

Associazione Nazionale Costruttori Componenti Elastici e Molle



Guida n° 5

Lo stato dell'arte nella fabbricazione delle molle

ver2023

5

**APPROCCIO AI REQUISITI DI QUALITA'
DELLE MOLLE MECCANICHE**

**GUIDA ALLE CLASSI D'USO
DEI COMPONENTI ELASTICI
IN CONFORMITA' ALLE NORME
UNI EN 13906 e UNI EN 10270 e UNI EN ISO 6931-1**

1

Guida all'armonizzazione della scelta delle classi d'uso delle molle per il disegno, la specifica tecnica e le procedure di qualità, per le prescrizioni di controlli e certificazioni dei prodotti fabbricati dai mollifici e per delimitare la responsabilità del produttore.

Lo stato dell'arte nella fabbricazione delle molle

*Guida ad uso dei progettisti,
dei disegnatori meccanici,
degli acquirenti*



Settima Edizione 2023

La presente edizione annulla e sostituisce le precedenti

ANCCEM – Associazione Mollifici Italiani, via Cipro 1, 25124 Brescia

www.anccem.org

INDICE

Introduzione e scopo

1. *Materiali per molle lavorate a freddo*

- 1.1. UNI EN 10270-1 filo di acciaio non legato per molle trafilato a freddo e patentato
- 1.2. UNI EN 10270-2 filo di acciaio per molle temprato e rinvenuto in olio
- 1.3. UNI EN ISO 6931-1 filo di acciaio inossidabile per molle
- 1.4. UNI EN 10089 filo di acciaio legato
- 1.5. I moduli G e E dei materiali per molle
- 1.6. Le piattine

2. *Il progetto della molla lavorata a freddo*

- 2.1. UNI EN 13906-1 Molle elicoidali a compressione cilindriche
- 2.2. UNI EN 13906-2 Molle elicoidali di trazione cilindriche
- 2.3. UNI EN 13906-3 Molle elicoidali a torsione cilindriche
- 2.4. Il diagramma di Goodman
- 2.5. La norma ISO 9001

3. *Definizione delle classi d'uso delle molle*

- 3.1. Descrizioni delle modalità per classificare le molle
- 3.2. Attribuzione del punteggio
- 3.3. Definizione della classe della molla
- 3.4. Le indicazioni della classe d'uso e qualità minima garantita
- 3.5. Prescrizioni di durata delle molle

4. *I controlli del lotto di molle*

- 4.1. Il concetto di qualità
- 4.2. I metodi di controllo
- 4.3. Cenni di statistica
- 4.4. Il controllo di inizio produzione
- 4.5. Il controllo statistico di processo
- 4.6. Il controllo statistico finale
- 4.7. Valutazione preventiva della tolleranza
- 4.8. Le tolleranze applicabili alle molle
- 4.9. Le curve e le pieghe nelle forme delle molle
- 4.10. Informazioni per la conservazione e la manipolazione del prodotto

Appendice A: Tabella UNI EN ISO 16120-4 per l'ordinazione di piattine

Appendice B: Disegni e diagramma molla a compressione

Appendice C: Diagramma molla a trazione

Appendice D: Tipi di estremità

Appendice E: Diagramma molla a torsione

Appendice F: Diagramma Carico-Freccia con i punti L_{el} e F_{el}

Documento di informazione tecnica ad uso dei tecnici dei mollifici, dei tecnici e disegnatori - che devono disegnare molle da inserire nei loro progetti - ed ad uso degli acquirenti.

Una precisa descrizione dei requisiti necessari, conformi alle norme internazionali.

La guida contiene la verifica di attuabilità della qualità richiesta ed un esauriente descrizione dei controlli eseguiti nel processo e sul prodotto che circoscrivono la responsabilità del produttore secondo DL 206/2005.

Questa Guida è stata rielaborata e aggiornata secondo le nuove norme europee, fino a dicembre 2022, per essere diffusa gratuitamente nelle industrie che acquistano molle per i propri prodotti e nelle scuole tecniche.

Guida Tecnica Anccem n° 5 - 1° edizione 1987; 2° rev. 1993; 3° rev. 2004; 4° rev. 2007; 5° rev. 2016; 6° rev. 2020; 7° rev. 2023
Questa guida n° 5 si può trovare sul sito www.anccem.org

GUIDA PER I PROGETTISTI, DISEGNATORI ED ACQUISITORI, PER L'APPROCCIO AL COMPONENTE ELASTICO METALLICO

Introduzione

Questa Guida tecnica professionale rielaborata dal Comitato Tecnico dell'Associazione Mollifici Italiani nel 2004, rivista più volte negli anni e aggiornata nel 2023, introduce alle classi d'uso delle molle usate nelle industrie.

In questa Guida si elencano le informazioni essenziali per chi progetta, disegna, ed acquista o fabbrica molle lavorate a freddo, prodotte esclusivamente su commessa, per delimitare la Responsabilità contrattuale del Produttore prevista dal Codice Civile e la responsabilità extracontrattuale del produttore disciplinata nel DL 206 del 6-9-2005 (Codice del Consumo) e successivo D.L. 2 agosto 2007, n. 146 che ha abrogato il DPR 224/1988.

Il progetto della molla non può essere disgiunto dal progetto del complesso meccanico nel quale la molla viene impiegata come accumulatore di energia capace di automatizzare movimenti entro i limiti consentiti dalle caratteristiche del materiale impiegato.

Essa andrebbe sempre considerata come una componente importante dell'oggetto che la ospita e le dovrebbe sempre essere riservata una progettazione attenta.

Quando il progetto di un prodotto nasce considerando da subito la necessità di inserire una molla ne favorisce una progettazione che utilizzi parametri ottimali e tolleranze adeguate, (vedi guida Anccem n°4) previste dalle norme, con notevoli vantaggi di garanzia nel funzionamento e contenimento di costi.

Scopo

Questa Guida oltre che a raccogliere informazioni tecniche e rappresentare insieme alle norme EN 13906-1, 2 e 3 lo *stato dell'arte nella fabbricazione delle molle*, propone la classificazione delle molle (classi d'uso) e i criteri per definirle, i requisiti di qualità dei processi e dei prodotti e le prescrizioni sui disegni ed i documenti di approvvigionamento delle molle in generale.

1

Materiali per molle lavorate a freddo

Le molle lavorate a freddo si differenziano dalle molle lavorate a caldo per il processo di fabbricazione. I materiali di acciaio che si usano comunemente per queste molle sono definiti nella norma UNI EN 10270-1 e 2, dalla UNI EN ISO 6931-1 e dalla UNI EN 10089 che sostituiscono tutte le norme UNI nazionali esistenti.

1.1 UNI EN 10270-1 Filo d'acciaio non legato per molle trafilato a freddo e patentato

La EN 10270-1 definisce le classi dell'acciaio per molle trafilato a freddo non legato (il classico acciaio al carbonio). La classe del filo per molle utilizzata, dipende dal livello di sollecitazione e dalla natura dell'impiego. Quando le molle sono sottoposte a sollecitazioni statiche o a carico quasi statico, si deve utilizzare il filo di classe (S). Negli altri casi, con un carico moderatamente dinamico, si deve utilizzare un filo di classe (D) (vedi Par.2.1.1). Secondo il livello di sollecitazione, il filo viene fabbricato in 3 classi di resistenza a trazione: basso, medio e alto.

Tab. 1 - Composizione chimica, % in massa

Classe	Tipo di Carico	C	Si	Mn	P max	S max	Cu max
SL,SM,SH	Statico	0,35-1	0,10-0,30	0,40-1,20	0,035	0,035	0,20
DM,DH	Dinamico	0,45-1	0,10-0,30	0,40-1,20	0,020	0,025	0,12

Nota: le classi di materiale che si usano normalmente nel mollificio sono la SM,SH e la DH. La SL e la DM sebbene previste dalla norma, in genere non sono utilizzate.

Le vergelle utilizzate per la classe (S) devono essere conformi alla EN ISO 16120-2 mentre quelle utilizzate per la classe (D) alla EN ISO 16120-4.

Il filo per molle può essere fornito fosfatato (ph), galvanizzato (Z) ricoperto cioè da uno strato di zinco. Può essere anche ricoperto di rame (cu) o ricoperto di zinco/alluminio (ZA).

Si assume che il modulo di elasticità (E) sia 206 GPa e il modulo di elasticità tangenziale o di taglio (G) sia 81,5 GPa.

Ricordiamo che G è legato al modulo di elasticità assiale E (o modulo di Young) dalla relazione:

$$G = \frac{E}{2(1+\nu)} \Rightarrow E = 2G(1+\nu) \Rightarrow \nu = \frac{E}{2G} - 1 \quad \text{dove} \quad \frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_1} = \nu \quad \text{Coefficiente di Poisson}$$

Il coefficiente di Poisson esprime il rapporto tra la deformazione trasversale ε_2 e quella longitudinale ε_1 di un corpo sottoposto a trazione. Nei metalli è sempre positivo e vale tra 0,27 e 0,35.

Nota: il coefficiente di Poisson vale solo per i materiali ISOTROPI. Un materiale si dice isotropo se non presenta direzioni preferenziali di comportamento, risultando il suo comportamento indipendente dal sistema di riferimento adottato per tensioni e deformazioni, come ad esempio per l'acciaio.

1.2 UNI EN 10270-2 - Filo d'acciaio per molle temprato e rinvenuto in olio

La EN 10270-2 definisce le classi dell'acciaio per molle temprato e rinvenuto in olio: il filo è sottoposto a trattamento termico in linea. Dopo il riscaldamento (austenizzazione), viene temprato in olio o in mezzo di tempra simile, quindi immediatamente rinvenuto alla temperatura appropriata.

Anche in questo caso le classi sono finalizzate al livello di sollecitazione e dalla natura dell'impiego.

Tab. 2 -Classi dei fili per molle temprati in olio

Resistenza a trazione	Statico	Fatica media	Dinamico
Resistenza a trazione bassa	FDC	TDC	VDC
Resistenza a trazione media	FDCrV	TDCrV	VDCrV
Resistenza a trazione alta	FDSiCr	TDSiCr	VDSiCr
Resistenza a trazione molto alta	FDSiCrV	TDSiCrV	VDSiCrV
Intervallo dei diametri	0,50-17,00	0,50-10,00	0,50-10,00

Le classi adatte alla fatica TD e VD (media e dinamica) sono caratterizzate da elevata purezza dell'acciaio, parametri chimici, meccanici e tecnologici specifici e una condizione superficiale ben definita in relazione alla profondità ammessa dei difetti superficiali e della decarburazione. Sono infatti utilizzati in molle che devono resistere ad una fatica elevata (anche > di 10^8 e 10^9 cicli) Si assume che il modulo di elasticità (E) sia 206 GPa e il modulo di elasticità tangenziale o di taglio (G) sia 79,5 GPa.

1.3 UNI EN ISO 6931-1 - Filo d'acciaio inossidabile per molle

La UNI EN ISO 6931-1 (ha sostituito la EN 10270-3 a fine 2020) definisce il filo di acciaio inossidabile per molle. Questi fili hanno una particolare resistenza alla corrosione e possono lavorare a temperature più elevate dei fili trattati fino ad ora ma raggiungono delle resistenze a trazione più contenute per cui sopportano sollecitazioni inferiori. A questo proposito, alcune famiglie (1.4310;1.4301;1.4462) presentano 2 classi di resistenza: normale (NS) e alta (HS). La classe HS si differenzia per 100/200 MPa in più fino a seconda del diametro e della famiglia.

Se è richiesta una maggior resistenza alla corrosione si può usare 1.4401 (aisi 316) che contiene una maggior quantità di nichel. L' 1.4568 presenta invece un'elevata resistenza alla fatica e una maggior resistenza alla temperatura, ma una resistenza alla corrosione ridotta.

Tab. 3 -Dati di riferimento per il modulo di elasticità e il modulo di taglio per l'acciaio inox

Designazione dell'acciaio		Modulo di elasticità		Modulo di taglio		Temperatura massima di utilizzo (indicativa)
Simbolica	Numerica	Condizione di fornitura GPa	Condizione HT GPa	Condizione di fornitura GPa	Condizione HT GPa	
X10CrNi18-8	4310-301-00-I	180	185	70	73	250
X9CrNi18-9	4325-302-00-E	180	185	70	73	250
X5CrNi19-9	4315-304-51-I	170	180	65	68	250
X5CrNi18-10	4301-304-00-I	185	190	65	68	250
X5CrNiMo17-2- 2	4401-316-00-I	175	180	68	71	250
X7CrNiAl17-7	4568-177-00-I	190	200	73	78	300
X2CrNiMoN22-5-3	4462-318-03-I	200	205	77	79	300
X1NiCrMoCu25-20-5	4539-089-04-I	180	185	69	71	250

5

Una nota particolare per l'inox 4462-318-03-I: è un materiale bifasico che ha avuto cioè una trasformazione particolare, conservando una struttura in parte austenitica e in parte ferritica (per questo chiamato anche "duplex"). Accanto ad un costo più elevato, rispetto agli inossidabili tradizionali, presenta però caratteristiche importanti associando un'elevata resistenza alla trazione (presenta due classi di resistenze NS e HS) con una ridotta propensione al rilassamento e delle buone performance di resistenza alla fatica e un'ottima resistenza alla corrosione (pitting) (Cr 21-23 %).

Nota: La capacità di resistere alla corrosione degli inossidabili si può comparare utilizzando il PREN (Pitting Resistance Equivalent Number) che si ricava con una formula che moltiplica la percentuale degli elementi presenti nella lega che la rendono resistente alla corrosione. Per una comparazione esemplificativa elenchiamo alcuni valori di PREN:
 4462-318-03-I > 35 4401-316-00-I = 24 (Aisi 316) 4539-089-04-I = 34 (AISI 904L) 4310-301-00-I = 18 (Aisi 302)

Il filo inox crudo per molle è **amagnetico solo allo stato ricotto**. Il processo di incrudimento per trafilatura (ma anche la laminazione, l'imbutitura...) lo rende modestamente magnetico in misura diversa tra un lotto e l'altro e tra una tipologia e l'altra, dipende dalla permeabilità del materiale, vale a dire dalla sua capacità a magnetizzarsi.

Un inossidabile con una bassissima permeabilità è 4539-089-04-I (AISI 904L). Appartiene agli inossidabili chiamati super austenitici a causa dell'elevata percentuale di nichel (24-26 %). Ha una buona tenuta alle alte temperature e, poiché anche il cromo è presente in una percentuale elevata (19-21 %) ha un'ottima resistenza alla corrosione in genere.

1.4 UNI EN 10089 - Filo di acciaio legato

La UNI EN 10089 specifica i requisiti tecnici di fornitura dell'acciaio legato destinato alla realizzazione di molle formate a freddo e successivamente sottoposte a trattamento termico di bonifica. È un acciaio per molle di alta qualità, adatto a sopportare carichi elevati, urti e soprattutto a resistere a fatica, possiede il miglior compromesso fra resilienza e tenacità. Il materiale può essere fornito allo stato laminato, trafilato, ricotto e ricotto sferoidale. Dopo la lavorazione va eseguito un

Tab. 4 - conversione HRC – N/mm²

Tab. 4 - Estratto Conversione Durezze / Resistenza a Trazione	
HRC	N/mm ²
51	1705
50	1656
49	1607
48	1558
47	1509
46	1470

trattamento termico di bonifica (tempra + rinvenimento) i cui parametri sono indicati nella Tabella 6.

A differenza di tutti gli altri acciai la resistenza a rottura non dipende dalla sezione del filo ma dalla durezza Rockwell (HRC) ottenuta dopo il trattamento di bonifica.

Per questo materiale si assume un modulo di elasticità longitudinale (E) di 206 GPa e un modulo di elasticità tangenziale o di taglio (G) di 78.5 GPa.

