

ANALISI CINETOSTATICA E CINEMATICA DI UN MECCANISMO A VITE PER MOVIMENTAZIONE DI PRECISIONE

Claudio Passadore¹, Mattia Battara¹, Emiliano Mucchi¹, Giorgio Dalpiaz¹

¹*Department of Mechanical Engineering, University of Ferrara, Italy*

E-mail: claudio.passadore@unife.it, mattia.battarra@unife.it, emiliano.mucchi@unife.it, giorgio.dalpiaz@unife.it

Keywords: *screw-nut mechanism, precision handling, kinematic analysis, kinetostatic analysis*

SOMMARIO

Introduzione

I meccanismi a vite sono ampiamente utilizzati quando è necessario realizzare un vincolo di coppia elicoidale con ingombro ridotto e rapporti di riduzione medio-bassi.

Il sistema in studio è un meccanismo a vite di dimensioni minute, il cui scopo è la conversione del moto rotatorio di un motore elettrico in un moto di traslazione di una lente obiettivo con precisione ed accuratezza elevate; queste prestazioni, tuttavia, non sono sempre garantite per la presenza di errori di run-out della vite, i quali portano la lente a spostarsi assialmente e pertanto ad uscire dalla condizione di messa a fuoco. Al fine di disaccoppiare gli spostamenti radiali dovuti al run-out della vite e lo spostamento assiale della lente, nel sistema è presente un giunto di Oldham tra la madrevite e il supporto lente il quale permette alla madrevite di traslare radialmente anziché assialmente. Nel giunto, tuttavia, è presente attrito tra gli elementi che lo compongono e che si oppone al disaccoppiamento completo.

Il meccanismo a vite è ben noto in letteratura e ampiamente studiato, come riportato nei riferimenti [1] e [2], tuttavia questi non approfondiscono lo studio alle condizioni di errori di run-out. Nel presente lavoro si vuole descrivere l'attività di modellazione cinetostatica di un meccanismo a vite in presenza di run-out della vite e l'effetto dell'attrito nel giunto di Oldham nel disaccoppiamento degli spostamenti.

Descrizione del modello

Per la creazione del modello cinetostatico del meccanismo a vite si è scomposto il problema nel caso cinematico e nel caso statico, riportato in Fig. 1a e rappresentante le azioni scambiate tra una porzione svolta di filetto di vite e madrevite; mentre per lo studio dell'effetto dell'attrito radiale nel giunto di Oldham si è fatto uso dello schema riportato in Fig. 1b.

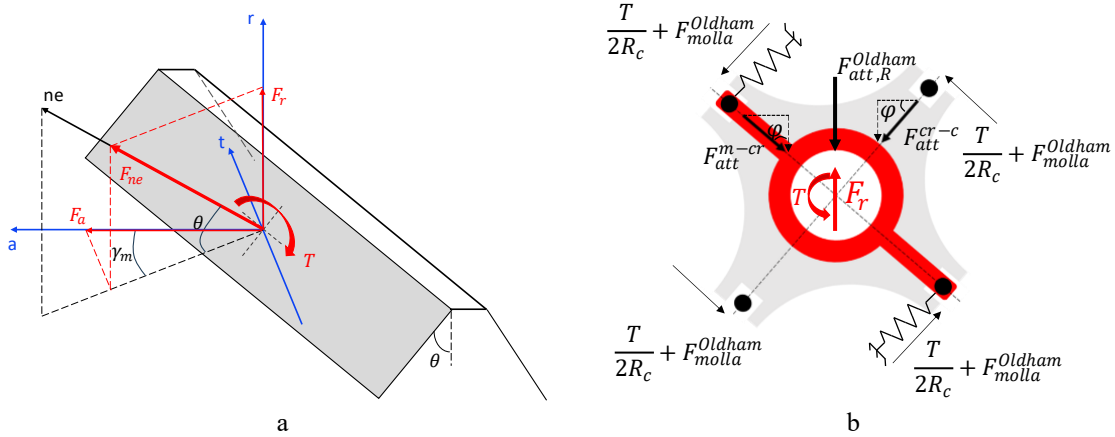


Figura 1 – a) forze scambiate nell'accoppiamento vie-madrevite nel caso statico, b) equilibrio radiale nel piano del giunto di Oldham

Unendo i modelli matematici ricavati dal caso cinematico e dal caso statico del meccanismo a vite, si ottiene il modello cinematico riportato in Eq. (1). In Eq. (2), invece, è riportata l'espressione dell'attrito radiale all'interno del giunto di Oldham.

$$\begin{cases} F_a = F_{ne} \cos \theta \cos \gamma_m + F_{ne} \mu_{din}^{v-m} u_a \\ T = (\mp F_{ne} \cos \theta \sin \gamma_m + F_{ne} \mu_{din}^{v-m} u_t) R_m \\ F_r = F_{ne} \sin \theta + F_{ne} \mu_{din}^{v-m} u_r \end{cases} \quad (1)$$

$$F_{att,R}^{Oldham} = F_A \max_{\varphi \in [0, \frac{\pi}{2}]} \left[\left(\mu_{st}^{m-cr} \cos \varphi + \mu_{st}^{cr-c} \sin \varphi \right) + \left(\frac{\mp \cos \theta \sin \gamma_m + \mu_{din}^{v-m} u_t R_m}{\cos \theta \cos \gamma_m + \mu_{din}^{v-m} u_a} \frac{R_m}{R_c} + \frac{2F_{molla}^{Oldham}}{F_A} \right) \mu_{st}^{v-cr} (\cos \varphi + \sin \varphi) \right] \quad (2)$$

