

Le norme per il calcolo delle molle

di Angelo Cortesi

Il CEN (*European Committee for Standardization*), attraverso il comitato tecnico TC407 che si occupa di normalizzazione dei componenti elastici, recentemente ha rivisto la versione delle 13906.

Questa norma tratta del calcolo e progetto delle molle ad elica cilindrica fabbricate con filo e barre a sezione circolare e si compone di 3 parti:

- 13906-1 le molle di compressione,
- 13906-2 le molle di trazione
- 13006-3 le molle di torsione (la parte terza è ancora in revisione).

La norma definisce la molla: "...un dispositivo meccanico atto ad immagazzinare energia quando deformata e a restituire energia equivalente quando rilasciata." E mi piace aggiungere: "...che costa molto poco!" Poiché non è possibile entrare nel dettaglio di tutto il testo, evidenzierò alcuni aspetti che ritengo più interessanti pensando anche al lettore meno esperto.

Dopo l'introduzione dove sono esplicitati il campo di applicazione, le definizioni e i simboli, in tutte e tre le parti, si trova un diagramma teorico della molla in questione, dove il lettore percepisce con chiarezza il significato e l'uso dei simboli.

A seguire si trovano i principi di progetto. Alcuni specifici per ciascuna tipologia di molla, altri sono condivisi da tutta la famiglia.

Una prima cosa importante da segnalare è che le 13906 esprimono i valori delle caratteristiche dei materiali, richiamando le norme di appartenenza, definendo e limitando i fili idonei per fabbricare molle.

Queste norme sono:

- EN 10270-1 per fili di acciaio al carbonio per molle trafilati a freddo e patentati.
- EN 10270-2 per fili di acciaio per molle temprati e rinvenuti in olio.
- EN 10270-3 per fili di acciaio inossidabile per molle.
- EN 12166 per fili di rame e leghe di rame.
- EN 10086 per acciai laminati a caldo per molle da bonifica.

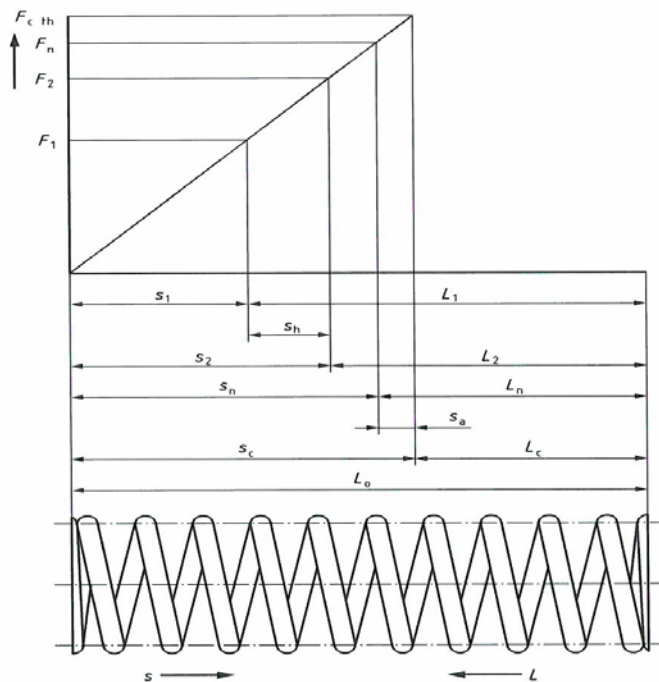


Figura 1 - Diagramma teorico di una molla di compressione.

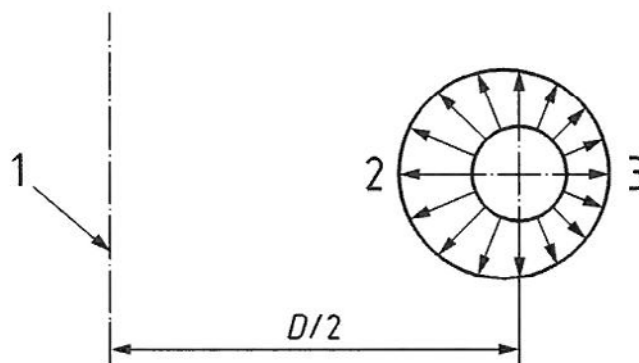


Figura 2 - Distribuzione asimmetrica delle sollecitazioni.