Tab. 5 - estratto norma UNI EN 10089 prospetto 3 - Tipi di acciaio e composizione chimica specificata (applicabile all'analisi di colata)

Designazione		Frazione di massa in %) b'									
Simbolica	Numerica	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	V	Cu + Sn
					max.	max.					
38Si7	1.5023	0,35÷ 0,42	da 1,50 a 1,80	da 0,50 a 0,80	0,025	0,025					
46Si7	1.5024	da 0,42 a 0,50	da 1,50 a 2,00	da 0,50 a 0,80	0,025	0,025					
56Si7	1.5026	da 0,52 a 0,60	da 1,60 a 2,00	da 0,60 a 0,90	0,025	0,025					
55Cr3	1.7176	da 0,52 a 0,59	max. 0,40	da 0,70 a 1,00	0,025	0,025	da 0,70 a 1,00				
60Cr3	1.7177	da 0,55 a 0,65	max. 0,40	da 0,70 a 1,00	0,025	0,025	da 0,60 a 0,90				
54SiCr6	1.7102	da 0,51 a 0,59	da 1,20 a 1,60	da 0,50 a 0,80	0,025	0,025	da 0,50 a 0,80				
56SiCr7	1.7106	da 0,52 a 0,60	da 1,60 a 2,00	da 0,70 a 1,00	0,025	0,025	da 0,20 a 0,45				
61SiCr7	1.7108	da 0,57 a 0,65	da 1,60 a 2,00	da 0,70 a 1,00	0,025	0,025	da 0,20 a 0,45				
51CrV4	1.8159	da 0,47 a 0,55	max. 0,40	da 0,70 a 1,10	0,025	0,025	da 0,90 a 1,20			da 0,10 a 0,25	
45SiCrV6-2	1.8151	da 0,40 a 0,50	da 1,30 a 1,70	da 0,60 a 0,90	0,025	0,025	da 0,40 a 0,80			da 0,10 a 0,20	Cu+10Sn 0,60
54SiCrV6	1.8152	da 0,51 a 0,59	da 1,20 a 1,60	da 0,50 a 0,80	0,025	0,025	da 0,50 a 0,80			da 0,10 a 0,20	
60SiCrV7	1.8153	da 0,56 a 0,64	da 1,50 a 2,00	da 0,70 a 1,00	0,025	0,025	da 0,20 a 0,40			da 0,10 a 0,20	
46SiCrMo6	1.8062	da 0,42 a 0,50	da 1,30 a 1,70	da 0,50 a 0,80	0,025	0,025	da 0,50 a 0,80		da 0,20 a 0,30		
50SiCrMo6	1.8063	da 0,46 a 0,54	da 1,40 a 1,80	da 0,70 a 1,00	0,025	0,025	da 0,80 a 1,10		da 0,20 a 0,35		
52SiCrNi5	1.7117	da 0,49 a 0,56	da 1,20 a 1,50	da 0,70 a 1,00	0,025	0,025	da 0,70 a 1,00	da 0,50 a 0,70			
52CrMoV4	1.7701	da 0,48 a 0,56	max. 0,40	da 0,70 a 1,10	0,025	0,025	da 0,90 a 1,20		da 0,15 a 0,30	da 0,10 a 0,20	
60CrMo3-1	1.7239	da 0,56 a 0,64	max. 0,40	da 0,70 a 1,00	0,025	0,025	da 0,70 a 1,00		da 0,06 a 0,15		
60CrMo3-2	1.7240	da 0,56 a 0,64	max. 0,40	da 0,70 a 1,00	0,025	0,025	da 0,70 a 1,00		da 0,15 a 0,25		
60CrMo3-3	1.7241	da 0,56 a 0,64	max. 0,40	da 0,70 a 1,00	0,025	0,025	da 0,70 a 1,00		da 0,25 a 0,35		

a) Gli elementi non citati non devono essere aggiunti intenzionalmente all'acciaio senza il consenso del committente, tranne che per terminare la colata. Devono essere adottate tutte le opportune precauzioni allo scopo di evitare l'aggiunta di quegli elementi, provenienti da rottami o altre materie prime utilizzate nel processo produttivo, che potrebbero compromettere la temprabilità, le proprietà meccaniche e l'applicazione,

b) Nel caso di gradi con requisiti specifici di temprabilità (vedere prospetto 7 e 8), eccetto il fosforo e lo zolfo, sono ammessi gli scostamenti insignificanti dai limiti specificati per l'analisi di colata. Questi scostamenti non devono, tuttavia, essere maggiori di 0,01% (di massa) nel caso del carbonio e i valori secondo il prospetto 4 in tutti gli altri casi.

6

Tab. 6 -- estratto norma UNI EN 10089 APPENDICE D - VALORI INDICATIVI PER LE PROPRIETA' MECCANICHE DEI PROVINI BONIFICATI

Designazione		Temperatura di indurimento mediante tempra °C	Mezzo di indurimento mediante tempra	Temperatura di rinvenimento °C	R _{p0,2} Mpa	R _m Mpa	A %	Z %	Energia d'urto a 20 °C KU J
Simbolica	Numerica	±10%		±10°C	min.		min.	min.	min.
38Si7	1.5023	880	Acqua	450	1150	da 1 300 a 1 600	8	35	18
46Si7	1.5024	880	Acqua	450	1250	da 1 400 a 1 700	7	30	15
56Si7	1.5026	860	Olio	450	1300	da 1 450 a 1 750	6	25	13
55Cr3	1.7176	840	Olio	400	1250	da 1 400 a 1 700	3	20	5
60Cr3	1.7177	840	Olio	400	1300	da 1 450 a 1 750	3	20	5
54SiCr6	1.7102	860	Olio	450	1300	da 1 450 a 1 750	6	25	8
56SiCr7	1.7106	860	Olio	450	1350	da 1 500 a 1 800	6	25	8
61SiCr7	1.7108	860	Olio	450	1400	da 1 550 a 1 850	5,5	20	8
51CrV4	1.8159	850	Olio	450	1200	da 1 350 a 1 650	6	30	8
45SiCrV6-2	1.8151	880	Olio	400	1550	da 1 600 a 1 900	7	40	13
54SiCrV6	1.8152	860	Olio	400	1600	da 1 650 a 1 950	5	35	8
60SiCrV7	1.8153	860	Olio	400	1650	da 1 700 a 2 000	5	30	5
46SiCrMo6	1.8062	880	Olio	450	1400	da 1 550 a 1 850	6	35	10
50SiCrMo6	1.8063	890	Olio	450	1420	da 1 650 a 1 950	6	30	5
52SiCrNi5	1.7117	860	Olio	450	1300	da 1 450 a 1 750	6	35	10
52CrMoV4	1.7701	860	Olio	450	1300	da 1 450 a 1 750	6	35	10
60CrMo3-1	1.7239	860	Olio	450	1300	da 1 450 a 1 750	6	30	8
60CrMo3-2	1.7240	860	Olio	450	1300	da 1 450 a 1 750	6	30	8
60CrMo3-3	1.7241	860	Olio	450	1300	da 1 450 a 1 750	6	30	8
Nota		Il campionamento e la preparazione dei campioni dovrebbero essere le stesse indicate nella EN 10083-1.							

7

1.5 I moduli G ed E dei materiali per molle

Tab. 7 Modulo di elasticità - modulo di taglio e densità estratti dalle Norme EN citate in precedenza.

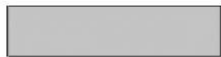
Tipologie di Materiali	E N/mm ² (MPa)	G N/mm ² (MPa)	ρ Kg/dm ³
Filo acciaio per molle secondo EN 10270-1	206.000	81.500	7,85
Filo acciaio per molle secondo EN 10270-2	206.000	79.500	7,85
Filo acciaio secondo EN 10089	206.000	78.500	7,85
Filo acciaio per molle X10CrNi18-8 secondo EN 10270-3 *	180.000	70.000	7,90
Filo acciaio per molle X5CrNiMo17-12-2 secondo EN 10270-3 *	175.000	68.000	8,00
Filo acciaio per molle X7CrAl 17-7 secondo EN 10270-3 *	190.000	73.000	7,80
Filo acciaio per molle X5CrNi18-10 secondo EN 10270-3 *	185.000	65.000	7,90
Filo acciaio per molle X2CrNiMoN22-5-3 secondo EN 10270-3 *	200.000	77.000	7,80
Filo acciaio per molle X1CrNiMoCu25-20-5 secondo EN 10270-3 *	180.000	69.000	8,00
Lega di rame-stagno CuSn6 R950 secondo EN 12166	115.000	42.000	8,73
Lega di rame-zinco CuZn36 R700 secondo EN 12166	110.000	39.000	8,40
Lega di rame-berillio CuBe2 secondo EN 12166	120.000	47.000	8,80
Lega di rame-cobalto-berillio CuCo2Be secondo EN 12166	130.000	48.000	8,80
NB: * Il modulo G ed E dipendono dalla condizione di HT e dalla temperatura di lavoro. Negli altri casi sono condizionati dalla temperatura di lavoro.			

1.6 Le piattine

Piattina a BORDI TONDI



Piattina a SPIGOLI VIVI



Piattina a SPIGOLI RAGGIATI



Le piattine sono ricavate da filo. Generalmente hanno forma rettangolare o quadrata con bordi tondi o con spigoli vivi (con un raggio di raccordo minimo), ma possono avere anche forme diverse. Spesso vengono utilizzate per trovare soluzioni a problemi non risolvibili con molle in filo. Pur essendo utilizzate ampiamente nei mollifici, non esiste una norma che le regoli. La designazione è lasciata a consuetudini del passato ormai anacronistiche.

Quello che segue è un tentativo per mettere ordine in questo mondo, auspicando che i mollifici adeguino il loro modo di ordinare le piattine secondo le indicazioni di questa guida.

8

1.6.1 Classificazione e denominazione delle piattine in acciaio al Carbonio

Non è facile stabilire le caratteristiche di una piattina in acciaio per un prodotto nuovo, perché schiacciando il filo, la struttura può modificarsi pesantemente e compromettere le possibilità di piegatura. Le caratteristiche dipenderanno molto dal prodotto che si deve realizzare e il risultato corretto si ottiene dosando la percentuale di carbonio (C) e la resistenza (R_m) per quella lavorazione specifica.

Dimentichiamo quindi le classi del filo (SM, SH, ecc.) e le corrispondenti R_m definite nella norma. Infatti, le diverse combinazioni dei due elementi portano risultati diversi e di conseguenza, la classificazione deve discriminare proprio le differenze di carbonio (C) e resistenza (R_m).

A prima vista potrebbe sembrare che la norma dei nastri, con la presenza di numerose "designazioni" e altrettante percentuali di carbonio, sia la più idonea. In realtà non è così: una differente presenza di elementi previsti nella composizione chimica rispetto al filo, ma soprattutto una forcella di carbonio, ampia (8 punti) fa sì che non sia il modo migliore per designare la piattina.

Il fatto che sia "filo schiacciato" e che il certificato di origine (analisi chimica) che il fornitore utilizzerà per garantire il materiale, deriverà dalla vergella utilizzata, ci porta a pensare che la norma da usare, debba restare dentro il mondo del filo.

Va osservato che il filo dal quale si ricava il prodotto finito (la piattina) può essere considerato un semilavorato (come la vergella, spesso subisce trattamenti termici intermedi). Quindi si presta ottimamente, per l'uso che ne vogliamo fare, la **UNI EN ISO 16120-4** che identifica appunto i semilavorati che le trafileries utilizzano per il filo per molle.

Tale norma classifica i materiali in base alla norma ISO/TS 4949 con la struttura C##D2. La prima lettera "C" indica che si tratta di acciaio non legato, la seguente coppia di numeri "##" indica la percentuale media di carbonio moltiplicata per 100, "D" identificazione per la trafilatura, "2" vergella per requisiti elevati.

La **ISO 16120-4** prevede oltre 30 tipi di materiale con percentuale di carbonio che varia da 0,1% fino all'1% massimo e con forcelle contenute entro 4 punti (*vedi Appendice A - pagina 40*). Inoltre, la parte 4 della ISO 16120, definisce anche varie caratteristiche quali i limiti per difetti superficiali, profondità di decarburazione, inclusioni e segregazioni, qualità indispensabili per ottenere un prodotto finale destinato alla produzione delle piattine per molle.

Non va sottovalutato che questo modello asseconda anche il modo tradizionale di designare le piattine (C50, C60, ecc.).

Dalla tabella sono esclusi i requisiti meccanici. L'unico indispensabile per realizzare il prodotto che si vuole ottenere è il grado di elasticità.

Per definire questo requisito, alcuni utilizzano la resistenza a trazione (R_m), altri la durezza (HRC).

Non si deve dimenticare che le durezze Rockwell sono misure superficiali e sono difficili da eseguire in modo oggettivo. Misurando lo stesso oggetto più volte con lo stesso strumento è facile avere una dispersione anche di 2-3 punti, immaginate cosa può succedere con 2 strumenti diversi: uno presso il fornitore e l'altro presso il cliente.

La piattina, inoltre, subisce un incrudimento superficiale e quindi tra superficie e cuore potremmo riscontrare delle differenze nei valori misurati.

Si potrebbero utilizzare le micro durezze, che costituiscono un metodo di misura meno influenzato da parametri soggettivi, che però implicano controlli più costosi e più lunghi, pertanto non convenienti.

La soluzione migliore è misurare la *resistenza a trazione* (R_m). Questa prova ha una buona ripetibilità e fornisce valori molto simili sia che venga effettuata dal cliente che dal fornitore.

Le macchine di trazione di oggi, dotate di software specifici, calcolano la superficie di piattine con o senza spigoli, con molta precisione e restituiscono valori più affidabili di una durezza HRC. Pertanto, l'indicazione per le piattine al carbonio è quella di definirle secondo la ISO 16120-4 specificando le dimensioni, la resistenza a trazione, il tipo di bordo (BT=bordi tondi; SV=spigoli vivi) e le tolleranze dimensionali che è preferibile concordare col costruttore. (La tabella 8 può aiutare il mollificio a determinare le tolleranze sullo spessore.)

Di seguito un esempio di come il mollificio dovrà emettere l'ordine al fornitore:

Piattina EN ISO 16120-4 C60 3x0,80 BT R_m 1300÷1500

Tolleranze dimensionali: larghezza $\pm 0,10$ - spessore $\pm 0,02$

Nota importante: La scelta della piattina da utilizzare per produrre un determinato prodotto è di pertinenza del mollificio che ha le competenze per stabilire carbonio e R_m in funzione delle lavorazioni da eseguire.

Potrebbe succedere che il fornitore non abbia in casa il filo derivato dalla vergella definita nella EN ISO 16120-4. Infatti gli standard SL, SM e SH prevedono che per questi materiali si possa usare la vergella definita dalla norma EN ISO 16120-2. La prassi da seguire è sempre la stessa cambiando esclusivamente il richiamo alla parte 2 della norma:

Piattina EN ISO 16120-2 C60 3x0,80 BT R_m 1300÷1500

Spessore nominale		Tolleranza sullo spessore	
		Normale	Precisa
>	≤		
	0,10	±0,008	±0,006
0,10	0,15	±0,010	±0,008
0,15	0,25	±0,015	±0,010
0,25	0,40	±0,020	±0,015
0,40	0,60	±0,025	±0,020
0,60	0,80	±0,030	±0,025
0,80	1,00	±0,030	±0,025
1,00	1,20	±0,035	±0,030
1,20	1,50	±0,035	±0,030
1,50	2,00	±0,040	±0,035
2,00	2,50	±0,045	±0,040
2,50	3,00	±0,050	±0,040

Tab. 8 Tolleranze sullo spessore delle piattine

2 Il progetto della molla lavorata a freddo

La molla è un *accumulatore di energia meccanica*, economico e versatile, con delle limitazioni dovute ai materiali usati e alla fabbricazione e deve essere progettata con cura. Essa è un componente *determinante del buon funzionamento* dell'apparecchiatura o dell'oggetto di cui fa parte. La molla dovrebbe essere progettata unitamente all'oggetto che la contiene e il progettista dovrebbe riservare alla molla lo spazio corretto proporzionandola al carico che abbisogna, in maniera che la sua sollecitazione ammissibile τ_{zul} (o σ_{zul}) rispetti la percentuale prevista di R_m del materiale prescelto. (vedi UNI EN 13906 parte 1, 2 e 3)

Una progettazione razionale e la previsione di uno spazio adeguato al suo alloggiamento, permettono non solo una molla adeguata al lavoro che deve svolgere, ma spesso, anche di utilizzare il **"grado 2 o medio di qualità"** per le tolleranze di produzione, grado di qualità consigliato dalla norma EN 15800 come quello con il miglior rapporto qualità/prezzo (En 15800 appendice A) ottenendo un risparmio sui costi spesso anche importante.

