

Università degli Studi di Padova

Dipartimento di Ingegneria Industriale

Progetto in Ingegneria Meccanica (indirizzo formativo)

Progetto strutturale di un riduttore bistadio

Tutor Universitario: Prof. Giovanni Meneghetti

Laureando: Andrea Volpato

Padova, 17/03/2023



Introduzione

- Obiettivi

- Progettazione completa di un riduttore bistadio a ingranaggi cilindrici a denti dritti
- Realizzazione tridimensionale degli elementi che compongono il riduttore e successiva esecuzione della simulazione agli elementi finiti dell'albero intermedio
- Confronto tra i risultati ottenuti grazie all'ausilio del programma e i risultati ottenuti analiticamente

- Motivazioni

- Approfondire la conoscenza dei riduttori e di tutti gli elementi che li costituiscono
- Approfondire le procedure di modellazione attraverso l'utilizzo del programma Solidworks
- Acquisire dimestichezza della funzione Solidworks Simulation per la simulazione agli elementi finiti dei componenti



Fasi di svolgimento del lavoro

- Capitolo 1
 - Ottenimento e rielaborazione dei dati iniziali di progetto
 - Dimensionamento albero di ingresso e di uscita, partendo dal calcolo delle forze agenti e dalla scelta del materiale e arrivando alla scelta di linguette e cuscinetti
 - Attuazione delle verifiche meccaniche agli alberi dimensionati
- Capitolo 2
 - Realizzazione completa dei tre alberi che compongono il riduttore
 - Scelta e attuazione di tutti i componenti meccanici che sono stati alloggiati negli alberi
 - Creazione degli accoppiamenti
- Capitolo 3
 - Creazione dell'albero intermedio e applicazione delle forze e dei vincoli che lo caratterizzano
 - Confronto e commento dei risultati ottenuti



Cap. 1: Dimensionamento

- Calcolo di forze e momenti agenti, scelta del materiale e successiva stima del diametro:

$$d_{1\text{fless}} \geq \sqrt[3]{\frac{32M_{f1}}{\pi\sigma_{\text{adm}}}} = \sqrt[3]{\frac{32 * 174645}{\pi * 32.2}} = 38.1 \text{ [mm]} \quad d_{1\text{tors}} \geq \sqrt[3]{\frac{16M_{t1}}{\pi\tau_{\text{adm}}}} = \sqrt[3]{\frac{16 * 248000}{\pi * 18.6}} = 40.8 \text{ [mm]} \quad d_1 = 45 \text{ [mm].}$$

$$d_{2\text{fless}} \geq \sqrt[3]{\frac{32M_{f2}}{\pi\sigma_{\text{adm}}}} = \sqrt[3]{\frac{32 * 777180}{\pi * 46.25}} = 55.5 \text{ [mm]} \quad d_{2\text{tors}} \geq \sqrt[3]{\frac{16M_{t2}}{\pi\tau_{\text{adm}}}} = \sqrt[3]{\frac{16 * 2970000}{\pi * 26.70}} = 82.8 \text{ [mm]} \quad d_2 = 85 \text{ [mm].}$$

- Polpa di materiale, scelta dei cuscinetti e dimensionamento della linguetta:

$$L \geq \frac{2M_{t1}}{d_1 \cdot t_1 \cdot \rho_{\text{adm}}} = \frac{2 * 248000}{45 * 5.5 * 80} = 25.05 \text{ [mm]} \quad L = 40 \text{ [mm]} \quad \tau = \frac{2M_{t1}}{d_1 \cdot b \cdot L} = \frac{2 * 248000}{45 * 14 * 40} = 19.68 \text{ [MPa]} < \tau_{\text{adm}} = 109.69 \text{ [MPa]}$$

$$L \geq \frac{2M_{t2}}{d_2 \cdot t_2 \cdot \rho_{\text{adm}}} = \frac{2 * 2970000}{85 * 9 * 100} = 77.65 \text{ [mm]} \quad L = 80 \text{ [mm]} \quad \tau = \frac{2M_{t2}}{d_2 \cdot b \cdot L} = \frac{2 * 2970000}{85 * 22 * 80} = 39.71 \text{ [MPa]} < \tau_{\text{adm}} = 109.69 \text{ [MPa]}$$

