego

6.5 Orientazione stampa morsetto

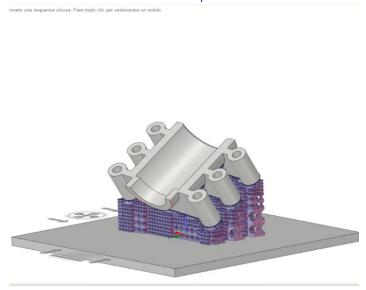


FIGURA 38 VISTA 1 SUPPORTI DI STAMPA MORSETTO

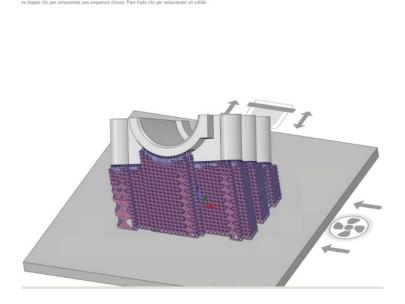


FIGURA 40 ORIENTATION MAP MORSETTO

Rotation: () 126 ± " 🔘 10 ± "

33 ÷ %

₫ 33 🛨 %

👃 Z-Offset

FIGURA 39 VISTA 2 SUPPORTI DI STAMPA MORSETTO

Per il morsetto non essendo il componente principale dello studio abbiamo deciso di andare ad effettuare una sola orientazione di stampa andando come da prasi a prendere un punto sull'orientation map (figura 40) per poi andare a simulare il processo di stampa come già fatto per la piastra. Come si può vedere dalle figure 38 e 39 abbiamo scelto un supporto a superficie perché in questo caso il componente essendo molto piccolo e quindi con meno materiale necessario alla stampa si ha meno il problema della deformazione del componete stesso, oltre al fatto che non avendo particolari tolleranze da rispettare.

6.6 Analisi orientazione stampa morsetto

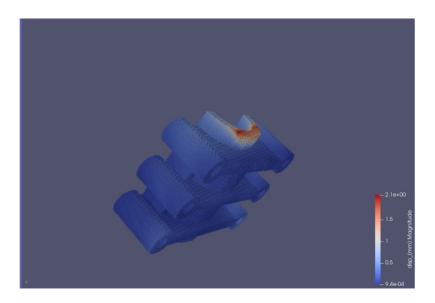


FIGURA 41 VISTA 1 DEFORMAZIONE MORSETTO

Con la precedente orientazione la deformazione massima è pari a 2,1mm ma a differenza dello studio della piastra qui la superficie non è soggetta ad alcun accoppiamento, quindi, non è una superficie funzionale e per ciò si è deciso di considerare accettabile tale risultato. Ovviamente però verrà applicato un sovrametallo per non aver ovviamente il pezzo finito deformato.

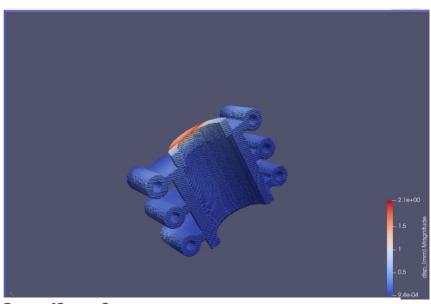


FIGURA 42 VISTA 2 DEFORMAZIONE MORSETTO

6.7 analisi compensata della deformazione

In questa parte della relazione andiamo ad analizzare la compensata della deformazione che inizialmente non era possibile ottenere tramite ansys additive per un errore del programma ma con l'ultima realse è stata possibile valutarla. In figura 43 è riportata la compensata della deformazione della prima configurazione di stampa sovrapposta alla geometria iniziale del componente come si può vedere abbiamo un incurvamento verso il basso della piastra schematizzata in figura con la freccia arancione e un conseguente diminuzione della larghezza della piastra lungo la freccia rossa riportata sempre in figura. Le stesse deformazioni le ritroviamo anche nella compensata della seconda simulazione si stampa in quanto le deformazioni in entrambe i casi erano presenti.

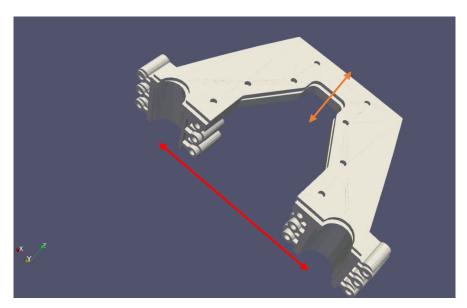


FIGURA 43 COMPENSATA DEFORMAZIONE PRIMA ORIENTAZIONE DI STAMPA

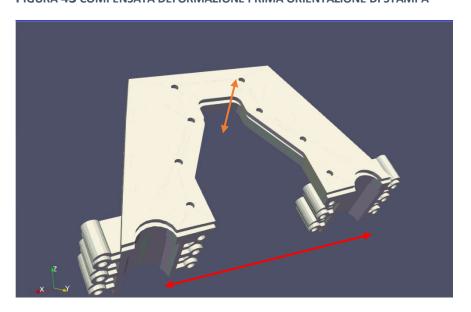
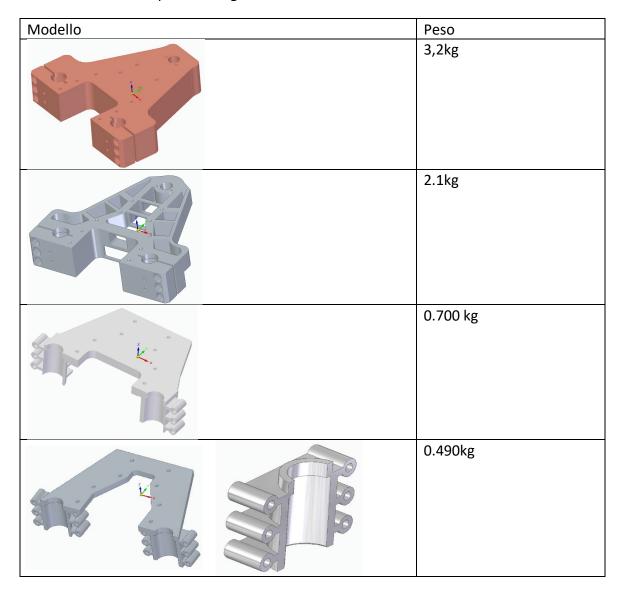