La qualità della molla non migliora stringendo le tolleranze al costruttore senza che ciò sia realmente giustificato da sperimentate esigenze di funzionalità.

Sovente la riduzione del campo di tolleranza provoca un aumento di costo non proporzionato all'aumento di valore ottenuto.

Inoltre, quando la molla è dimensionata in modo di restare al di sotto dei limiti di sollecitazione previsti per il materiale utilizzato, la durata della molla è teoricamente infinita e non è teoricamente influenzata dalla frequenza dei cicli nell'unità di tempo.

La probabilità di rottura di una molla aumenta man mano che la sollecitazione si avvicina ai limiti di sfruttamento (τ_{zul} o σ_{zul}) del materiale impiegato, quando, in presenza di carichi alternati, il campo di sollecitazione a fatica (τ_{kh}), si avvicina al limite a fatica del materiale in uso (τ_{kH}) e quando, ad elevate frequenze, si innestano fenomeni di risonanza.

Questa guida riguarda le molle ad elica cilindrica di compressione, di trazione e di torsione costruite a freddo con fili crudi per molle a sezione circolare, dove, secondo la legge di Hooke, entro il limite di elasticità, il carico è proporzionale alla freccia.

La costante che si ottiene dal rapporto (F/s) è definita **rigidezza (R)** e la sua unità di misura è N/mm. Nella molla di torsione diventa **rigidezza angolare (R_{MR})** e la sua unità di misura è Nmm/Deg.

10

Legenda capitolo 2:		
D= diametro medio molla	d= diametro filo	w= rapporto di avvolgimento =D/d
F= carico molla	s= freccia relativa al carico F	τ = sollecitazione a torsione
G= modulo elastico tangenziale	n = numero spire utili = n_t -2	n_t = numero spire totali

2.1 Molle elicoidali a compressione cilindriche

La norma UNI EN 13906-1 afferma che *"per esigenze di fabbricazione deve essere possibile comprimere la molla fino alla lunghezza alla quale tutte le spire sono a contatto"*.

La sollecitazione torsionale ammissibile non corretta a spire bloccate deve essere:

$$\tau_{c\ zul} = 0,56 R_m \quad (\text{con } R_m \text{ valore minimo della resistenza a trazione}).$$

Tale verifica necessaria per capire se la molla in questione è conforme alla norma, (obbligatoria in fase di revisione del contratto) si realizza con le formule seguenti:

$$\text{formula 1} \quad \tau = \frac{8 DF}{\pi d^3} \quad \text{formula 2} \quad \tau = \frac{Gds}{\pi D^2 n}$$

Il rapporto di avvolgimento (w) dovrebbe stare tra 7 e 12. Valori troppo piccoli o troppo grandi portano delle difficoltà costruttive che determinano costi maggiori. La norma comunque si

applica a molle con w compreso tra 4 e 20 per molle avvolte a freddo e tra 3 e 12 per molle avvolte a caldo.

2.1.2 Molle statiche, quasi statiche e dinamiche

Secondo la EN 13906 **statico, quasi statico e dinamico** sono proprietà del carico applicato alla molla.

Carico statico è un carico costante nel tempo.

Carico quasi statico:

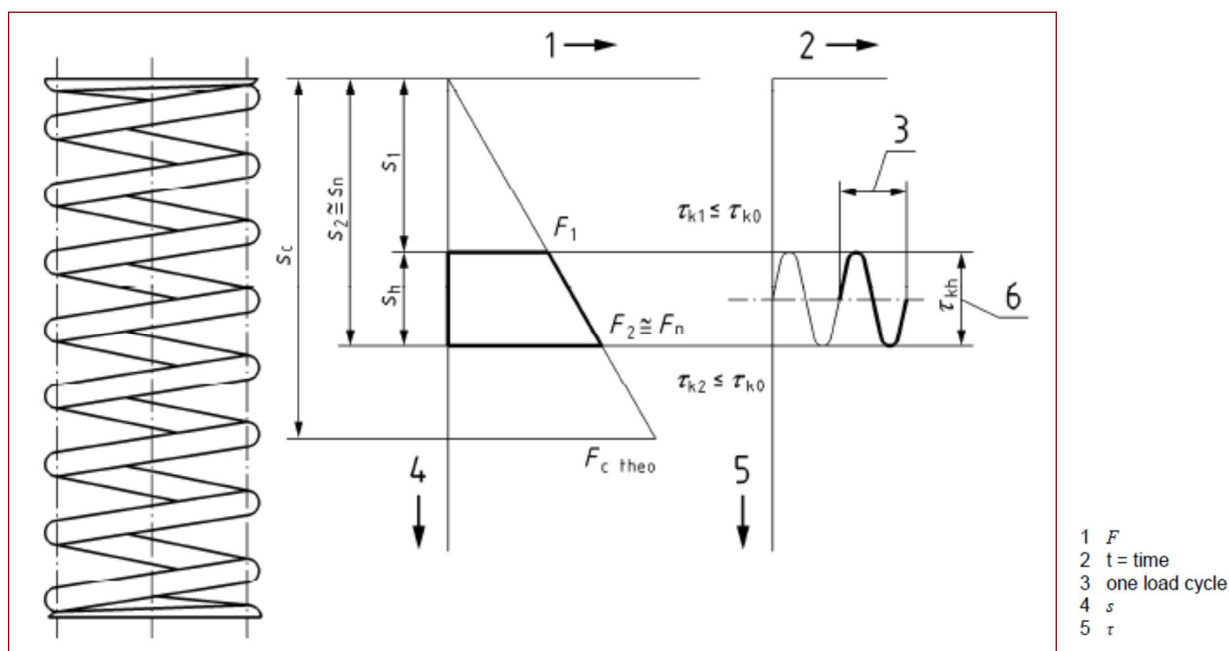
- Un carico variabile, con un numero di cicli $>10^4$ ma con un'ampiezza della sollecitazione torsionale trascurabile (ampiezza $< 0,1$ il limite a fatica del materiale (τ_{kH}))
- Un carico variabile, con un'ampiezza maggiore, ma con numero di cicli limitato a 10^4 .

Carico dinamico:

- Un carico variabile, con un'ampiezza maggiore a $0,1$ di τ_{kH} e con numero di cicli $> 10^4$

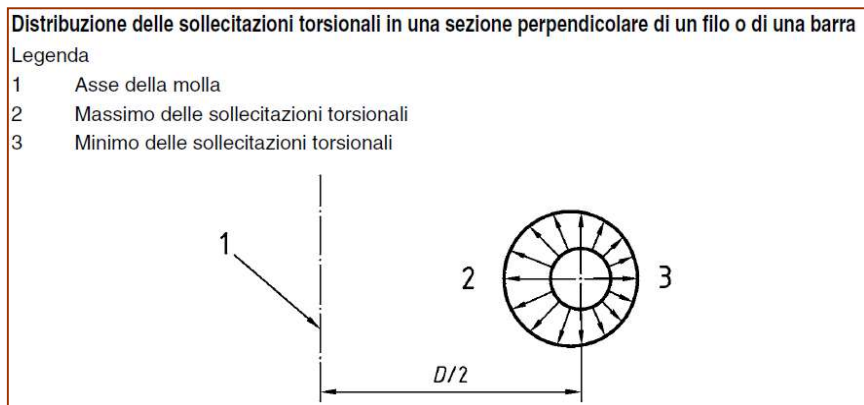
In questo caso, in funzione del numero dei cicli, è possibile avere:

- vita a fatica infinita ($N > 10^7$ per molle avvolte a freddo – $N > 2 \cdot 10^6$ per molle avvolte a caldo)
- vita a fatica limitata ($N < 10^7$ per molle avvolte a freddo – $N < 2 \cdot 10^6$ per molle avvolte a caldo)



2.1.2 Fattore di correzione k

La distribuzione delle sollecitazioni torsionali in una sezione perpendicolare del filo di una molla non è uniforme. Per effetto della curvatura di avvolgimento l'asse di distribuzione delle sollecitazioni si sposta rispetto all'asse del diametro filo. Le sollecitazioni sono più alte in corrispondenza del punto



della spira più interno della molla. Questo spostamento è maggiore con rapporti di avvolgimento piccoli e si può calcolare e compensare con la formula di Wahl o di Bergstrasser:

$$\text{formula di Wahl (3)} \quad k = \frac{4w-1}{4w-4} + \frac{0,615}{w} \quad \text{formula di Bergstrasser (4)} \quad k = \frac{w+0,5}{w-0,75}$$

La norma riporta entrambe le formula che arrivano a risultati simili.

La correzione con k della sollecitazione (τ_k) si applica nel caso di molle dinamiche per valutare la durata a fatica con Goodman, ma anche per valutare il cedimento della molla.

La verifica delle sollecitazioni torsionale ammissibile a blocco (§ 10.1), per sapere cioè se la molla è conforme alla norma, si effettua usando anche in caso di molle dinamiche la τ semplice.

2.1.3 Il cedimento anelastico e l'assestamento della molla.

La norma EN 13906-1 definisce il **cedimento anelastico o rilassamento** come una perdita di carico a lunghezza costante. Vale a dire che la perdita di carico (generalmente una percentuale rispetto al valore iniziale) avviene non per diminuzione della lunghezza libera (L0) ma a causa delle sollecitazioni o della temperatura sostenute nel tempo (generalmente 48 ore).

Ben diverso è l'**assestamento della molla** (presetting) che avviene per compressione a freddo delle spire generalmente a blocco (assestamento a blocco). Può succedere che per motivi particolari, come una τ_c eccessiva, venga richiesto un assestamento ad una determinata lunghezza.

L'assestamento porta in genere a superare la fase elastica della molla per entrare in quella plastica provocando la riduzione della lunghezza libera. L'accorciamento della lunghezza è immediato ma servono più bloccaggi per arrivare ad un assestamento completo. A volte il numero dei bloccaggi viene prescritto a disegno, normalmente il produttore assesta con 2 bloccaggi, massimo 3, che sono quelli che consentono di raggiungere la quasi totalità dell'assestamento.

Per ridurre notevolmente il rilassamento però è necessario procedere ad un assestamento a caldo che si effettua bloccando le molle su apposite attrezzature e riscaldandole per 20-30 minuti (temperatura e tempi fanno parte del know-how del mollificio). L'operazione stabilizza notevolmente il carico della molla riducendone la perdita in esercizio.

Il rilassamento va verificato solamente quando vengono specificati requisiti vincolanti alla stabilità nel tempo del carico della molla e obbliga come minimo all'assestamento a freddo.

È importante tenere presente che la perdita di carico a causa sia del rilassamento che dell'assestamento non è un "difetto" ma una caratteristica della molla che si può contenere o evitare con le dovute prescrizioni, sapendo però che tali prescrizioni incidono sul costo finale.

Nota importante: si deve porre attenzione alla forza applicata per portare la molla a pacco. Se la forza è eccessiva le spire rischiano di scavallare e potrebbero riportare dei segni di schiacciatura. Mentre se la forza non è sufficiente si rischia di avere la molla non completamente a pacco. In entrambi i casi la misura rilevata sarebbe **NON CORRETTA**.

La lunghezza a blocco (L_c) detta anche "lunghezza a spire bloccate" o "lunghezza a pacco" quando per necessità il cliente la prescrive, spesso è calcolata in modo errato. Infatti il valore del blocco da prescrivere al mollificio è indicato dalla norma EN 13906-1 in modo chiaro:

- Per molle avvolte a freddo con estremità chiuse e molate: $L_c < n_t d_{max}$
- Per molle avvolte a freddo con estremità chiuse e non molate: $L_c < (n_t + 1,5)d_{max}$
- Per molle avvolte a caldo con estremità chiuse e molate: $L_c < (n_t - 0,3)d_{max}$
- Per molle avvolte a caldo con estremità chiuse e non molate: $L_c < (n_t + 1,1)d_{max}$

Da notare l'uso di d_{max} che non è il diametro del filo, ma il diametro massimo del filo, compreso della tolleranza che prevede la norma di riferimento.

Il filo 2 SH per esempio ha una tolleranza di $\pm 0,025$. Se, per esempio, ho una molla non molata di 12 spire totali: $L_c = 2,025 \times 13,5 = 27,33$ e non $L_c = 2 \times 13 = 26$.

Se devo invece valutare la sollecitazione a blocco per calcolare il punto " L_{el} " (vedi § 2.1.5) è necessario calcolare la reale lunghezza a blocco con le seguenti formule:

- Per molle avvolte a freddo con estremità chiuse e non molate: $L_c = (n_t + 1)d$
- Per molle avvolte a freddo con estremità chiuse e molate: $L_c = (n_t - 0,5)d$

Nota: le stesse formule si devono usare anche nel caso di molle con terminali APERTI. In questo caso va ricordato che $n_t = n$

3.5.2 Il limite elastico delle molle

Nella pratica quotidiana di chi deve verificare le molle (ricordo che la ISO 9001 ci impone la revisione dei requisiti di prodotto – vedi § 2.5) c'è la necessità di dover indicare al cliente se la molla, nel suo uso normale, subirà una perdita di lunghezza. Per fare questo è necessario individuare il punto dove la molla comincia a cedere e si assesta (vedi § 2.1.3).

La norma, attualmente, non prevede né i simboli né le indicazioni per determinare questo punto. Anccem ha già presentato al CEN la richiesta di poter colmare questa lacuna alla prossima revisione della norma.

Nella vecchia UNI 7900, per la molla di compressione, questo limite era indicato nella condizione di verifica: $\tau_{kn} < 0,50 R_m$.

È chiaramente un valore indicativo, il mollificio con la sua continua esperienza può avere individuato un valore più reale, secondo anche i materiali utilizzati, migliorando il proprio know-how. Nel frattempo, introduciamo in questa guida i simboli mancanti:

- " L_{el} " (e=elastic l=limit) è la lunghezza dove inizia presumibilmente il cedimento.
- " F_{el} " rappresenta il carico della molla a L_{el}
- " τ_{el} " e " τ_{kel} " rappresentano la sollecitazione della molla a L_{el} .

3.5.3 Le molle di compressione coniche

La molla elicoidale di compressione conica o biconica si costruisce con le macchine a controllo senza particolari difficoltà. La caratteristica elastica di questa molla non è lineare, perché il carico applicato a ciascuna spira attiva della molla conica, provoca una freccia progressivamente maggiore man mano che aumenta il diametro della spira.

Cambiando la forma del cono o combinando la molla conica con quella cilindrica, si possono ottenere caratteristiche con andamenti curvilinei particolari.

Qualora sia richiesta una caratteristica particolare che la sola conicità non riesce a soddisfare si può ricorrere alla costruzione di una molla cilindrica o anche conica con passo variabile.

Adottando una conicità adeguata, ovvero se il passo radiale è maggiore del diametro del filo, le spire possono rientrare le une nelle altre, diminuendo in modo importante la lunghezza a blocco della molla, fino ad arrivare addirittura ad uno spessore di filo (molla telescopica).