$$C_{\text{richiesto}} = P \cdot (L_{10})^{\frac{1}{p}} = 1940.5 * 7068^{\frac{1}{3}} = 37.25 \text{ [kN]}$$

$$C_{\text{richiesto}} = P \cdot (L_{10})^{\frac{1}{p}} = 1940.5 * 7068^{\frac{3}{10}} = 27.72 \text{ [kN]}$$

albero di ingresso

$$C_{\text{richiesto}} = P \cdot (L_{10})^{\frac{1}{p}} = 6476.5 * 543^{\frac{1}{3}} = 52.84 \text{ [kN]}$$

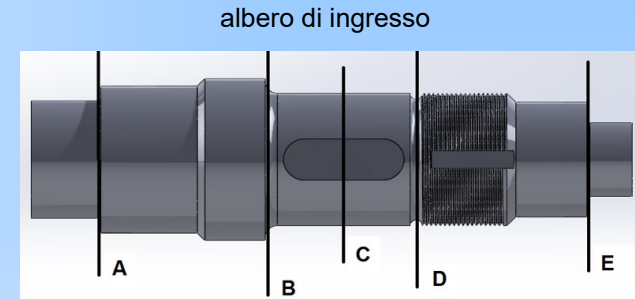
albero di uscita



Cap. 1: Verifiche statiche e a fatica

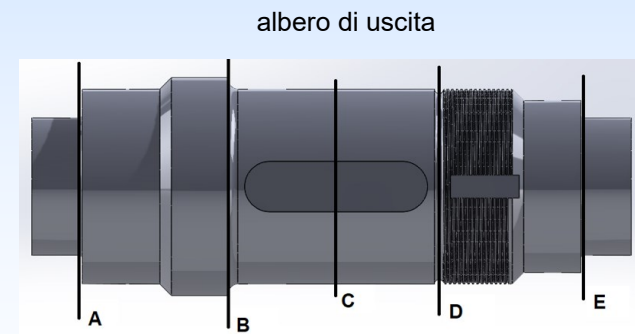
• VERIFICHE STATICHE

	SEZ.	ϕ [mm]	M_f [Nmm]	M_t [Nmm]	σ_{id} [MPa]	v_s [/]
ALBERO DI INGRESSO	B	45	128073	248000	27.95	13.24
	C	45	174645	248000	30.93	11.96
ALBERO DI USCITA	B	85	485737.5	2970000	43.42	8.52
	C	85	777180	2970000	44.57	8.30



• VERIFICHE A FATICA

	SEZ.	σ_a [MPa]	K_F	K_D	K_L	$\sigma_{a_{\infty,-1}}^*$ [MPa]	v_s
ALBERO DI INGRESSO	C	19.52	1.95	1.22	1.12	110.72	5.67
	D	18.35	1.34	1.20	1.12	93.80	5.11
ALBERO DI USCITA	C	12.89	1.95	1.31	1.12	103.11	7.99
	D	9.06	2.65	1.30	1.12	74.46	8.44

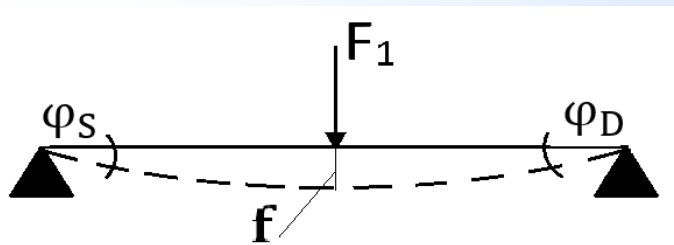


Cap. 1: Verifiche di deformabilità

Le ultime verifiche meccaniche effettuate, che si propongono operativamente di calcolare quali siano i valori delle frecce e delle rotazioni causate dalla forza agente sull'albero.

