Università degli Studi di Padova

Dipartimento di Ingegneria Industriale

Relazione finale triennale

Verifiche strutturali di componenti di un riduttore ad assi paralleli

Tutor Universitario: Prof. Giovanni Meneghetti

Laureando: Jacopo Poles

Padova, 18/09/2025

Introduzione

Lo scopo dell'elaborato è completare la progettazione degli alberi del riduttore iniziato durante il corso di costruzione di macchine 1.

Partendo dai dati di progetto assegnati e dai risultati ottenuti dal precedente dimensionamento dell'albero intermedio, si procede con la progettazione dell'albero di ingresso e dell'albero d'uscita.

Per confermare la correttezza e l'affidabilità del dimensionamento si eseguono, per ogni albero, le verifiche strutturali; quindi, le verifiche statiche, le verifiche a fatica e le verifiche di deformabilità.

Successivamente si progetta qualitativamente la cassa contenitiva, senza entrare nel dettaglio delle normative di riferimento.

Infine, si esegue un'analisi statica con il metodo degli elementi finiti con la funzione «simulation» di SolidWorks da cui si ricavano i valori di flessione dell'asse e gli angoli di torsione che confrontati con i valori ottenuti dall'analisi di deformazione con metodo analitico forniscono un'ulteriore garanzia di affidabilità.

Progettazione albero d'ingresso

La progettazione consiste nel calcolo delle azioni interne, la scelta del materiale, il pre-dimensionamento dell'albero, la scelta dei cuscinetti e della linguetta.

Con il calcolo delle azioni interne dell'albero d'ingresso a partire dai dati di progetto ricaviamo la forza $F_1 = 6340\ N$ e le reazioni vincolari $R_{1_{dx}} = 3170\ N$ e $R_{1_{sx}} = 3170\ N$.

Come materiale si conferma il C40 bonificato, scelto in precedenza per l'albero intermedio.

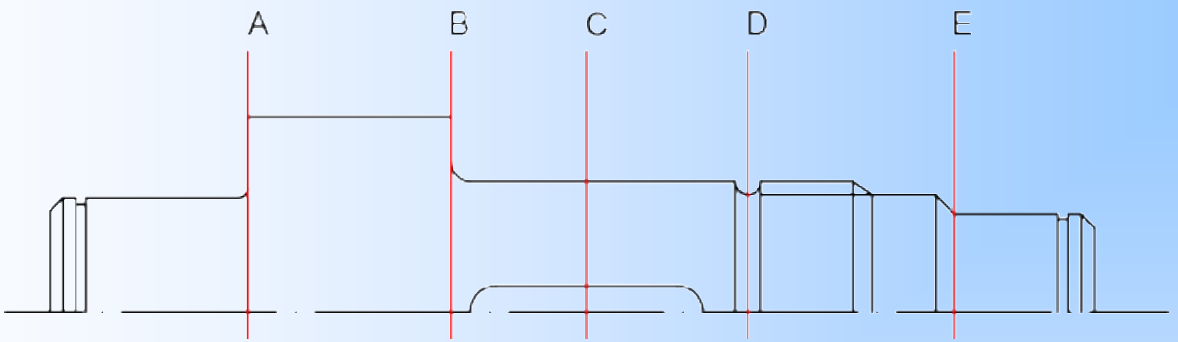
Ipotizzando per l'albero d'ingresso una forma tozza, e procedendo con i calcoli si ottiene un diametro $d_1 = 40\ mm$.

I cuscinetti vengono selezioni in base alla capacità di carico dal catalogo SKF, è importante considerare il carico a cui sono sottoposti (entità e direzione), partendo dalle reazioni vincolari e dalla tipologia si ricava il carico richiesto ed è quindi possibile andare a selezionare da catalogo il cuscinetto. Per il cuscinetto di destra si opta per un rulli senza orletti SKF NU 206 ECP ($C = 44{,}0\ kN$), mentre per quello di sinistra si opta per un cuscinetto a sfere SKF 6407 ($C = 55{,}3\ kN$).

La linguetta è di tipologia B (bxhxl) i cui valori geometrici principali sono 12x8x36.

Gli ulteriori accessori (ghiera, rosetta, anello distanziale, anelli elastici) sono scelti sulla base del diametro corrispondente dell'albero.