3.5.4 Casi particolari

Nel calcolare una molla di compressione bisogna badare che non vi siano altre cause che determinino un aumento della sollecitazione. Fra le principali ricordiamo:

- Carichi trasversali
- Carichi da urti
- Instabilità dovuta a snellezza della molla (lunghezza > 2,6 volte diametro esterno)
- Frequenza libera di oscillazione (Risonanza)

Inoltre bisogna tener conto della temperatura di lavoro, di eventuali agenti corrosivi e di situazioni di sfregamento fra la molla e altre parti meccaniche.

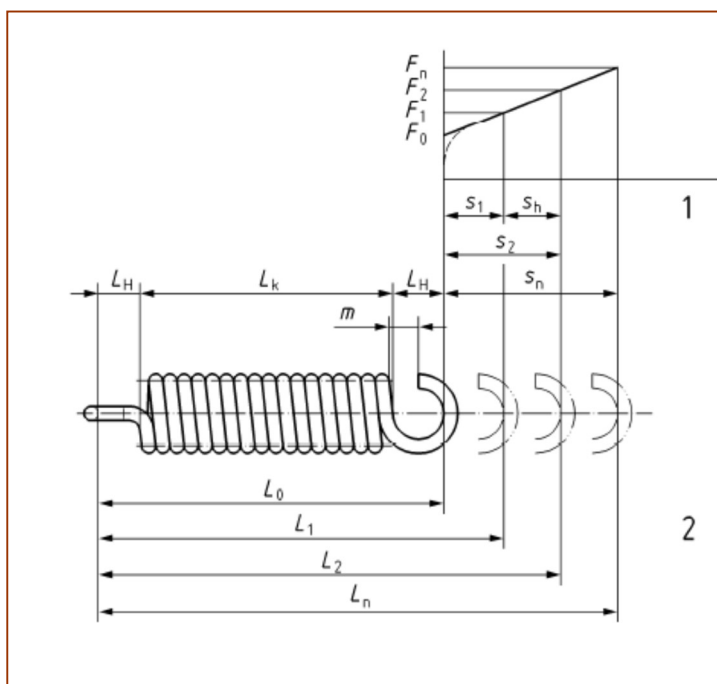
2.1 Molle elicoidali a trazione cilindriche

La molla di trazione è una molla che reagisce ad una forza assiale che tende ad estendere la lunghezza della molla e può essere costruita con o senza precarico (F_0).

In genere alle estremità si trovano gli occhielli che servono per agganciare la molla (per le tipologie di occhiello vedere le tavole a pag. 43-44) e le spire attive coincidono con quelle totali. Talvolta a causa di un carico elevato o di elevate frequenze, l'occhiello viene sollecitato in modo tale da rompersi sul raccordo con il corpo molla. In questi casi si ricorre agli occhielli riportati (più raramente all'uso di tappi da avvitare nella molla).

Il calcolo e i simboli per le molle a trazione sono identici alla molla di compressione.

La sollecitazione torsionale ammissibile non corretta, secondo la norma UNI-EN 13906-2 per le molle avvolte a freddo, deve essere $\tau_{zul} = 0,45 R_m$ (valore minimo della resistenza a trazione) che corrisponde al carico massimo ammissibile F_n .



Per le molle avvolte a caldo invece $\tau_{zul} = 600 \text{ N/mm}^2$.

2.2.1 Verifica della sollecitazione ammissibile

La verifica di conformità, (obbligatoria in fase di revisione del contratto) si realizza con le stesse formule della molla di compressione:

$$\text{formula 1} \quad \tau = \frac{8D(F-F_0)}{\pi d^3}$$

$$\text{formula 2} \quad \tau = \frac{Gds}{\pi D^2 n}$$

Va tuttavia tenuto presente che F (il carico della molla nella formula), dalla revisione della NORMA del 2013, è considerato come carico totale, compreso cioè di precarico F_0 che

per tanto va considerato nei calcoli. Nel caso di molle senza precarico si pone $F_0 = 0$.

Formula 3

$$F = \frac{Gd^4 s}{8D^3 n} + F_0$$

Formula 4

$$s = \frac{8D^3 n * (F - F_0)}{Gd^4}$$

Formula 5

$$R = \frac{\Delta F}{\Delta s} = \frac{F_2 - F_1}{s_2 - s_1} = \frac{Gd^4}{8D^3 n}$$

2.2.2 Sollecitazione torsionale sotto precarico

La sollecitazione torsionale indotta nelle molle avvolte a freddo per generare il precarico F_0 è chiamata sollecitazione torsionale non corretta τ_0 . Il precarico ottenibile, dipende dal livello di sollecitazione torsionale che si riesce ad introdurre con l'avvolgimento. Esso non può essere aumentato a piacere né mantenuto invariato nell'intero lotto. In genere, con avvolgimenti automatici, è del 5%/6% di R_m del materiale. Con avvolgimenti manuali e tecniche di avvolgimento particolari si può arrivare al 10% e anche oltre. Va ricordato che il trattamento termico elimina dal 20% al 50% il precarico ottenuto in avvolgimento.

Nota importante: Le molle di trazione avvolte a caldo non possono avere precarico.

2.3 Molle elicoidali a torsione cilindriche

La molla di torsione è la molla che reagisce ad un momento attorno al suo asse longitudinale. Le estremità (gambi) possono essere formate ed adattate ad ogni singola applicazione, ma nell'interesse di una fabbricazione economica, si dovrebbe ricercare il disegno più semplice possibile, cioè quello con estremità tangenziali. Possono essere costruite destre o sinistre. Il senso di avvolgimento deve essere specificato chiaramente sul disegno.

2.3.1 Verifica della sollecitazione ammissibile.

Le sollecitazioni della molla di torsione, essendo di flessione, non sono più τ ma σ . La sollecitazione di flessione ammissibile è $\sigma_{zul} = 0,70 R_m$ e si calcola con la formula:

$$\sigma = \frac{32 M}{\pi d^3} \quad \text{altre formule: } M = \frac{d^4 E \alpha}{3.667 D n} \quad R_{MR} = \frac{M}{\alpha} = \frac{d^4 E}{3.667 D n} \quad \text{vedi EN 13906-3}$$

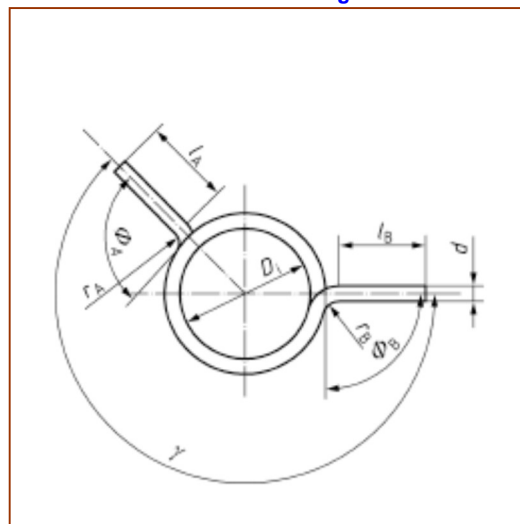
2.3.2 Fattore di correzione q

Come per le molle di compressione e trazione, anche per le molle di torsione la curvatura del filo dà origine nella sezione perpendicolare all'asse del filo ad una distribuzione asimmetrica della sollecitazione.

In caso di carichi dinamici (vedi 2.1.1) pertanto la sollecitazione deve essere corretta col fattore di correzione **q** che dipende dal rapporto di avvolgimento **w** o in caso di pieghe radiali (interne od esterne) dal rapporto **r/d**.

Il fattore di correzione q deve essere utilizzato per le molle con carico dinamico caricate nel senso dell'avvolgimento e per le molle con carico statico caricate nel senso opposto a quello dell'avvolgimento.

Molla con gambi radiali



$$q = \frac{w + 0,07}{w - 0,75} \quad \text{per la correzione della sollecitazione dell'elica (corpo molla)}$$

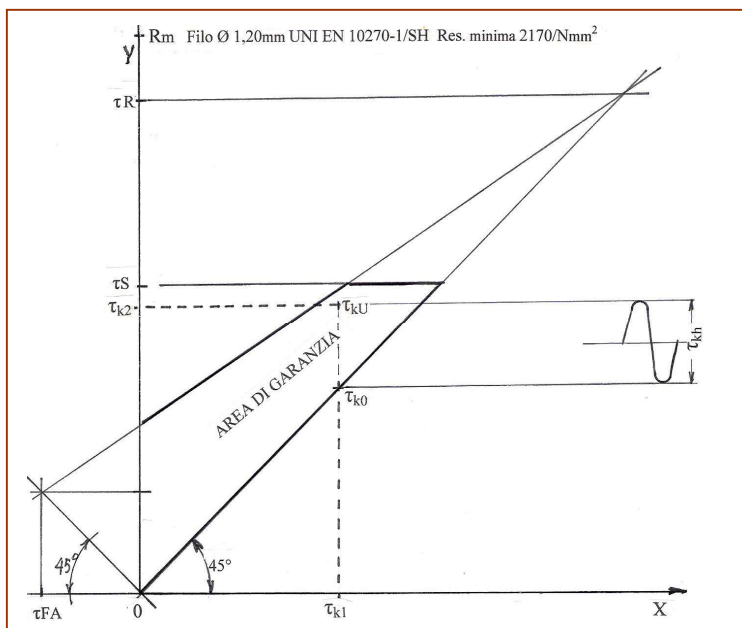
$$q = \frac{2 \frac{r}{d} + 1,07}{2 \frac{r}{d} + 0,25} \quad \text{per la correzione della sollecitazione del terminale}$$

2.4 Il diagramma di GOODMAN

Per verificare se una molla resiste a fatica a un determinato numero di cicli (N) ovvero dopo quanti cicli la molla teoricamente si romperà, si utilizza il diagramma di Goodman.

In pratica si verifica se la sollecitazione a cui la molla è sottoposta è inferiore al valore del limite di fatica a basso numero di cicli o a infinito proprio del materiale in uso.

Il diagramma si costruisce partendo dalla resistenza R_m minore del filo e si utilizza per verificare se l'ampiezza del ciclo (τ_{kh}) rimane sotto il limite di sfruttamento (τ_S) del materiale, all'interno dell'area di garanzia ricavata con τ_{FA} .



R_m = Resistenza minima a rottura del filo.

τ_R = Resistenza corretta con coefficiente di sicurezza ($R=0,80$).

X = Indice di snervamento del materiale. Per le molle di compressione in acciaio al carbonio è 0,50.

τ_S = Tensione di snervamento a torsione ($X \cdot R_m$).

τ_{FA} = Tensione limite di fatica a torsione alternata ($0,333 \cdot X \cdot R_m$).

$\tau_{kh} = \tau_{k2} - \tau_{k1}$ Ampiezza sollecitazione ciclo molla

$\tau_{kH} = \tau_{k0} - \tau_{kU}$ Ampiezza limite a fatica del materiale

Nel diagramma costruito si inseriscono τ_{k1} e τ_{k2} . Ponendo $\tau_{k1} = \tau_{kU}$, τ_{k2} deve rimanere dentro

l'area di garanzia. Per le molle di torsione τ_k è sostituito da σ_q .

2.5 La norma ISO 9001

È importante ricordare che la norma ISO 9001 impone, a chi è certificato, la revisione dei requisiti di prodotto pertanto ci obbliga a verificare i disegni già in fase di offerta.

Al punto 8.2.2 dice che "Nel determinare i requisiti dei prodotti l'organizzazione deve **assicurare** che:

- a) Siano definiti i requisiti dei prodotti e dei servizi compresi:
 - 1) I requisiti cogenti applicabili
 - 2) I requisiti ritenuti necessari dall'organizzazione
 - 3)

e al punto 8.2.3 "Riesame dei requisiti relativi ai prodotti e servizi" dice:

"L'organizzazione deve assicurare che essa possiede la capacità di soddisfare i requisiti dei prodotti e servizi al cliente. Prima di impegnarsi a fornire prodotti al cliente, l'organizzazione deve condurre un riesame che comprenda:

- a) I requisiti specificati dal cliente...;
- b) I requisiti NON stabiliti dal cliente ma NECESSARI per l'utilizzo specificato o atteso...;
- c) I requisiti specificati dall'organizzazione -
- d) I requisiti cogenti...

Inoltre l'organizzazione deve assicurare che siano risolte le eventuali differenze fra i requisiti del contratto o dell'ordine, rispetto a quelli espressi in precedenza;...."

Le verifiche importanti da segnalare al cliente sono:

- Le sollecitazioni massime (se superano i valori ammissibili)
- L'eventuale assestamento della lunghezza. (se non previsto)
- Verifica a fatica e relativo diagramma di Goodman. (Se la molla lavora a fatica e i requisiti non corrispondono alla verifica).

3 Definizione delle classi d'uso delle molle

Le molle sono sempre progettate ed *omologate dall'ufficio tecnico dell'azienda committente perché sono, strutturalmente, un elemento determinante della funzionalità delle apparecchiature meccaniche che la contengono.*

Le classi di uso, che non devono essere confuse con i gradi di precisione delle tolleranze, sono collegate all'utilità e all'osservanza delle esigenze per cui la molla è stata progettata.

In funzione di alcuni dati in ingresso si determina *la classe della molla* che intrinsecamente **riepiloga e trasmette non solo i requisiti di qualità e di controllo ma anche accuratezza dei processi, selezione dei produttori dei materiali di filo e nastro.**

3.1 Definizioni delle CLASSI D'USO DELLE MOLLE

Oltre alle molle definite di "sicurezza" che esulano dalle indicazioni di questa Guida, sono definite 4 classi in cui classificare le molle:

* Sicurezza

Funzionamento in situazioni ad elevato rischio per le persone e l'ambiente. Appartengono a questa categoria le molle impiegate in impianti nucleari, petrolchimici o in situazioni tali che la rottura della molla pregiudica la vita delle persone o la distruzione dell'ambiente circostante.

Le informazioni e le prescrizioni di sicurezza e qualità si devono quasi sempre adeguare ad istruzioni e norme estranee a questa Guida.

È il committente che dichiara che la molla è un componente di sicurezza ed è sempre il committente che ne definisce la qualità, le tolleranze, i controlli, le certificazioni e tutto quanto è attinente alla funzionalità del componente elastico.

Classe A – CRITICA

Funzionamento in sistemi complessi, in grandi impianti e in strumenti scientifici di livello superiore. Sono molle di **protezione** e la rottura o il malfunzionamento implica la possibilità anche se in maniera non grave, di danni alle persone e all'ambiente circostante.

Classe B – IMPORTANTE

Funzionamento nei sistemi e cose costose, in armi da fuoco e motori endotermici, in automatismi complessi e delicati o in apparecchiature vendute con "garanzia" legale.

Classe C – NORMALE

Funzionamento in strumenti, apparecchiature o macchine soggette a controlli funzionali qualificati da Capitolati Ufficiali di collaudo.

Classe D – SECONDARIA

Funzionamento in ambiente pulito e in apparecchiature esenti da rischi per persone o cose ed esenti da limitazioni eccedenti la normalità.

Nota: termini usati nel capitolo 3:

- Sicurezza** – si intende che vi sia pericolo di morte o di distruzione dell'ambiente.
- Protezione** – si intende che vi sia pericolo di danno per persone, l'ambiente o cose.
- Garanzia** – si intende di prodotto di durata garantita legalmente, con sostituzione o riparazione gratuita in caso di malfunzionamento attribuibile al costruttore.

3.2 Descrizione delle modalità per classificare le molle

Per definire la classe di appartenenza della molla, il progettista deve utilizzare il criterio che andremo a definire di seguito.

In funzione di alcuni parametri "in ingresso" si attribuiscono dei punteggi la cui somma andrà a determinarne la classe. I punteggi sono più alti dove alla molla sono richiesti o prescritti requisiti più gravosi e vincolanti.