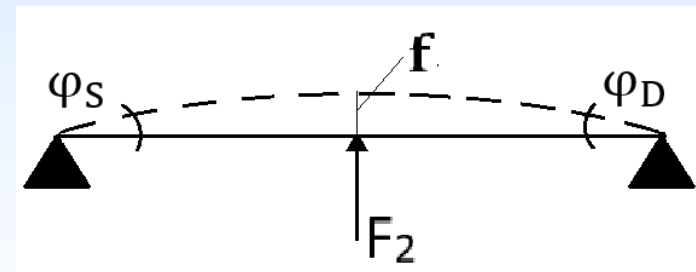
albero di ingresso

FRECCE E ROTAZIONI	VALORI CALCOLATI	VALORI DI RIFERIMENTO
φ_S	1.89×10^{-4}	$2,91 \cdot 10^{-3}$
φ_D	1.89×10^{-4}	$8.73 \cdot 10^{-4}$
f	1.07×10^{-2}	0,127



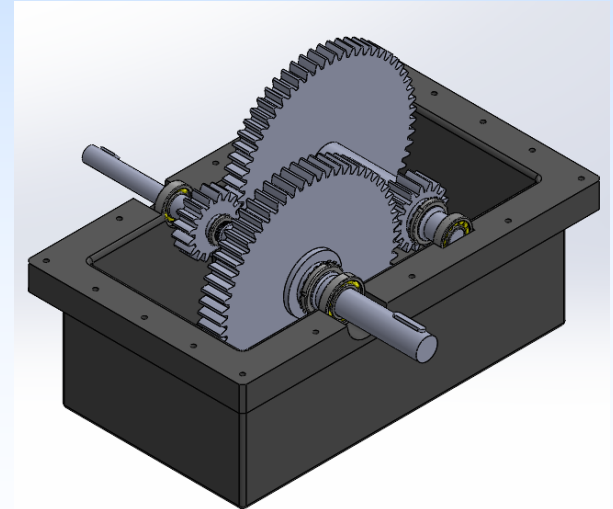
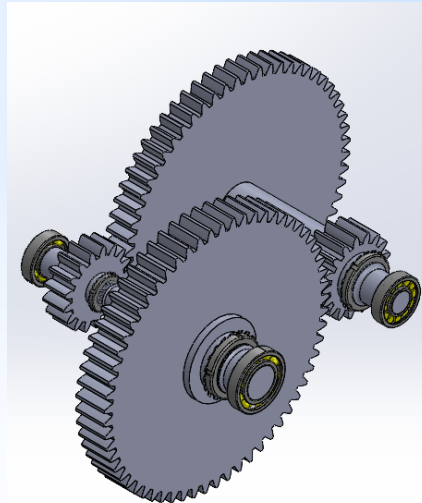
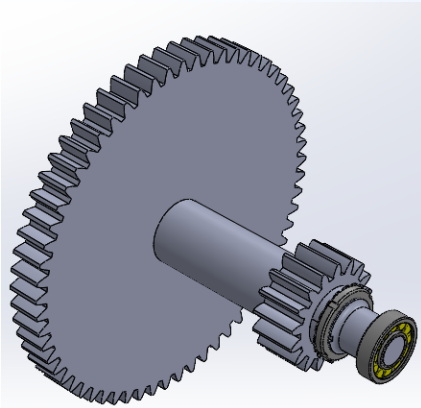
albero di uscita

FRECCE E ROTAZIONI	VALORI CALCOLATI	VALORI DI RIFERIMENTO
φ_S	8.83×10^{-5}	$2,91 \cdot 10^{-3}$
φ_D	8.83×10^{-5}	$2,91 \cdot 10^{-3}$
f	7.07×10^{-3}	0,127