La forza radiale F_r , imposta dalla vite alla madrevite per la presenza di run-out, produce uno spostamento radiale della madrevite stessa nel giunto di Oldham. Affinché lo spostamento radiale della vite e lo spostamento assiale della madrevite siano disaccoppiati, la madrevite deve essere libera di traslare radialmente nel giunto di Oldham; questo movimento, tuttavia, è contrastato dall'attrito e pertanto mai completamente libero.

Si ritiene che la madrevite abbia spostamento assiale trascurabile a seguito di run-out, ovvero trasla radialmente, se la forza d'attrito radiale nel giunto di Oldham è di molto inferiore alla forza radiale trasmessa dalla vite alla madrevite per effetto del run-out, come riportato in Eq. (3).

$$\frac{F_r}{F_{att,R}^{Oldham}} \gg 1 \quad (3)$$

Risultati

Grazie ai modelli trovati è possibile studiare l'effetto dell'angolo d'elica γ_m e dell'angolo di inclinazione del filetto θ nel rapporto tra le forze radiali in Eq. (3), a pari dimensioni geometriche, condizioni d'attrito ed entità di run-out, come riportato in Fig. 2a ($R_{out} = 50 \mu m$), oppure è possibile studiare l'effetto dei coefficienti di attrito statico μ_{st} nel giunto

di Oldham e dinamico μ_{din} tra vite e madrevite nel rapporto in Eq. (3) a pari geometria ed entità di run-out, come riportato in Fig. 2b ($R_{out} = 50 \mu m$).

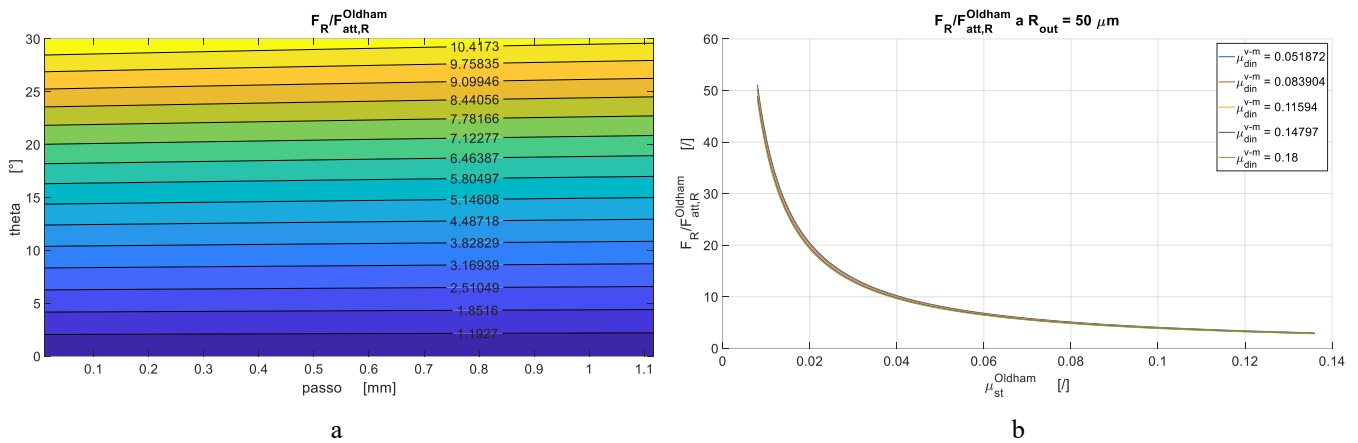


Figura 2 - a) effetto degli angoli della geometria, b) effetto dei coefficienti d'attrito

Conclusioni e Sviluppi futuri

Grazie ai modelli creati è possibile individuare la geometria ed i materiali ottimali per la realizzazione del meccanismo a vite, quali acciaio e bronzo, e del giunto di Oldham, come il teflon.

Come sviluppi futuri si vuole creare un modello dinamico capace di quantificare le entità degli spostamenti in direzione assiale della madrevite a seguito di uno spostamento radiale della vite, pertanto capace di valutare le performance nella fase di messa a fuoco della lente.

References

- [1] Inbook, E. Funaioli, A. Maggiore, U. Meneghetti, 1987. Lezioni di meccanica applicata alle macchine, 1st ed, Vol. 1. Pàtron editore, Chap. 1,3, pp. 9-13, 56-63.
- [2] Inbook, M. Callegari, P. Fanghella, F. Pellicano. Meccanica applicata alle macchine, 2nd ed. CittàStudi edizioni, Chap. 2, 9, pp. 21-29, 283-289.