3.2.1 Parametri in ingresso

I parametri in ingresso da considerare sono:

- Accuratezza dimensionale.
- Accuratezza dei carichi.
- Modo di funzionamento.
- Impiego.
- Valore del Cpk ovvero indice di capacità del processo di produzione richiesto.
- Controllo finale: livello di controllo richiesto.

3.2.2 Elemento 1: Accuratezza (precisione) dimensionale

Le tolleranze dimensionali sono quelle indicate nelle norme Europee e sono richiamate e sintetizzate nella Guida Tecnica Anccem n° 4. Tutte le norme di tolleranze per le molle prevedono 3 gradi di qualità. A questi gradi viene aggiunta la possibilità di definire da parte del cliente una tolleranza "extra norma", più limitante rispetto ai gradi definiti. Chiaramente, le tolleranze "extra norma" vanno prescritte con attenzione, soprattutto devono aggiungere valore maggiore rispetto ai costi di produzione che inevitabilmente graveranno sui prodotti.

- Extra norma
- Grado 1
- Grado 2
- Grado 3

3.2.3 Elemento 2: Accuratezza (precisione) dei carichi

Vale lo stesso discorso del punto precedente.

- Extra norma
- Grado 1
- Grado 2
- Grado 3

3.2.4 Elemento 3: Modo di funzionamento

Si considera il carico della molla in funzione al numero di cicli che le molle devono garantire. Distingueremo di conseguenza:

- Molle con carico altamente dinamico - numero di cicli $\geq 10^6$
- Molle con carico dinamico - numero di cicli $\leq 10^6$
- Molle con carico quasi statico - numero di cicli $\leq 10^4$
- Molle con carico statico - poche decine di cicli

Nota: Quando le molle sono soggette a carichi dinamici è importante verificarne la frequenza fondamentale affinché non si sovrappongono ulteriori sollecitazioni a causa di risonanza meccanica.

3.2.5 Elemento 4: Impiego

- **Rischioso** – La rottura o il mal funzionamento della molla crea danni economicamente rilevanti a organi, apparecchiature o parti di macchine. Sono molle di protezione. La sostituzione non è possibile.

- **Prudente** – La rottura o il mal funzionamento della molla crea danni elevati a organi, apparecchiature o parti di macchine. I costi di sostituzione sono rilevanti.
- **Ordinario** – La rottura o il mal funzionamento della molla crea danni a organi, apparecchiature o parti di macchine poco rilevanti. I costi di sostituzione sono trascurabili.
- **Semplice** – La rottura o il mal funzionamento della molla non crea danni a organi, apparecchiature o parti di macchine. I costi di sostituzione sono trascurabili.

3.2.6 Elemento 5: Capacità e deriva del processo - valore del Cpk

Distinguiamo quattro classi nella prescrizione di capacità del processo produttivo:

- $Cpk \geq 1,67$
- $Cpk \geq 1,33$
- $Cpk \geq 1,00$
- Senza prescrizione di Cpk

3.2.7 Elemento 6: Controllo finale - livello di controllo richiesto

Distinguiamo quattro classi di controllo richiesto sul lotto:

- Controllo al 100%
- Controllo con $LQA \leq 1,0$
- Controllo con $LQA \geq 1,0$
- Controllo finale non prescritto

3.3 Attribuzione del punteggio

In base ai parametri in ingresso, con l'ausilio della tabella seguente, si attribuisce un punteggio per ogni riga, determinato dal campo in cui la molla rientra.

Tab. 6 - Modalità di abbinamento del punteggio

PUNTEGGIO	*	5	4	2	1
Tolleranze dimensionali		Extra norma	Grado 1	Grado 2	Grado 3
Tolleranze dei carichi		Extra norma	Grado 1	Grado 2	Grado 3
Modo di funzionamento		Altamente dinamica $\geq 10^6$	Dinamica $\leq 10^6$	Quasi statica $\leq 10^4$	Statica $\leq 10^2$
Impiego	SICUREZZA	RISCHIOSO	ATTENTO	ORDINARIO	SEMPLICE
Valore del Cpk ovvero indice di capacità del processo di produzione richiesto		$Cpk \geq 1,67$	$Cpk \geq 1,33$	$Cpk \geq 1,10$	Senza prescrizione
Controllo finale livello di controllo richiesto		100 %	$LQA \leq 1$	$LQA \geq 1$	Senza prescrizione

3.4 Definizione della classe della molla

In base al punteggio totale ottenuto sommando i punteggi corrispondenti ai campi delle righe della Tab. 6, si attribuisce alla molla la classe con l'aiuto della tabella seguente:

Tab. 7 - Abbinamento punteggio-classe

Classe di uso della molla	Punteggio totale
** - SICUREZZA	*
A - CRITICA	≥ 25
B - IMPORTANTE	18 ÷ 24
C - NORMALE	7 ÷ 17
D - SECONDARIA	≤ 7

3.5 Le indicazioni della classe d'uso e qualità minima garantita

I requisiti e le prescrizioni descritte nelle sezioni seguenti, sono indicazioni per il progettista committente, che con il rilascio degli elementi in uscita, fornirà le informazioni necessarie e utili per lo sviluppo del prodotto e per la compilazione della specifica tecnica della molla.

*Lo scopo evidente della prescrizione della classe d'uso della molla è di renderla meno costosa e certamente corrispondente al lavoro che essa deve svolgere con una qualità minima garantita dal mollificio **anche senza prescrizioni**.* (vedi tab 8).

La classe d'uso va riportata sul disegno (preferibilmente) o nell'ordine.

Tab. 8 Qualità minima garantita dal mollificio

	A - Critica	B - Importante	C - normale	D - Secondaria
Tolleranze	grado 1	grado 2	grado 2	grado 3
Cpk in processo	≥ 1,25	≥ 1,33	≥ 1	≥ 1
Controllo Finale	CCFR% _o pz 20÷150 max - oppure Prosp. II A Liv. 1 LQA 1	CCFR% _o pz 15÷125 max - oppure Prosp. II C Liv. 1 LQA 1	CCFR% _o pz 10÷50 max	CCFR % _o pz 5÷20 max

3.5.1 Requisiti e prescrizioni, suggerite per la compilazione della specifica tecnica.

Il progettista deve tenere presente che se per il mollificio ogni prescrizione ha un costo aggiunto, *al cliente ogni prescrizione in più dovrà portare a un minore costo di gestione, a un maggiore valore aggiunto o a una maggiore garanzia di funzionalità.*

Per le molle di SICUREZZA, le informazioni e le prescrizioni di sicurezza e qualità si devono sempre adeguare ad istruzioni e norme estranee a questa Guida. Il committente insieme all'ordine e al disegno dovrà allegare pertanto anche tutte le specifiche e i capitolati a cui il fornitore dovrà attenersi. Nell'ordine o sul disegno dovrà essere indicato chiaramente la classe "**SICUREZZA**" a cui la molla o il componente elastico appartiene.

Negli altri casi il disegno dovrà riportare tutte le prescrizioni che il fornitore dovrà rispettare.

Tab. 9 - Requisiti da esplicitare sul disegno.

classe	Requisiti e prescrizioni per le molle
TUTTE	Riferimento alla norma del materiale e alla sua classe di qualità
TUTTE	Tolleranze dimensionali e dei carichi o dichiarazione di classe
** A B	Riferimento alle norme per le finiture superficiali e per i loro controlli
** A B C	Richiesta di controllo statistico finale con prescrizione di LQA, oppure di controlli statistici in produzione con prescrizione di CPK o dichiarazione di classe
** A B	Numero medio di cicli/h o di cicli/giorno, del funzionamento della molla o numero di cicli a rottura
** A B	Sollecitazione a flessione o torsionale massima τ _k calcolata per il carico F maggiore

** A B	prescrizione controllo 100% (quando necessario)
** A B	Perdita di lunghezza max dopo compressione (assestamento) (quando necessario)
** A	Perdita di carico max (rilassamento) (solo se necessario)
** A	Prova di durata: - deve superare N* numero di cicli (solo se necessario)
** A B	Elenco della documentazione dei controlli di qualità da allegare alla consegna, secondo la procedura di accettazione del committente
** A	Tempo di conservazione dei documenti riguardanti la qualità e rintracciabilità

Quando nell'ordine del committente o sul disegno non è indicata la classe d'uso della molla, per ottemperare alla norma UNI EN ISO 9001/2015 punto 8.2.2 sui requisiti relativi al prodotto, **la classe d'uso garantita dal mollificio, sarà la classe C normale.**

21

Nota importante: le tolleranze dimensionali e dei carichi della molla dovrebbero essere sempre indicate, ricordando che per le molle esistono norme europee specifiche (vedi guida Anccem n°4) e a quelle si deve fare riferimento. Non è possibile utilizzare per le molle le tolleranze ISO per le lavorazioni generiche o quelle per l'asportazione di truciolo.
Nel caso le tolleranze non fossero esplicitate sul disegno, il mollificio applicherà le tolleranze di grado 2 secondo quanto stabilito nelle norme EN sulle tolleranze e nella guida ANCCEM n°4.
Il mollificio ha però l'obbligo di indicare nella conferma d'ordine il grado di qualità che intende applicare o richiamare la presente guida con relativo paragrafo "guida 5 § 3.4.1" (ISO 9001/2015 cap.8.2.3)

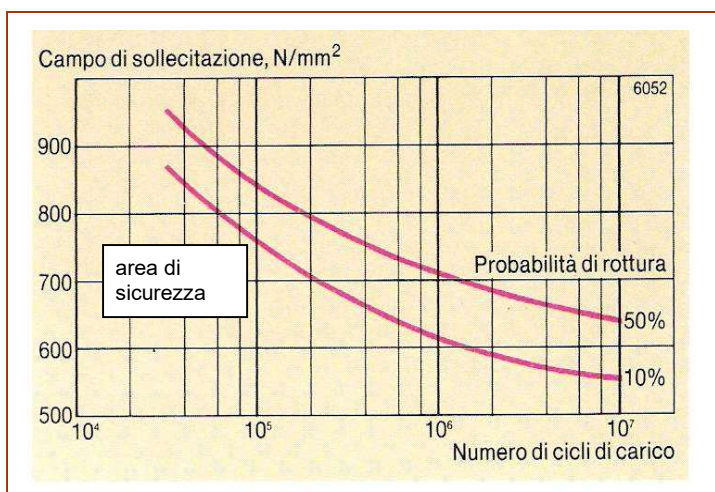
3.5.2 La durata delle molle

Per le molle costruite con i fili d'acciaio per molle o con i nastri d'acciaio temprati o crudi per molle, il funzionamento quotidiano della molla determina il numero medio di cicli giornalieri per tutta la durata prevista. Le esigenze di funzionamento o l'elevato costo della sostituzione, determinano l'eventuale necessità di verificare la capacità della molla di superare la soglia di garanzia della durata infinita o la garanzia di 2 anni prescritta dalla legge.

La prescrizione della garanzia e delle eventuali prove di durata, deve essere sempre concordata tra committente e fornitore.

La prescrizione di durata di una molla si limita all'indicazione della soglia di garanzia, oltre la quale, escluse difettosità del filo, la molla progettata entro i limiti di fatica di quel materiale, ha una durata infinita.

Diagramma di Wöhler



In questo caso, il campo di sollecitazione considerato è composto da due semionde del ciclo di lavoro

$$(\tau_{kh} \times 2)$$

Una molla con campo di sollecitazione di 600 N/mm² (τ_{kh} 300 N/mm²) avrà il 10% di rischio di rottura a circa 10⁶ cicli. Le molle elicoidali con Campo di sollecitazione <500 N/mm² hanno teoricamente una durata infinita.

Le soglie di garanzia consistono in un numero di cicli che la molla deve superare eseguendo una prova che simula il campo di sollecitazione durante il funzionamento in esercizio. Lo scopo è verificare se la classe di materiale scelto e il processo definito sono idonei alle condizioni di impiego previste.

In genere per i modelli di molle dinamiche delle classi d'uso B e C, la soglia di garanzia si sceglie tra 10^4 e 10^5 cicli. Le soglie di garanzia di 10^6 e 10^7 cicli, si applicano soltanto a molle soggette ad altissime frequenze o con un ampio campo di sollecitazione (Vedi UNI EN 13906).

La prescrizione della prova di durata, per le molle *altamente dinamiche*, richiederà, in fase di progettazione, un "test prolungato" per accertare che il progetto della molla sia idoneo e che con il materiale adatto e un processo adeguato, la durata della molla supererà i 10^7 cicli, oltre i quali, secondo le curve di Wöhler, la probabilità di rottura è quasi nulla. Con questa prova, l'eventuale rottura per fatica dovrebbe accadere in un tempo ed un numero di cicli accettabile per le esigenze d'uso di quella molla.

Le prove di durata, le cui modalità di esecuzione è importante vengano condivise e discusse, possono essere effettuate sia dal committente che dal fornitore. Se effettuate dal fornitore, egli informerà il committente dei costi della prova e troverà un accordo per l'addebito totale o parziale di essa.

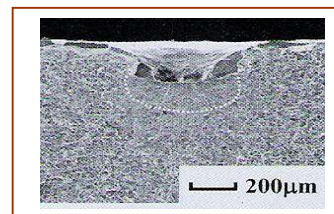
3.5.3 Le difettosità dei materiali, come eccezionale causa di cedimento delle molle

Le eventuali difettosità della materia prima, usata dal mollificio, sono causate da problemi provenienti dalla fusione e laminazione dell'acciaio o dalla trafilatura. I difetti compaiono improvvisamente in un certo punto del laminato o trafilato e ne possono interessare in modo discontinuo, solo alcuni millimetri o alcuni metri.

Effetto delle intaccature superficiali e delle inclusioni non metalliche

Se, durante la formazione a caldo di vergella da 16mm o durante le soste e gli spostamenti, si producesse una vaiolatura o intaccatura superficiale di 10 mm di lunghezza, durante la trafilatura per la riduzione a diametro 1,00mm quel difetto superficiale raggiungerà una lunghezza di 2,56m. Le inclusioni e segregazioni non metalliche della colata sono di dimensioni assai più piccole e produrranno micro-difettosità interne molto limitate. La pericolosità di questi difetti per la durata della molla molto sollecitata, si potranno valutare solo con prove distruttive caso per caso. Queste micro-difettosità sono raramente causa di rottura della molla normale in esercizio statico (<1 cicli/giorno), quasi-statico (< 10^4) e sollecitate entro i limiti di sicurezza.

Difetto superficiale della dimensione di circa 0,5mm

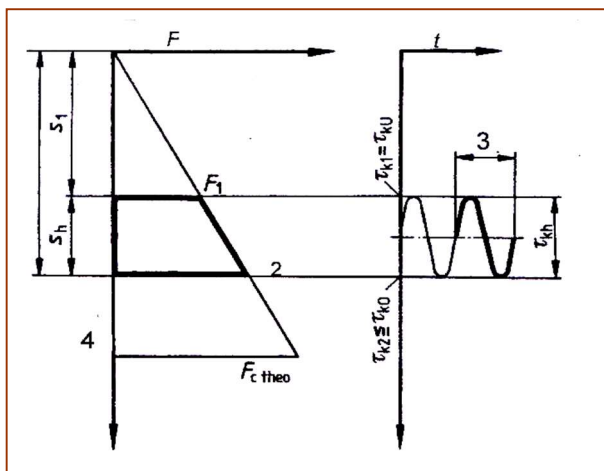


Ben diversa è la situazione delle molle costruite con i materiali indicati nella tabella UNI EN 10089, con diametri importanti e che devono essere bonificate dal mollificio.

In questo caso la presenza di difetti superficiali può essere all'origine della formazione di cricche durante l'operazione di tempra.