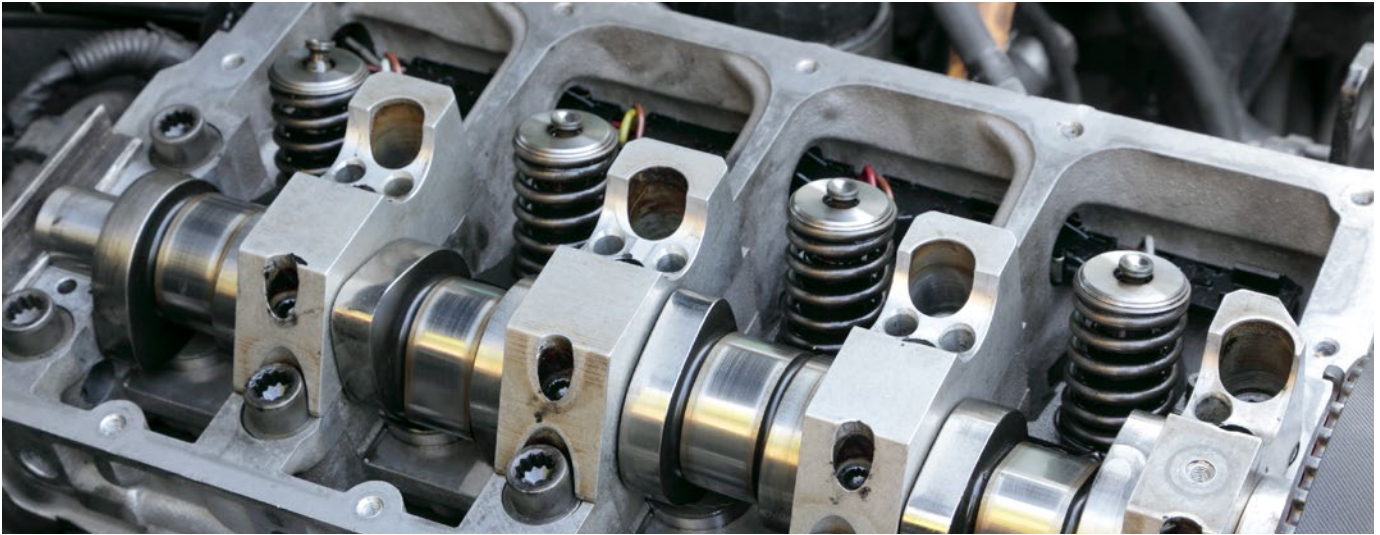
Nella norma chiaramente sono riportate le formule per calcolare e progettare le molle, per le quali rimando alla norma stessa, poiché avrebbero bisogno di molto più spazio di quello stabilito per questo articolo. Pertanto mi concentrerò sul paragrafo che precede il capitolo delle formule, dove sono introdotti i "principi di progetto" e l'elenco di elementi o di situazioni che possono influenzare il calcolo stesso.

Un esempio è la "temperatura di funzionamento" della molla che influenza il modulo di elasticità "E" (o modulo di Young) e il modulo di elasticità tangenziale "G". Infatti i valori dei moduli dei materiali sono validi solo a temperatura ambiente (esattamente 20° - anche se tra -20° e +50° l'influenza è decisamente trascurabile).

I moduli di elasticità compaiono all'interno della formula per il calcolo della Forza e influenzano direttamente il carico della molla. Il calore per esempio, tende ad abbassare il loro valore e a parità di lunghezza, la Forza che esprime la molla risulta essere minore.

Tra i principi di progetto, comuni a tutte e tre le tipologie di molle, sicuramente da menzionare perché determinanti per un calcolo corretto troviamo il "tipo di carico" che caratterizza la molla. Ovvero se è soggetta ad un "carico dinamico, quasi statico o statico" e se ne spiega la differenza. Calcolare la molla partendo da questo requisito, rende possibile un progetto idoneo al raggiungimento del numero di cicli che necessita nella realtà (vita a fatica).

Il tipo di carico introduce il fattore di correzione della sollecitazione "k" (per le molle di compressione e di trazione) e "q" (nella molla di torsione). Questo fattore importantissimo nel caso di molle a carico dinamico, serve a rivalutare correttamente la distribuzione delle sollecitazioni. Infatti la circolarità della molla fa sì che, col diminuire del rapporto di avvolgimento



(w), ci sia un aumento delle sollecitazioni nella metà interna (alla molla) della sezione perpendicolare del filo (nella figura 2 è simulata la distribuzione asimmetrica delle sollecitazioni).

Molto semplicemente potremmo dire che in una molla, l'asse della distribuzione delle sollecitazioni non coincide con l'asse della sezione del filo.

L'aumento delle sollecitazioni in una delle due metà del filo obbliga a ricalcolare la sollecitazione reale della molla con il fattore "k" o "q". Dopodiché non si avranno più semplici "tau" o "sigma" ma "τk" (tau k) e "σq" (sigma q) o sollecitazione torsionale o di flessione corretta.

Per le molle di compressione o di trazione si calcola tramite la formula di Wahl o di Bergstrasser (danno risultati comparabili), mentre per le molle di torsione si usa una formula simile ma meno penalizzante. A parità di rapporto di avvolgimento (w) la molla di torsione presenta meno scarto tra la sollecitazione semplice e quella corretta rispetto alle altre due tipologie.