Verifiche strutturali dell'albero d'ingresso



Verifiche statiche:

sezione	A-A	B-B	C-C	D-D	E-E
υ_s	6,64	8,86	7,90	15,17	43,90

Verifiche a fatica:

sezione	A-A	B-B	C-C	D-D	E-E
υ_f	25,03	12,17	7,14	7,51	26,03

Verifiche di deformabilità:

$f_1 = 0{,}0105\ mm\ < 0{,}127\ mm$;

$\varphi_{1_{dx}} = -0{,}000242\ rad < -0{,}00873\ rad$; $\varphi_{1_{sx}} = 0{,}000242\ rad < 0{,}00291\ rad$

Progettazione albero d'uscita

La progettazione consiste nel calcolo delle azioni interne, la scelta del materiale, il pre-dimensionamento dell'albero, la scelta dei cuscinetti e della linguetta.

Con il calcolo delle azioni interne dell'albero d'ingresso a partire dai dati di progetto ricaviamo la forza $F_2 = 17878\ N$ e le reazioni vincolari $R_{2_{dx}} = 8939\ N$ e $R_{2_{sx}} = 8939\ N$.

Come materiale si conferma il C40 bonificato, scelto in precedenza per l'albero intermedio e per l'albero d'ingresso.

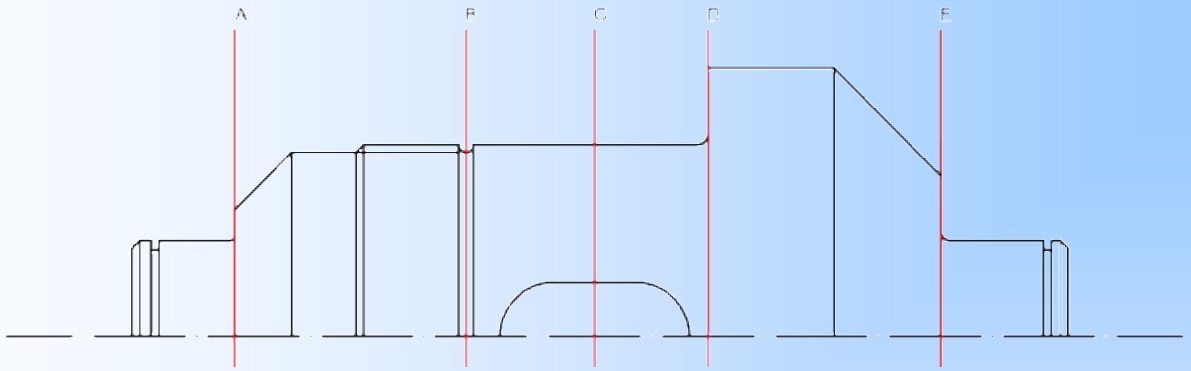
Ipotizzando per l'albero d'uscita una forma tozza, e procedendo con i calcoli si ottiene un diametro $d_2 = 100\ mm$.

I cuscinetti vengono selezioni in base alla capacità di carico dal catalogo SKF, è importante considerare il carico a cui sono sottoposti (entità e direzione), partendo dalle reazioni vincolari e dalla tipologia si ricava il carico richiesto ed è quindi possibile andare a selezionare da catalogo il cuscinetto. Per il cuscinetto di sinistra si opta per un rulli senza orletti SKF NU 210 ECP ($C = 65{,}0\ kN$), mentre per quello di destra si opta per un cuscinetto a sfere SKF 6310 ($C = 74{,}1\ kN$).

La linguetta è di tipologia B (bxhxl) i cui valori geometrici principali sono 28x16x50.

Gli ulteriori accessori (ghiera, rosetta, anello distanziale, anelli elastici) sono scelti sulla base del diametro corrispondente dell'albero.

Verifiche strutturali dell'albero d'uscita



Verifiche statiche:

sezione	A-A	B-B	C-C	D-D	E-E
υ_s	6,64	8,86	7,90	15,17	43,90

Verifiche a fatiche:

sezione	A-A	B-B	C-C	D-D	E-E
υ_s	6,64	8,86	7,90	15,17	43,90

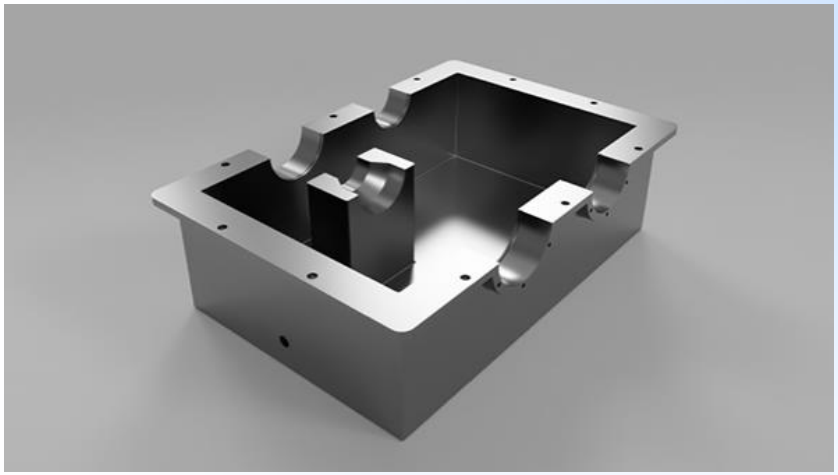
Verifiche di deformabilità:

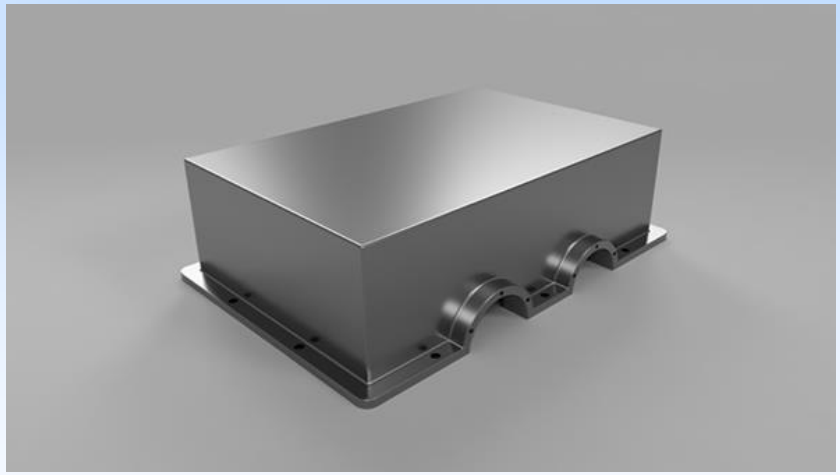
$f_2 = 0{,}0032\ mm < 0{,}127\ mm$;

$\varphi_{2_{dx}} = -0{,}0000607\ rad < -0{,}00291\ rad$; $\varphi_{2_{sx}} = 0{,}0000607\ rad < 0{,}00873\ rad$

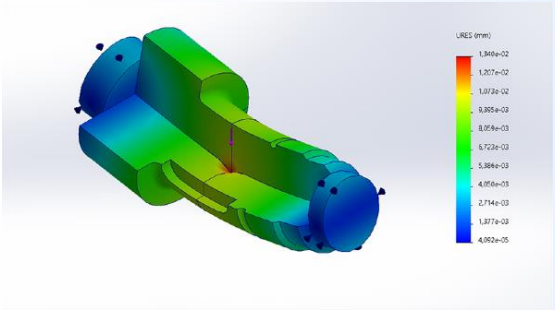
Cassa del riduttore

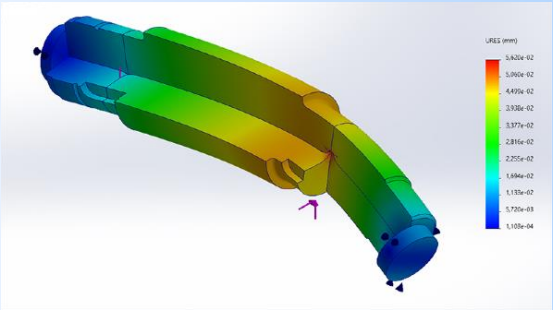
La progettazione della cassa è fatta in modo qualitativo senza riferimenti alle normative, la cassa è composta da semiguscio superiore e semiguscio inferiore uniti da un collegamento bullonato di 10 bulloni M12x40. Sono presenti 4 tappi per i cuscinetti e le rispettive guarnizioni collegati alla cassa da 24 viti M6x22, inoltre sono presenti due tappi dell'olio M16x1,5.