3.5.4 Il cedimento per sovrasollecitazione nei casi eccezionali di difettosità localizzata del filo o nastro metallico

Per le molle con ciclo mediamente dinamico (<60 cicli/ora), l'eventuale presenza di micro-difetti superficiali o all'interno del filo, eccezionalmente presente in 5÷10 molle consecutive, nel caso di sollecitazioni di funzionamento (Tkh) troppo vicine al limite di snervamento, potrebbe al massimo causare la diminuzione della durata di quella molla a < 10^5 cicli e, nel caso di molla con ~50 cicli/minuto, il cedimento entro la prima settimana di funzionamento.



Le molle a funzionamento "statico" o "quasi-statico" ($< 10^4$) non presentano mai problemi di durata, anche se sottoposte a un ampio campo di sollecitazione di torsione o di flessione e fenomeni di cedimento anomalo si verificano raramente.

- 1 - Freccia (s) al secondo carico
- 2 - Secondo Carico (F)
- 3 - Ciclo di carico
- 4 - Freccia totale della molla
- k - E' il fattore di correzione di Wahl

Grafico da UNI
EN 13906-1

Per il calcolo del Carico (F) delle sollecitazioni (τ_1) e delle frecce di lavoro (s) della molla, vedere la Norma UNI EN 13906-1. La τ_{zul} (ammissibile) dovrebbe avere un valore max (N/mm^2) corrispondente a $0,56R_m$ minima del filo prescritto. Le formule per la verifica della sollecitazione di torsione sono al par. 2.1

4

I controlli del lotto di molle

4.1 Il concetto di qualità

Il concetto di qualità nel tempo si è stratificato nella componentistica e l'esigenza dei clienti per avere un prodotto fatto bene è diventata sempre più pressante. Definire però quando una molla è di qualità superiore rispetto ad un'altra, non è semplice, perché è necessario considerarne l'uso e le esigenze del cliente. In un mondo globalizzato, dove la concorrenza tra imprese è accanita, è necessario vendere al cliente solo la "qualità" di cui lui ha bisogno e per la quale è disposto a riconoscerne i costi aggiuntivi. Ciò che va oltre diventa superfluo e a volte invendibile.

Parlando di molle per esempio, *non è assolutamente vero che tolleranze più strette fanno una molla di qualità superiore*, proprio perché la qualità è strettamente legata all'uso del prodotto. Pertanto il *concetto di qualità nel mollificio è legato principalmente al fatto di **consegnare al cliente** un lotto con la certezza che tutte le molle siano rispondenti ai requisiti da lui richiesti*, indipendentemente dai requisiti stessi.

Di conseguenza "controllo di (della) qualità" significa *gestire un processo per assicurare che tutti i parametri da controllare rimangano dentro i limiti definiti e che le prestazioni di quel processo siano mantenute nel tempo*.

4.1.1 I requisiti da controllare

Le caratteristiche da controllare su una molla di qualsiasi tipo vengono definite dal cliente (normalmente dal progettista) e riportate sul disegno.

Generalmente le caratteristiche da controllare sono di numero limitato, pochi requisiti ritenuti importanti per la funzionalità o il montaggio e prestabiliti dal progettista.

Tenere sotto controllo numerosi requisiti spesso porta solo ad un aumento dei costi. Ma per razionalizzare il controllo qualità, occorre conoscere l'importanza esercitata dalle caratteristiche. Sapere se un requisito è critico piuttosto che secondario permette di decidere quali controlli applicare al processo e con quale frequenza. Ecco come la definizione della classe d'uso del componente e il dialogo tra fabbricante e cliente possono portare valore aggiunto.

4.2 I metodi di controllo

Il controllo del lotto di molle può essere al **100%, statistico o campionario**:

- **Controllo al 100%** - significa che tutta la popolazione di un lotto per uno o più requisiti stabiliti, è sottoposta al controllo ad uno ad uno. È il controllo più sicuro perché permette di accettare o respingere ogni singolo elemento, anche se *non offre la garanzia assoluta della conformità* (l'errore può essere presente) ma è il massimo che si può fare. Ha un costo molto elevato e spesso ha bisogno di tecnologia specifica.
- **Controllo statistico** - significa che in un lotto composto da una certa popolazione solo un *campione* dei suoi elementi viene sottoposto a controllo, avvalendosi del supporto della matematica statistica. L'enorme vantaggio di questo metodo è che ha un costo molto basso e, se applicato bene, da buone garanzie di ottenere un prodotto conforme.
- **Controllo campionario** – Controllo eseguito prelevando un campione di molle generalmente in modo casuale dall'intera popolazione. Viene utilizzato tipicamente per controlli intermedi e delibera del prodotto finito. (vedi § 4.6.1)

4.2.1 Controllo per variabili e controllo per attributi.

I controlli citati al punto 4.2, possono essere eseguiti in base a due modalità:

- **Per attributi** - dove l'elemento base di giudizio è dato dalla presenza/assenza di uno stato di conformità in generale. Sono dati "discreti" che definiscono caratteristiche qualitative. Es. confronto con calibro P/NP; OK/NoOK; aspetto visivo; ecc..
- **Per variabili** - dove gli elementi di giudizio scaturiscono da osservazioni fatte attraverso la misurazione di caratteristiche quantitative, come Forze, Lunghezze, ecc. Es. misurazioni con calibro centesimale; prova-molle...

Nel **controllo per attributi** si osservano valori numerati di non conformità e si confrontano con medie e limiti di riferimento.

Nel **controllo per variabili** si osservano valori di misura e si confronta la relativa distribuzione con i valori medi e i valori limiti di riferimento.

Il controllo per variabili è preferibile al controllo per attributi perché più efficace nella valutazione del processo in quanto consente analisi statistiche più accurate, rilevamento di situazioni anomale quali tendenze o derive.

4.2.2 I tipi di controllo

Quando si produce un lotto di molle esso è interessato da tre tipi di controllo in tempi diversi:

- Controllo di inizio produzione (benestare)
- Controllo di processo
- Controllo finale

Tutti questi tipi di controlli possono essere eseguiti con le metodologie citate pocanzi.

4.3 Cenni di statistica

La statistica applicata al controllo dei lotti di molle fonda la sua filosofia e il suo sviluppo sulla misurazione e l'analisi del processo e della capacità che lo stesso ha di soddisfare le richieste dei clienti.

Quindi l'**indice di capacità o Cp** misura se e quante volte la variazione naturale del processo, che corrisponde al valore di 6σ , è inferiore ai limiti di controllo (tolleranza richiesta dal cliente).

$$C_p = \frac{LST - LIT}{6 \cdot \sigma}$$

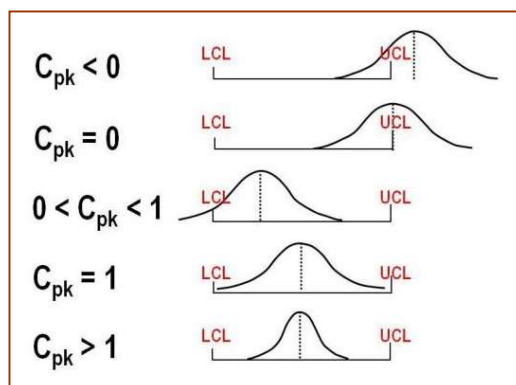
$$C_{pk} = C_p * (1 - K)$$

$$K = \frac{ass(\bar{X} - X)}{TollDis}$$

Si potrebbe però avere un ottimo **Cp**, avere cioè un lotto con variazioni molto contenute, ma lontano dal valore nominale che vuole il cliente. L'indice che misura questa deriva è il **Cpk**.

Questo indice, detto anche indicatore di prestazione, non è mai > di **Cp**, ma tende a Cp e più ne è distante quanto più la media del processo è lontana dal valore nominale.

Un valore di Cp elevato ma con **Cpk** < di 1, significa che il processo potrebbe rispettare le richieste del



cliente ma in pratica non lo fa. Viene definito "non in controllo". La media dei valori è lontana dal valore prescritto.

Termini usati nel capitolo 4

LST= limite superiore tolleranza e **LIT** = limite Inferiore tolleranza, in questa guida, sono preferiti a **LSC** e **LIC** usati nella UNI 4728/66 dove C sta per "controllo".

C_{pk} = Indice di prestazione - Deriva del processo

C_p = Indice di capacità o capability

T_{nat} = Variazione naturale del processo

S = Scarto tipo o stima della variabilità di una popolazione di dati

σ = Deviazione standard o variabilità di una popolazione di dati

X = Valore assegnato \bar{X} = Valore medio del processo

4.4 Controllo di "inizio produzione"

Il controllo di "inizio produzione" serve per dare il benessere all'avvio della produzione. Tutti i mollifici ormai, hanno codificato nelle loro procedure il metodo per eseguire questo controllo nelle loro aziende. In estrema sintesi si tratta di misurare pochi pezzi (generalmente 5÷10) estratti da un mini lotto iniziale, i cui elementi devono avere le caratteristiche il più vicino possibile ai valori nominali del disegno (solitamente entro $\pm 1\sigma$), in modo di poter avviare la produzione con un processo più centrato possibile.

4.5 Controllo statistico di processo o SPC

L'SPC è un insieme di tecniche e strumenti utili per raggiungere la stabilità del processo. Tra gli strumenti in questione (detti i magnifici sette) vi sono gli istogrammi, i diagrammi Causa-Effetto e le CARTE di CONTROLLO.

Con la diffusione di software che forniscono carte di controllo con i relativi parametri, le tecniche di statistica sono entrate nelle aziende e quasi tutti i mollifici le applicano alle loro produzioni.

Normalmente queste metodologie sono implementate in *regime di AUTOCONTROLLO*, un approccio moderno, dove chi produce ha la responsabilità di curarsi della produzione in quantità e qualità. Mentre la funzione aziendale RQ fa da supporto per le analisi dei dati raccolti e per tutte le attività che richiedono competenze specifiche.

Riprendendo la sintetica definizione di Juran, l'SPC è "l'applicazione di tecniche statistiche per comprendere ed analizzare le variabilità di un processo".

In parole povere la statistica ci permette di capire *se il nostro processo ha la capacità di soddisfare le richieste dei clienti*.

Per aumentare il grado di garanzia della conformità del lotto alle specifiche, il Committente può prescrivere l'applicazione dei controlli statistici in processo, con la prescrizione del **C_{pk}**.

In questo caso il mollificio applicherà il metodo "± 3 Sigma" basato sulla "deviazione standard" o sullo "scarto tipo" (σ o S) che consente di documentare tanto la capability del processo quanto la deriva del processo stesso rispetto alla quota nominale.

Sulla distribuzione delle molle nel campione è calcolata la gaussiana e da questa il valore di σ per campione rilevato dal lotto già eseguito (deviazione standard), oppure s per campione ricavato all'inizio della produzione (scarto tipo). In questo ultimo caso si mette al divisore n -1.

$$s = \sqrt{\frac{\sum_1^N (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

Questo procedimento è valido soltanto se il processo è mantenuto in controllo. In questo caso, teoricamente, dentro $\pm 3\sigma$ si avrà la dispersione del 99,73% di unità buone, mentre fuori dai limiti rimarrà probabilmente solo lo 0,27% delle unità (2.700 PPM).

Per poter garantire i 30 PPM di difettosità come spesso oggi i clienti chiedono, è necessario che il lotto prodotto abbia un $C_{pk} > 1,50$. ($C_{pk} = 1,33$ corrisponde a 63,5 PPM)

4.5.1 Le carte di controllo del processo.

Le carte di controllo sono lo strumento più importante per controllare il processo produttivo. Le più famose sono le carte XR (o Xw) usate quando il campione da misurare (prelevato) è inferiore a 10 elementi.

Negli altri casi si usano le carte XS. Sono chiamate anche carte di Shewhart dal nome di colui che le introdusse per la prima volta nel 1924.

Sono sostanzialmente un grafico bidimensionale dove sull'asse delle ordinate vengono indicate le misure riscontrate, mentre sull'asse delle ascisse, il numero progressivo dei campioni o i tempi in cui sono rilevate le misure.

4.5.2 Carta di controllo del processo LDB per lotti di breve durata

Con i lotti di produzione dei mollifici con durata di poche ore, le carte XR non sono utilizzabili. Per le molle è utilizzabile la Carta di Controllo a Limiti Predeterminati (Pre-Control Chart) conforme anche a UNI ISO 7870-, dove siano già tracciati le scale e i limiti di controllo, rendendo visibili le escursioni R entro $\pm 3\sigma$ e un $C_p \geq 1$. Le correzioni sono a $\pm 2\sigma$.

La carta LDB, si costruisce con la supposizione che X_m sia uguale a Q_n (Quota nominale) e i valori max e min del requisito da controllare, corrispondano ai LST e LIT della tolleranza.

Il metodo Sei Sigma

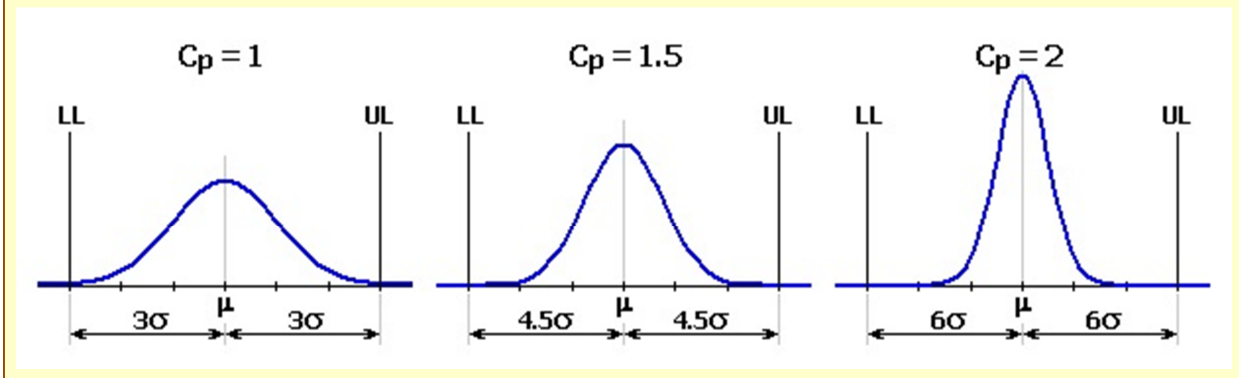
Negli ultimi anni le richieste dei clienti sono diventate sempre più restrittive. Si parla ormai di pochi "PPM" ovvero che i pezzi difettosi siano di poche unità su un milione.

Questo perché la molla viene inserita in organi o macchine complesse che devono essere sempre più affidabili. Di conseguenza, poiché le difettosità dei singoli componenti che formano un organo complesso si sommano, è necessario porre dei limiti severi.

Il **Metodo sei sigma** è stato introdotto per la prima volta da Bill Smith e Bob Galvin in Motorola alla fine degli anni 80. L'obiettivo del metodo è di raggiungere un tale controllo del processo da avere soltanto 3,4 parti difettose per milione. Si sostiene che nelle produzioni di lungo termine la base della variabilità si allarghi rispetto alle produzioni di breve termine, pertanto si fa slittare la media di $1,5 \sigma$. Il metodo non si focalizza solo sulla media ma, coinvolgendo totalmente l'organizzazione, si misurano le possibilità di non commettere errori nel processo.

Attenzione: non stiamo parlando di tolleranze ristrette ma di affidabilità del processo produttivo.

Ricordiamo tramite la tabella che segue il rapporto che esiste fra produzione entro un certo multiplo di sigma e PPM



4.6 Controllo statistico finale

Il tradizionale controllo statistico finale richiesto dal Committente con certificato a norma UNI EN 10204:2005 ed eseguito e documentato dal mollificio, è la conferma della probabile correttezza dei controlli intermedi eseguiti durante il ciclo di produzione delle molle ed è il supporto documentale dell'Attestato di Conformità, che generalmente esonera il Committente dall'esecuzione pianificata di altri controlli d'accettazione.