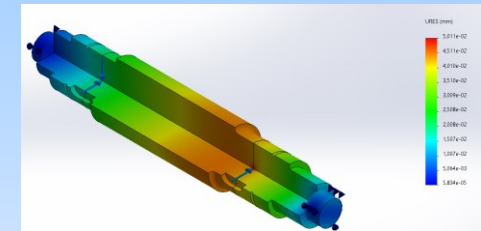
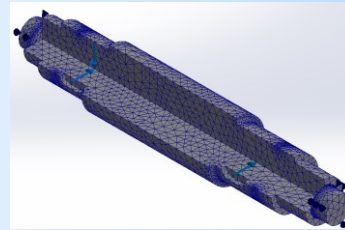
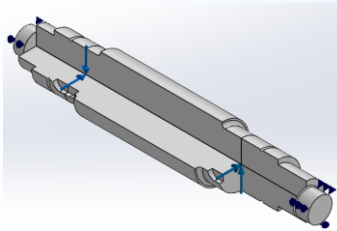
Cap. 2: realizzazione dell'assieme

- Creazione degli alberi completi di smussi, raccordi e delle cave atte ad accogliere la linguetta e la rosetta di sicurezza; filettatura della sezione in cui è presente la ghiera.
- Scelta ed inserimento di tutti gli elementi disponibili al download dal sito della SKF o presenti nella sezione Toolbox di Solidworks.
- Creazione degli assiemi riguardanti i singoli alberi.
- Creazione dell'assieme totale, comprendente i tre alberi e tutti i componenti che li caratterizzano.
- Inserimento dell'assieme totale all'interno dello scatolato appositamente creato.



Cap. 3: simulazione agli elementi finiti

- Studio svolto facendo riferimento al solo albero intermedio.
- Realizzazione tridimensionale dell'albero e successivo inserimento dei vincoli, dei carichi esterni e infine della mesh.



- Attuazione dello studio e confronto dei risultati ottenuti.

FRECCE E ROTAZIONI	VALORI CALCOLATI
φ_S	2.22×10^{-4} [rad]
φ_D	4.91×10^{-4} [rad]
f_2	1.82×10^{-2} [mm]
f_3	4.97×10^{-2} [mm]

Valori forniti da Solidworks

FRECCE E ROTAZIONI	VALORI CALCOLATI
φ_S	2.87×10^{-4} [rad]
φ_D	4.54×10^{-4} [rad]
f_2	2.52×10^{-2} [mm]
f_3	4.60×10^{-2} [mm]

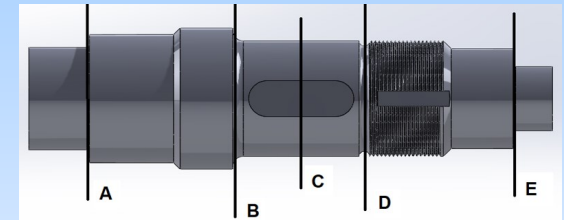
Valori calcolati analiticamente



Conclusioni

- Tutte le verifiche meccaniche sono state eseguite secondo la norma.
- Le parti dell'albero che fanno riferimento agli spallamenti delle ruote dentate e alle sezioni di alloggiamento delle linguette sono le più sollecitate.

	SEZ.	ϕ [mm]	M_f [Nmm]	M_t [Nmm]	σ_{id} [MPa]	v_s [°]
ALBERO DI INGRESSO	B	45	128073	248000	27.95	13.24
	C	45	174645	248000	30.93	11.96
ALBERO DI USCITA	B	85	485737.5	2970000	43.42	8.52
	C	85	777180	2970000	44.57	8.30



- I valori delle frecce e rotazioni ottenute tramite la simulazione agli elementi finiti in Solidworks non si discostano in maniera considerevole dai valori delle stesse grandezze calcolate in modo analitico.

ROTAZIONI	VALORI CALCOLATI
φ_S	$2.87 \cdot 10^{-4}$ [rad]
φ_D	$4.54 \cdot 10^{-4}$ [rad]

ROTAZIONI	VALORI SOLIDWORKS
φ_S	$2.22 \cdot 10^{-4}$ [rad]
φ_D	$4.91 \cdot 10^{-4}$ [rad]