È bene chiarire che nelle tre tipologie di molle rappresentate dalle norme le sollecitazioni sono di due tipi:

- Sollecitazioni di torsione chiamate τ (molle di compressione e trazione);
- Sollecitazioni di flessione chiamate σ (molle di torsione).

La sollecitazione misura lo "stress" o "sforzo" di una molla che insieme alla lunghezza, alla forza, al diametro ecc., sono proprietà della stessa. C'è però una sostanziale differenza: mentre tutte le altre sono visibili e facilmente misurabili, le sollecitazioni non si vedono e sono misurabili solo con strumenti molto sofisticati. Ma ad ogni forza applicata, ad ogni lunghezza

ottenuta corrisponde uno sforzo specifico prodotto dalla deformazione e che si può calcolare con le formule che si trovano nelle norme. Noi tendiamo per semplicità, a misurare lunghezze e forze, ma l'elemento determinante per valutare soprattutto l'affidabilità della molla è proprio la dimensione invisibile dello stress o sforzo che si esprime in N/mm².

È proprio questa proprietà che confrontata con la resistenza a trazione del filo (R_m) mi permette di capire da un lato, se la molla lavora sempre nella fase elastica o se ad un certo punto della sua corsa entra nella fase plastica dove avvengono fenomeni di assetamento.

Dall'altro, utilizzando il diagramma di Goodman si può valutare la fatica della molla e l'eventuale ciclo di vita.

Per ultimo, parlando sempre di sollecitazioni, le norme fanno una cosa grandiosa: definiscono, per ogni tipologia di molla, la sollecitazione ammissibile (zulässig in tedesco):

- Per le molle di compressione $\tau_{zul} = 0,56 R_m$
- Per le molle di trazione $\tau_{zul} = 0,45 R_m$
- Per le molle di torsione $\sigma_{zul} = 0,70 R_m$

con R_m che rappresenta il valore minimo della resistenza a trazione del filo ricavabile dalle norme sui fili, citate in apertura.

È questo a mio avviso il valore aggiunto e di merito che la norma esprime: viene stabilita una soglia che divide i progetti in "conformi alla norma" da quelli "non conformi" dando un aiuto formidabile ai progettisti!

Se un prodotto, funzionante con una molla che durante il suo lavoro raggiunge una sollecitazione superiore a quella ammessa generando nel tempo un cattivo funzionamento, causa un danno, è evidente che chi ha progettato l'insieme abbia un problema in più nel dimostrare che il progetto fosse idoneo.

Le norme, nelle nostre società, rappresentano la "buona prassi", "lo stato dell'arte" di quello specifico campo per cui sono state redatte e rimangono sempre un riferimento per chi deve dare dei pareri anche legali. Rispettandola i progettisti si devono sentire più tranquilli.

Angelo Cortesi

Membro UNI CT 31/SC 6 - Elementi elastici

Titolare e amministratore di CO.EL. Srl

Presidente di ANCCEM - Associazione Nazionale dei Mollifici

Direttore Comitato Tecnico ANCCEM

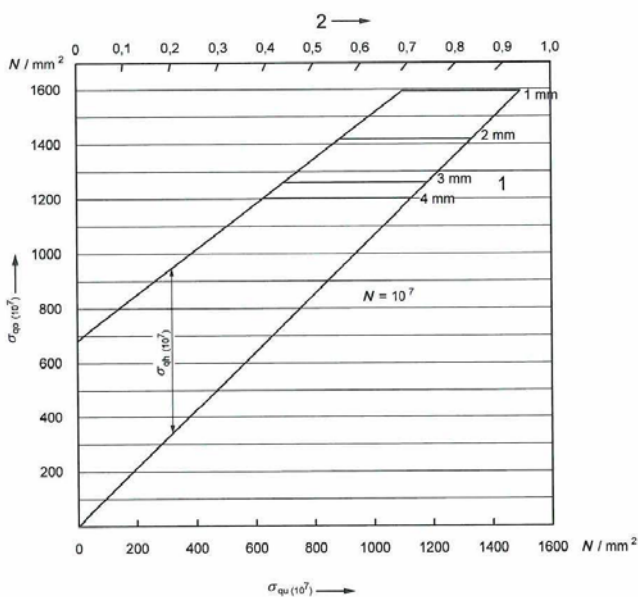


Figura 3 - Diagramma di resistenza a fatica per molle di torsione fabbricate con filo patentato e trafilato di classe DH secondo la EN 10270-1 non pallinate

STANDARD FOR CYLINDRICAL HELICAL SPRINGS

The European Standard UNI EN 13906-1 specifies the calculation and design of cold and hot coiled cylindrical helical compression springs with a linear characteristic, made from round wire and bar of constant diameter with values according to Table 1, and in respect of which the principal loading is applied in the direction of the spring axis.

The other European standard that we expose in this article is the UNI EN 13906-2. It specifies the calculation and design of cold and hot coiled helical extension springs made from round wire and bar with values according to Table 1, loaded in the direction of the spring axis and operating at normal ambient temperatures.