Il lotto di molle già eseguito può essere sottoposto a controllo finale con *Carta di Controllo ridotto*, oppure a controllo finale secondo la tabella di un *piano di campionamento statistico* previsto dalla UNI ISO 2859-1.

Il committente del lotto di molle può scegliere il tipo di controllo che ritiene più adatto per le sue esigenze di documentazione della qualità del lotto. In mancanza di precise indicazioni e nei casi previsti il mollificio applica il *controllo finale ridotto 4.6.1* della presente guida.

4.6.1 La Carta di Controllo finale ridotto o CCFR

Si applica prelevando dal lotto da controllare un pezzo ogni 1000, con un minimo di 5 e un massimo secondo la tab.8 a pag. 20. Questo metodo è valido solo se il processo è stato mantenuto in controllo.

Esempio di valutazione della qualità del lotto mediante carta di controllo e confronto dei dati ricavati al controllo, con le prescrizioni a disegno e con i limiti di Non-Conformità.

Il requisito controllato: Quota nominale: 20,40 ± 1,50
 Limiti di tolleranza: LST 21,90
 LIT 18,90
 ΔToll. 3,00

In questo caso RQ valuterà col cliente se consegnare il lotto in deroga o selezionarlo.

CCFR di LOTTO da 30.000 pezzi

Dati rilevati da campione di 1%
di 30 PEZZI PRESI A CASO

18,75 19,45 21,65 19,50 19,65 20,40
18,60 19,00 21,15 20,80 20,40 20,50
 19,90 18,75 **22,40** 21,75 21,60 21,10
 20,80 20,50 22,00 21,80 19,30 19,70
 20,50 20,50 20,70 20,30 19,90 18,70

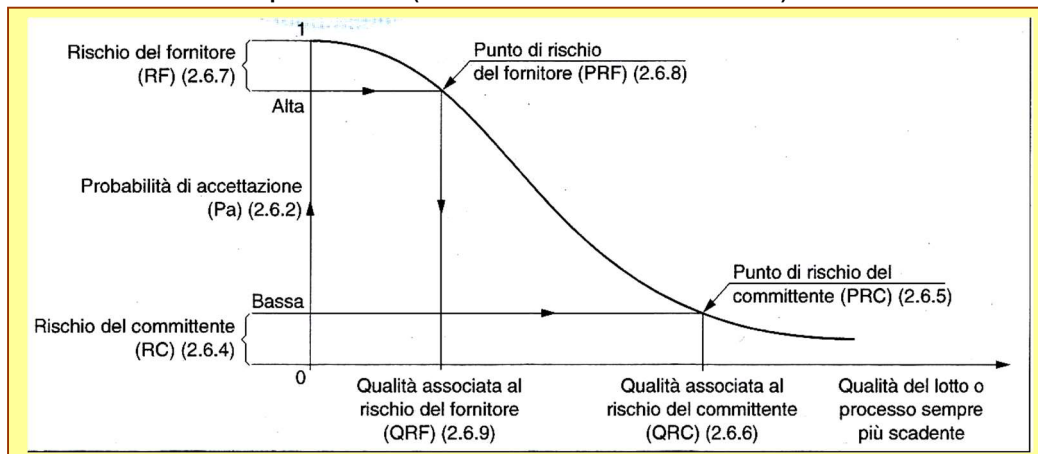
Valore minimo 18,60
 Valore max 22,40
 Valore medio x_m 20,34

Δ max (Range) 3,80 *Fuori tolleranza*

4.6.2 Controlli statistici finali secondo la UNI ISO 2859-1

La UNI ISO 2859-1 definisce i metodi statistici del controllo per attributi NA/NR applicati al controllo finale o ai controlli di accettazione. Si basano su tabelle di piani di campionamento contrassegnati da LQA (*livello di qualità accettabile*) e stabiliscono la percentuale massima di unità Non Conformi **probabilmente** accettate dal cliente (non è un diritto consegnare prodotti NON conformi). Più aumenta il valore di LQA e più aumenta il rischio per il fornitore, che il cliente al controllo di accettazione, ripetendo lo stesso suo controllo, rifiuti il lotto per il raggiungimento di NR (pezzi rifiutati).

Da UNI ISO 3534-2:2000 punto 2.6.4. (sostituita dalla UNI ISO 3534-2:2014)



È un metodo che introduce per il cliente la "tolleranza" per un certo numero di "Non Conformità" ed è inadatto il confronto con il metodo statistico SPC che tende verso una difettosità nulla.

I controlli statistici finali hanno sempre un costo di esecuzione che è imputato al costo di lotto. L'eventuale richiesta di controlli a LQA < 4 non comporta aumenti di costo dell'operazione e diminuisce il rischio di rifiuto del lotto da parte del Committente, ma restringe il numero di NA. La maggiore differenza di costo del controllo dipende dal piano di campionamento prescelto.

Nei piani di campionamento usati per i controlli finali UNI ISO 2859/1, il numero di accettazione NA è riferito solo a caratteristiche «Non Conformi» e pertanto la presenza di pezzi "Scarti" **farà rifiutare il lotto** indipendentemente dall'aver o meno superato il numero di accettazione NA.

da UNI ISO 2859/1 prospetto II-A
Tabella di campionamento per il controllo delle molle, dove NA è il numero di pezzi Non Conformi accettati.

Tab. 9 - Piano di campionamento semplice per controlli finali							
Quantità lotto	Campione	Decisione Na/Nr					
LQA		1	1,5	2,5	4	6,5	10
1 - 15	2	0 - 1	0 - 1	0 - 1	0 - 1	0 - 1	1 - 2
16 - 25	3	0 - 1	0 - 1	0 - 1	0 - 1	0 - 1	1 - 2
26 - 90	5	0 - 1	0 - 1	0 - 1	0 - 1	1 - 2	1 - 2
91 - 150	8	0 - 1	0 - 1	0 - 1	1 - 2	1 - 2	2 - 3
151 - 280	13	0 - 1	0 - 1	1 - 2	1 - 2	2 - 3	3 - 4
281 - 500	20	0 - 1	1 - 2	1 - 2	2 - 3	3 - 4	5 - 6
501 - 1.200	32	1 - 2	1 - 2	2 - 3	3 - 4	5 - 6	7 - 8
1.201 - 3.200	50	1 - 2	2 - 3	3 - 4	5 - 6	7 - 8	10 - 11
3.201 - 10.000	80	2 - 3	3 - 4	5 - 6	7 - 8	10 - 11	14 - 15
10.001 - 35.000	125	3 - 4	5 - 6	7 - 8	10 - 11	14 - 15	21 - 22
35.001 - 150.000	200	5 - 6	7 - 8	10 - 11	14 - 15	21 - 22	21 - 22
150.001 - 500.000	315	7 - 8	10 - 11	14 - 15	21 - 22	21 - 22	21 - 22
500.001 e oltre	500	10 - 11	14 - 15	21 - 22	21 - 22	21 - 22	21 - 22

Tratta da UNI ISO 2859/1:2007 - piano di campionamento semplice, prospetto II A, livello 1

Il piano di campionamento semplice, prospetto II C, livello 1 (tab. 10) è il piano che i mollifici utilizzano in alternativa alla carta CCFR (par. 4.5.1). In caso il cliente chieda un controllo finale più robusto si può utilizzare il campionamento semplice, prospetto II A, livello 1 (tab. 9)

Da UNI ISO 2859/1-
Piano di campionamento semplice per il collaudo ridotto, adottata dai mollifici per i controlli finali di lotti di molle.

Tab. 10 - Piano di campionamento semplice per controlli finali							
Quantità lotto	Campione	Decisione Na/Nr					
LQA		1	1,5	2,5	4	6,5	10
1 - 90	2	0 - 1	0 - 1	0 - 1	0 - 1	1 - 2	1 - 2
91 - 150	3	0 - 1	0 - 1	0 - 1	1 - 2	1 - 2	1 - 2
151 - 280	5	0 - 1	0 - 1	1 - 2	1 - 2	1 - 2	2 - 3
281 - 500	8	0 - 1	1 - 2	1 - 2	1 - 2	2 - 3	3 - 4
501 - 1.200	13	1 - 2	1 - 2	1 - 2	2 - 3	3 - 4	5 - 6
1.201 - 3.200	20	1 - 2	1 - 2	2 - 3	3 - 4	5 - 6	6 - 7
3.201 - 10.000	32	1 - 2	2 - 3	3 - 4	5 - 6	6 - 7	8 - 9
10.001 - 35.000	50	2 - 3	3 - 4	5 - 6	6 - 7	8 - 9	10 - 11
35.001 - 150.000	80	3 - 4	5 - 6	6 - 7	8 - 9	10 - 11	10 - 11
150.001 - 500.000	125	5 - 6	6 - 7	8 - 9	10 - 11	10 - 11	10 - 11
500.001 e oltre	200	6 - 7	8 - 9	10 - 11	10 - 11	10 - 11	10 - 11

Tratta da UNI ISO 2859/1:2007 - piano di campionamento semplice, prospetto II C, livello 1

4.6.3 Criteri di definizione dei Limiti di Non Conformità LNC applicabili alle molle

I controlli con piani di campionamento statistico prevedono alcuni livelli di qualità accettabile e per ciascun livello, secondo la quantità del lotto, prevedono anche l'accettazione di alcuni pezzi Non-Conformi indicati con Nr (Re = Rejection number l'ultima versione della norma è in inglese).

È opportuno quindi stabilire il limite fino dove un pezzo è ritenuto "non conforme" oltre il quale è considerato "scarto" e comunque inaccettabile.

Le quote vincolate da prescrizioni di tolleranza **possono essere** assoggettate alla definizione dei «Limiti di Non Conformità», quando si applicano i piani di controllo statistico, sia come controlli finali del ciclo di produzione, sia come controlli di accettazione del cliente.

Si assume come tali limiti la maggiorazione del 30% della tolleranza di riferimento, corrisponde a un coefficiente k di 0,30 applicato ai gradi di precisione delle tolleranze per le molle (vedi guida ANCCEM n° 4) e a tutte le classi tranne per le molle di classe A per le quali non è tollerabile la Non Conformità.

30

Esempio di definizione dei Limiti di «Non Conformità»:

Quota nominale $Q_n = 20,40 \pm 1,50$; requisito normale con $k = 0,30$
Limiti di tolleranza: LST 21,90 LIT 18,90 $\Delta T_{oll.} 3,00$
Limiti di Non Conformità L _{SNC} = LST + Td.K = 21,90 + (1,50 x 0,30) = 22,35 L _{INC} = LIT - Td.K = 18,90 - (1,50 x 0,30) = 18,45
Tolleranza di Non Conformità = 22,35 - 18,45 = $\otimes T_{nc} 3,9 = \pm 1,95$

Un requisito misurabile si definisce Non Conforme quando il valore del suo "Oltre Tolleranza" (OT) risulta $\leq 0,30 \times T_{dis}$. Quando un requisito è > del 30% della tolleranza, non è più accettabile, diventa comunque scarto.

Importante: il coefficiente k non permette di aumentare le tolleranze imposta dal cliente, ma limita semplicemente l'"Oltre Tolleranza" accettata come Non Conforme (NA) quando si applicano i piani di campionamento statistico della UNI ISO 2859/1.

4.7. Valutazione preventiva della coerenza della tolleranza

Nell'esperienza del tecnico di produzione del mollificio, la capability teorica coerente con la T_n delle molle in generale, dovrà essere $C_p \geq 1,5$.

Quindi la tolleranza a norma o a disegno, coerente con la Tolleranza naturale (T_n) del processo sarà: $T_{Dis} = T_n \times C_p$

Quindi, la variazione concessa con quella tolleranza sarà:

$$T_n = T_{Dis} / C_p \quad \text{dove } C_p = 1,5$$

Con quest'ultima formula di verifica della T_n concessa, nel mollificio si fa la prima stima di fattibilità della molla e di accettabilità della tolleranza sul requisito da controllare.

All'inizio della produzione, il mollificio potrà effettuare su un campione di 25÷50 pezzi, sia la verifica del "Range" di variabilità naturale reale di quel processo, sia la verifica definitiva di accettabilità della tolleranza prescritta per determinare il tipo di controlli in produzione.

4.7.1 Verifica della coerenza ed accettabilità della tolleranza

Esempio di Molla di compressione con piani molati:

d	De	n _t	L ₀	a L ₁	a S ₁	F ₁	R	C _{pk}	Passo	Dm/Passo
mm	27 mm	7	88 mm	21 mm	67,0 mm	140 N			≈ L ₀ /n	buono 2,0÷3,5
2,00	Dm 25 mm	n 5	± 1,5	Dm/d=12,5		± 12 N	2,09 N/mm	1,25	17,6	1,47

Con la prescrizione di $C_{pk} 1,25$ il parametro di riferimento minimo sarà $\approx C_p 1,5$

Nei mollifici il parametro di $C_p \sim 1,5$ è considerato uno standard da utilizzare sempre per le verifiche di fattibilità.

Con questo valore di C_p si calcola a quanto si riduce operativamente la tolleranza a disegno per garantire lo Zero-Difetti atteso dal Cliente con il vincolo C_{pk} .

Verifica di compatibilità delle tolleranze, da parte del tecnico progettista:

Su lunghezza libera $L_0 88_{mm} \pm 1,50$

T_n (concessa) = $T_{Dis} / C_p = 1,50_{mm} / 1,5 = \pm 1_{mm}$
 Sarà accettabile questa tolleranza utile durante l'avvolgimento?
 Con rigidità $R = 2,09 N/mm$, questa tolleranza diventa $\pm 1_{mm} * R = \pm 2,09 N$
 che corrispondono a $(2,09/140)100 = \pm 1,49 \%$ sul carico F_1
 Si potrebbe rispettare una tolleranza così stretta sul carico?
 La molatura dei piani farà rientrare la lunghezza libera nella tolleranza?

Secondo la UNI EN 15800 punto 6.5, la tolleranza sulla lunghezza sarebbe:

$$A_{L0} \pm 2,48 \quad \text{con } Q = 1 \quad \text{grado 2}$$

$$A_{L0} \pm 1,60 \quad \text{con } Q = 0,63 \quad \text{grado 1}$$

E' proprio necessario prescrivere una tolleranza più stretta?

Sul carico $F_1 140 N \pm 12 N$

T_n (concessa) = $T_{Dis} / C_p = 12/1,5 = \pm 8 N = \pm 5,76 \%$ sul carico
 Non ci sono problemi per questa tolleranza sul carico.
 Con $R = 2,09 N/mm$, questa tolleranza diventerà $\pm 8N/R = \pm 3,83_{mm}$ sulla lungh.
 La variazione di lunghezza relativa alla tolleranza sul carico, sarebbe accettabile.

Secondo la UNI EN 15800 punto 6.4, la tolleranza sul carico con $Q = 1$ (grado 2) sarebbe $A_F \pm 7,30 N$ ($\pm 5,2\%$). Anche se ridotta a $\pm 8N$ è una tolleranza superiore al grado 2.

Conclusione:

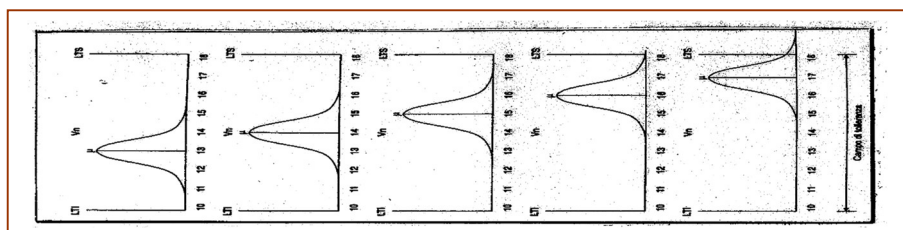
Con un $C_p \sim 1,5$ necessario per garantire un $C_{pk} 1,25$, a sua volta necessario per garantire pochi difetti nel lotto, la tolleranza del 5,76% sul carico anche se ridotta rimane ancora sufficientemente ampia, (comporterebbe una variazione di $\pm 3,8mm$ sulla lunghezza), bisognerà concentrare i controlli sulla lunghezza che è invece vincolata da una tolleranza assai più stretta ($\pm 1,50mm$).