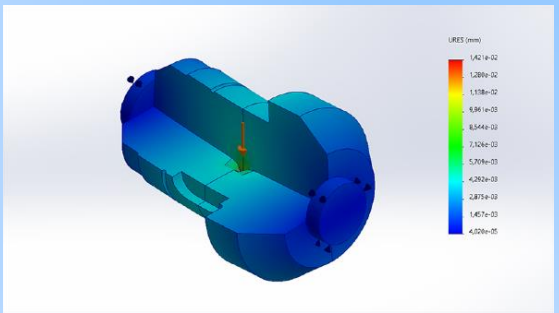


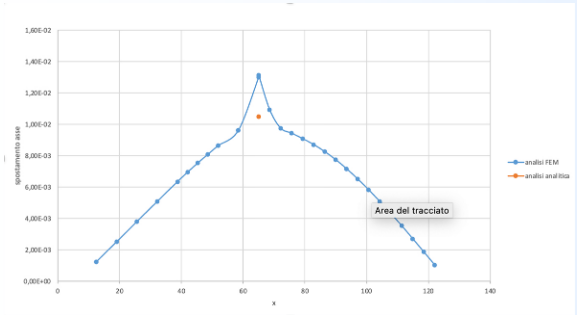


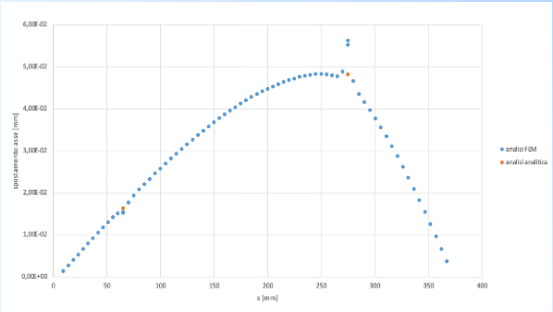
Analisi FEM alberi del riduttore

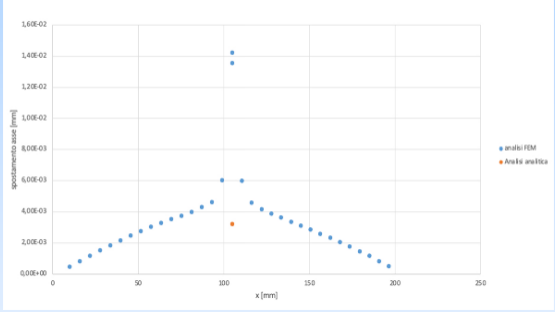


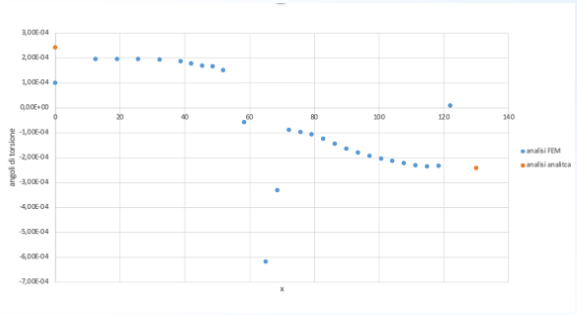


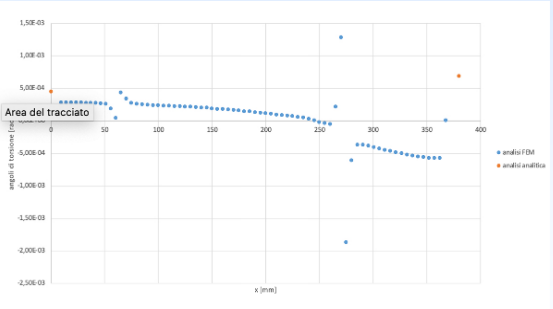


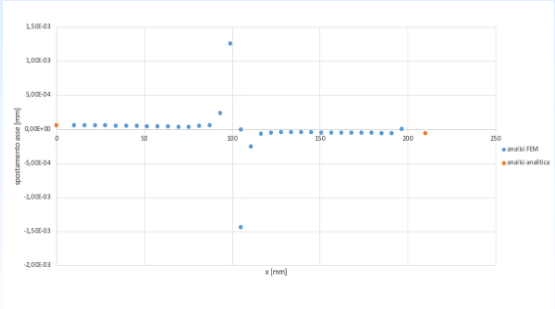












Conclusioni

Alla luce di quanto emerso si può concludere che l'albero di ingresso e l'albero d'uscita sono stati progettati correttamente, in quanto entrambi superano le verifiche strutturali.

Nelle verifiche statiche per ogni sezione $\upsilon_s > 1{,}5$.

Nelle verifiche a fatica per ogni sezione $\upsilon_f > 1{,}6$.

Nelle verifiche di deformabilità lo spostamento dell'asse e gli angoli di torsione non superano i valori limite imposti dalle normative sia nelle analisi con metodo analitico sia nelle analisi con il metodo degli elementi finiti.

La cassa del riduttore è stata progettata in modo qualitativo senza riferimenti alle normative.

Nel confronto tra i risultati ottenuti con l'analisi FEM e quelli ottenuti con il metodo analitico, il discostamento è frutto del fatto che l'analisi analitica prende in considerazione alberi a diametro costante, mentre l'analisi FEM tiene conto delle variazioni di diametro dell'albero lungo l'asse.