FIGURA 44 COMPENSATA DEFORMAZIONE SECONDA ORIENTAZIONE DI STAMPA

7. Conclusioni e sviluppi futuri.

In conclusione ci possiamo ritenere soddisfatti del operato svolto durante questo studio perché si è riusciti ad ottenere una geometria consona alle aspettative del azienda. Dato che lo scopo principale dello studio era andare a ridurre la massa della piastra pur mantenendo le proprietà meccaniche richieste oltre che entrare nel mondo della stampa additiva che è un settore fortemente in sviluppo in questo periodo.

Volendo far capire ancora meglio la valida del lavoro svolto fino a qui in figura 45 è riportata una tabella con i vari pesi dei singoli modelli.



Ovviamente ci sono stati differenti problemi durante le varie fasi del progetto alcune dovute a dei software poco sviluppate che però grazie ad dei aggiornamenti siamo riusciti a risolvere altri dati dalle poche informazioni relative al componente che però grazie all'aiuto del azienda abbiamo risolto. Un esempio di questi problemi li possiamo ritrovare

nelle varie problematiche dovute alla differenza di sezioni che presentava inizialmente il componente o nel fatto che in fase di ottimizzazione abbiamo cambiato la geometria di partenza su consiglio dell'azienda stessa. Quindi questo ci mostra la fiducia che abbiamo ottenuto fin da subito da parte dell'azienda. Perché durante tutto la fase di studio del modello l'azienda ci ha voluto seguire step by step per avere un continuo aggiornamento del componente ma allo stesso tempo per capire se magari intraprendendo lo stessa ottimizzazione con diverse considerazioni si potesse raggiungere un miglior risultato.

Sarebbe interessante come ulteriore studio a seguito di questo andare ad eseguire la modellazione della geometria in seguito all'analisi topologica con un software differente da solid edge per vedere anche come cambiando programma e quindi algoritmo di calcolo possa variare il risultato finale e magari realizzare entrambi i componenti e paragonarne il comportamento meccanico.

Un'altra considerazione interessante è anche quella relativa al materiale utilizzato in quanto nel nostro caso studio abbiamo ipotizzato una generica lega di alluminio ma può essere interessante anche andare ad ottimizzare la geometria per lo stampaggio con un acciaio inossidabile ad esempio.

8. Riferimenti

8.1 sitografia

https://www.replicatore.it/technologies/inkjet-polvere-e-binder/

https://www.primaadditive.com/it/il-processo-powder-bed-fusion/

https://www.3dnatives.com/en/directed-energy-deposition-ded-3d-printing-guide-100920194/#!

https://www.tav-vacuumfurnaces.com/blog/40/it/metal-injection-molding-binder-jetting-1#:~:text=Come%20funziona%20il%20binder%20jetting,si%20forma%20l'oggetto%20finale.

https://abaqus-docs.mit.edu/2017/English/SIMACAECAERefMap/simacae-m-PrtConcepts-sb.htm

https://www.italia3dprint.it/cose-una-mesh/

http://www.ingmecc.uniroma1.it/attachments/2432 OttimizzazioneTopologica.pdf

https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6888502/#:~:text=The%20density%20based%20topology%20optimization,solve%20material%20distribution%20optimization%20problems.&text=The%20choice%20of%20the%20initial,in%20the%20final%20topologies%20obtained.

https://solidthinking.com/help/Inspire/2017.3/win/en_us/lattice.htm#:~:text=Optimization%20%3E%20Optimization%20Types%20%3E-

https://link.springer.com/article/10.1007/s00158-010-0485-y#:~:text=Introduction,structural%20boundary%20(Allaire%20et%20al

8.2 bibliografia

Dispense Prof Forcellesi.

Dispense Prof Spigarelli.

9. Ringraziamenti

Come prima cosa vorrei ringraziare l'azienda Loccioni che mi ha permesso di effettuare il tirocinio presso la loro azienda e vorrei anche ringraziare Ing. Ricavi per avermi seguito e assistito durante tutto il progetto.

Poi vorrei ringraziare il prof Germani Michele attraverso il quale mi sono potuto interfacciare con l'azienda e in seguito un grande ringraziamento va al prof Cicconi Paolo che è stato fondamentale per riuscire a portare a termine tutta l'attività di tirocinio.

Un altro ringraziamento speciale va a tutte quelle persone che mi hanno sostenuto in questo percorso di studi in particolare la mia famiglia tutti i miei amici di una vita e in particolare a due miei amici con cui a frequentato il corso il Dott. Morgoni Alessio e il Dott. Monachesi Alessandro che sono stati fondamentali per non perdere mai di vista l'obbiettivo fondamentale di questo complicato percorso di studio.