4.7.2 Deriva vincolata del processo con prescrizione di C_{pk}

Il cliente del mollificio, per cautelarsi con una difettosità contenuta avrà la possibilità di prescrivere il C_{pk} onde delimitare la deriva massima ammessa del processo.

Con la prescrizione del C_{pk} il progettista determinerà contestualmente la maggiore o minore economicità (costi) del processo di quella molla.

Variazione costante della T_n , con deviazione dell'asse del processo verso il limite superiore della tolleranza.



Questo vincolo C_{pk} dovrà essere coerente con la T_n e la T_{Dis} e sarà sempre >1 con un massimo di 1,67.

Il valore di C_{pk} , non esiste fino quando non è ultimato il lotto e non può essere utilizzato per la definizione o la verifica dell'applicabilità delle tolleranze.

Con un valore di C_{pk} di 1,33 si costringerà il mollificio a tentare di lavorare con metà tolleranza o ad applicare il selettore automatico (un $C_p = 2$ potrebbe non garantire un C_{pk} di 1,33)

Una tolleranza troppo stretta per quel tipo di molla, potrebbe esigere il contenimento forzato della T_n con una selezione. Con le molle elicoidali, la variazione naturale del processo dipende dalla velocità di produzione, dalla frequenza degli interventi correttivi automatici o manuali, per mantenere la produzione nell'ambito della variabilità attesa. La percentuale di pezzi fuori dai limiti di controllo, selezionati manualmente o selezionati automaticamente dalla macchina, ed eliminati dal processo, ne determineranno il costo.

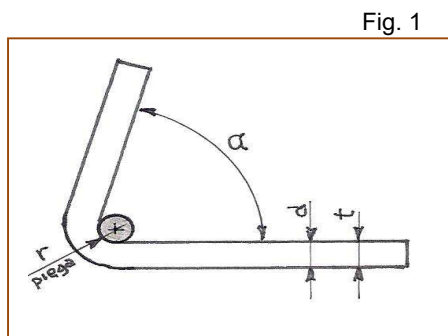
Nota: Quando il mollificio applica la selezione elettronica al 100% il calcolo del $\pm 3\sigma$ sarà inadeguato perché l'istogramma della produzione non avrà più i pezzi fuori dai limiti di controllo, calcolati con l'equazione matematica.

4.8. Le tolleranze applicabili alle molle sagomate

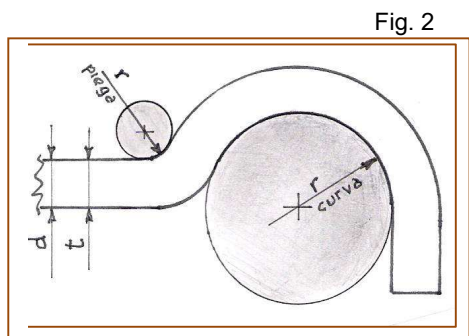
La molla è un accumulatore flessibile di energia costruito per deformazione plastica di acciaio ad alta resistenza o bonificato, e richiede una progettazione diversa dai componenti compatti, costruiti mediante asportazione di materiale. La molla abbisogna di tolleranze proprie, sia di lavorazione, sia di forza resa, tolleranze che non possono essere lasciate solo alla fantasia o ai timori dei progettisti ma che dovranno essere adeguate alle norme o concordate con i fornitori. Anccem ha pubblicato **la guida n°4** contenente tutte le indicazioni per tutte le tipologie di molle.

4.9. Le curve e le pieghe nella forma delle molle

La «curva» è una deformazione ampia del filo o nastro, di cui normalmente si indica solo il raggio opportuno per dare alla molla la forma richiesta.



r = raggio della **piega**
 d = diametro del filo
 t = spessore del nastro
 α = angolo della piega



La «piega» è invece una torsione stretta di cui si indica normalmente l'angolo. Salvo eccezione, il raggio di una «curva» o di una «piega» si misurano sempre all'interno. Quando la **curva** ha forma circolare il suo raggio sarà maggiore di $2d$ e maggiore di $3mm$. Si definisce piega ogni deformazione con raggio $<2d$ e $\leq 3mm$.

Normalmente **il raggio della piega è $r \approx d$** .

È possibile, accordandosi con il mollificio, diminuire questo valore fino a $r \approx 0,5d$. Al di sotto diventa pericoloso per le rotture che possono verificarsi durante la piegatura.

Per le molle di torsione ai raggi di piegatura, alle lunghezze dei gambi e agli angoli, si applicano solo dove è necessario, tolleranze ricavate dal procedimento di calcolo della DIN 2194/2002, da concordare caso per caso, con il fornitore.

Per i componenti elastici costruiti con filo trafilato o nastro di acciaio, piegati sagomati e successivamente sottoposti a trattamento termico di stabilizzazione o di tempra, ai raggi di piegatura, alle lunghezze lineari e agli angoli, si applicano le tolleranze riportate dalla Guida 4.

4.10. Informazioni per la conservazione e la manipolazione del prodotto

Le istruzioni per l'uso del prodotto previste dalla legge, nel caso di forniture di componenti ad altra industria, possono essere così sintetizzate:

- a) Le molle non protette dagli effetti nocivi dell'ambiente con trattamenti galvanici o verniciatura prescritti dal cliente, sono oliate con una miscela protettiva valida tre mesi se conservate nell'imballaggio fornito dal mollificio o in ambiente non acido, non umido o polveroso.
- b) La miscela oleosa protettiva applicata alle molle, nel momento della manipolazione per il montaggio, potrebbe essere non tollerata da qualche persona allergica a questi prodotti. Si raccomanda la manipolazione con guanti da lavoro e mascherina di protezione dalle esalazioni.
- c) Nel caso di molle con fili sottili, le persone addette al montaggio dovranno essere informate che le molle potrebbero venire deformate da schiacciamento o stiramento superiori ai limiti elastici del materiale.
- d) Nel caso di molle da nastro tranciato, le persone addette al montaggio dovranno essere informate che le molle potrebbero avere bordi taglienti e che dovranno essere manipolate indossando i guanti da lavoro.

Appendice A - ISO 16120-4 tabella composizione chimica

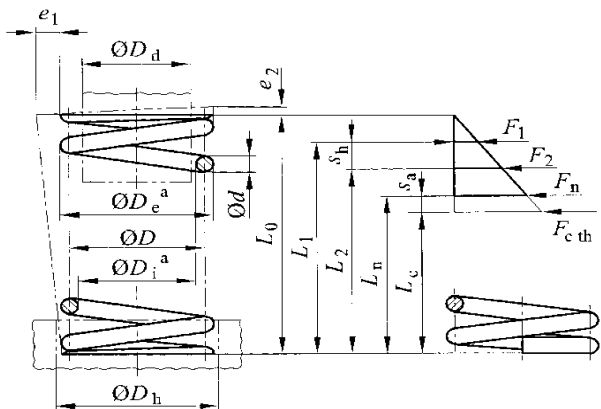
Steel grade ^h	Analisi termica										
	C ^c	Si ^{d,j}	Mn ^e	P	S	Cr ^f	Ni ^f	Mo	Cu ^{f,g}	Al ^h	N ⁱ
	%	%	%	max. %	max. %	max. %	max. %	max. %	max. %	max. %	max. %
C3D2	≤0,05	≤0,30	0,30-0,50	0,020	0,025	0,10	0,10	0,05	0,15	0,01	0,007
C5D2	≤0,07	≤0,30	0,30-0,50	0,020	0,025	0,10	0,10	0,05	0,15	0,01	0,007
C8D2	0,06-0,10	≤0,30	0,30-0,50	0,020	0,025	0,10	0,10	0,05	0,15	0,01	0,007
C10D2	0,08-0,12	≤0,30	0,30-0,50	0,020	0,025	0,10	0,10	0,05	0,15	0,01	0,007
C12D2	0,10-0,14	≤0,30	0,30-0,50	0,020	0,025	0,10	0,10	0,05	0,15	0,01	0,007
C15D2	0,13-0,17	≤0,30	0,30-0,50	0,020	0,025	0,10	0,10	0,05	0,15	0,01	0,007
C18D2	0,16-0,20	≤0,30	0,30-0,50	0,020	0,025	0,10	0,10	0,05	0,15	0,01	0,007
C20D2	0,18-0,23	≤0,30	0,30-0,50	0,020	0,025	0,10	0,10	0,05	0,15	0,01	0,007
C26D2	0,24-0,29	0,10-0,30	0,50-0,70	0,020	0,025	0,10	0,10	0,03	0,15	0,01	0,007
C32D2	0,30-0,34	0,10-0,30	0,50-0,70	0,020	0,025	0,10	0,10	0,03	0,15	0,01	0,007
C36D2	0,34-0,38	0,10-0,30	0,50-0,70	0,020	0,025	0,10	0,10	0,03	0,15	0,01	0,007
C38D2	0,36-0,40	0,10-0,30	0,50-0,70	0,020	0,025	0,10	0,10	0,03	0,15	0,01	0,007
C40D2	0,38-0,42	0,10-0,30	0,50-0,70	0,020	0,025	0,10	0,10	0,03	0,15	0,01	0,007
C42D2	0,40-0,44	0,10-0,30	0,50-0,70	0,020	0,025	0,10	0,10	0,03	0,15	0,01	0,007
C46D2	0,44-0,48	0,10-0,30	0,50-0,70	0,020	0,025	0,10	0,10	0,03	0,15	0,01	0,007
C48D2	0,46-0,50	0,10-0,30	0,50-0,70	0,020	0,025	0,10	0,10	0,03	0,15	0,01	0,007
C50D2	0,48-0,52	0,10-0,30	0,50-0,70	0,020	0,025	0,10	0,10	0,03	0,15	0,01	0,007
C52D2	0,50-0,54	0,10-0,30	0,50-0,70	0,020	0,025	0,10	0,10	0,03	0,15	0,01	0,007
C56D2	0,54-0,58	0,10-0,30	0,50-0,70	0,020	0,025	0,10	0,10	0,03	0,15	0,01	0,007
C58D2	0,56-0,60	0,10-0,30	0,50-0,70	0,020	0,025	0,10	0,10	0,03	0,15	0,01	0,007
C60D2	0,58-0,62	0,10-0,30	0,50-0,70	0,020	0,025	0,10	0,10	0,03	0,15	0,01	0,007
C62D2	0,60-0,64	0,10-0,30	0,50-0,70	0,020	0,025	0,10	0,10	0,03	0,15	0,01	0,007
C66D2	0,64-0,68	0,10-0,30	0,50-0,70	0,020	0,025	0,10	0,10	0,03	0,15	0,01	0,007
C68D2	0,66-0,70	0,10-0,30	0,50-0,70	0,020	0,025	0,10	0,10	0,03	0,15	0,01	0,007
C70D2	0,68-0,72	0,10-0,30	0,50-0,70	0,020	0,025	0,10	0,10	0,03	0,15	0,01	0,007
C72D2	0,70-0,74	0,10-0,30	0,50-0,70	0,020	0,025	0,10	0,10	0,03	0,15	0,01	0,007
C76D2	0,74-0,78	0,10-0,30	0,50-0,70	0,020	0,025	0,10	0,10	0,03	0,15	0,01	0,007
C78D2	0,76-0,80	0,10-0,30	0,50-0,70	0,020	0,025	0,10	0,10	0,03	0,15	0,01	0,007
C80D2	0,78-0,82	0,10-0,30	0,50-0,70	0,020	0,025	0,10	0,10	0,03	0,15	0,01	0,007
C82D2	0,80-0,84	0,10-0,30	0,50-0,70	0,020	0,025	0,10	0,10	0,03	0,15	0,01	0,007
C86D2	0,84-0,88	0,10-0,30	0,50-0,70	0,020	0,025	0,10	0,10	0,03	0,15	0,01	0,007
C88D2	0,86-0,90	0,10-0,30	0,50-0,70	0,020	0,025	0,10	0,10	0,03	0,15	0,01	0,007
C92D2	0,90-0,94	0,10-0,30	0,50-0,70	0,020	0,025	0,10	0,10	0,03	0,15	0,01	0,007
C98D2	0,96-1,00	0,10-0,30	0,50-0,70	0,020	0,025	0,10	0,10	0,03	0,15	0,01	0,007

34

Previo accordo tra fornitore e acquirente, possono essere specificati acciai a grana fine. Tale accordo può fare riferimento al requisito che si suppone rispettato se determinati criteri (che coinvolgono l'uso di Al, Nb o V, sia singolarmente o in combinazione) sono stati soddisfatti

- a** Elementi non compresi in questa tabella non possono essere aggiunti intenzionalmente all'acciaio senza il consenso dell'acquirente, ad eccezione di quelli destinati per la finitura a caldo. Previo accordo al momento dell'ordine, i tipi possono contenere aggiunte (comunemente chiamate micro aggiunte di lega) di Cr e V. Il contenuto di Cr e V è fino allo 0,30% e il contenuto di V è dallo 0,05% allo 0,10%
- b** Acciai non legati per applicazioni speciali devono essere conformi agli acciai speciali non legati della norma ISO 4948-2
- c** Per gli acciai C32D2 a C98D2 l'intervallo del carbonio può essere ampliato di 0,01% sia abbassando il minimo o aumentando il massimo di comune accordo tra fornitore e acquirente.
- d** Per vergella destinata alla zincatura, il limite inferiore richiesto per il silicio dovrà essere specificato al momento dell'ordine.
- e** Per il contenuto di manganese, al momento dell'ordine può essere concordato un diverso intervallo da quello indicato nella tabella, con un'ampiezza dello 0,20% e con un massimo non superiore a 1,20% e un minimo non inferiore al 0,30%
- f** La somma dei contenuti Cu + Ni + Cr non deve superare lo 0,30% tranne quando il Cr viene aggiunto intenzionalmente su richiesta dell'acquirente
- g** Cu + Sn sarà ≤0,15%. Per alcune applicazioni, il contenuto di Cu può essere limitata a 0,12% massimo di comune accordo e il contenuto di Sn non deve superare lo 0,03%
- h** Previo accordo tra fornitore e acquirente, può essere specificato un range per l'Al con un limite inferiore pari a 0,02% e un limite superiore pari a 0,06%. Il valore per il silicio su richiesta può essere fissato ≤0,10%
- i** Se, in conformità della nota h, il contenuto di Al è fissato, il valore limite di N deve essere concordato al momento dell'ordine.
- j** Per il contenuto di silicio, al momento dell'ordine può essere concordato un intervallo diverso da quello indicato in questa tabella

Appendice B Esempio – Specifica per una molla di compressione ad elica cilindrica



- $d =$ mm
- $D_e =$ mm
- $D_i =$ mm
- $D =$ mm
- $D_d =$ mm
- $D_n =$ mm
- $L_0 =$ mm
- $L_1 =$ mm
- $L_2 =$ mm
- $L_n =$ mm
- $L_c =$ mm
- $s_n =$ mm
- $e_1 \leq$ mm
- $e_2 \leq$ mm
- $F_1 =$ N $\tau_c =$ N/mm²
- $F_2 =$ N $\tau_{k1} =$ N/mm²
- $F_n =$ N $\tau_{k2} =$ N/mm²
- $F_{c.th} \approx$ N $\tau_{kn} =$ N/mm²
- Variazione della sollecitazione fra due carichi $\tau_{kh} =$ N/mm²
- Rigidezza della molla $R =$ N/mm²
- Rapporto di avvolgimento $w =$ N/mm²
- Fattore di correzione della sollecitazione $k =$ N/mm²

a) Specificare le tolleranze di D_e o D_i

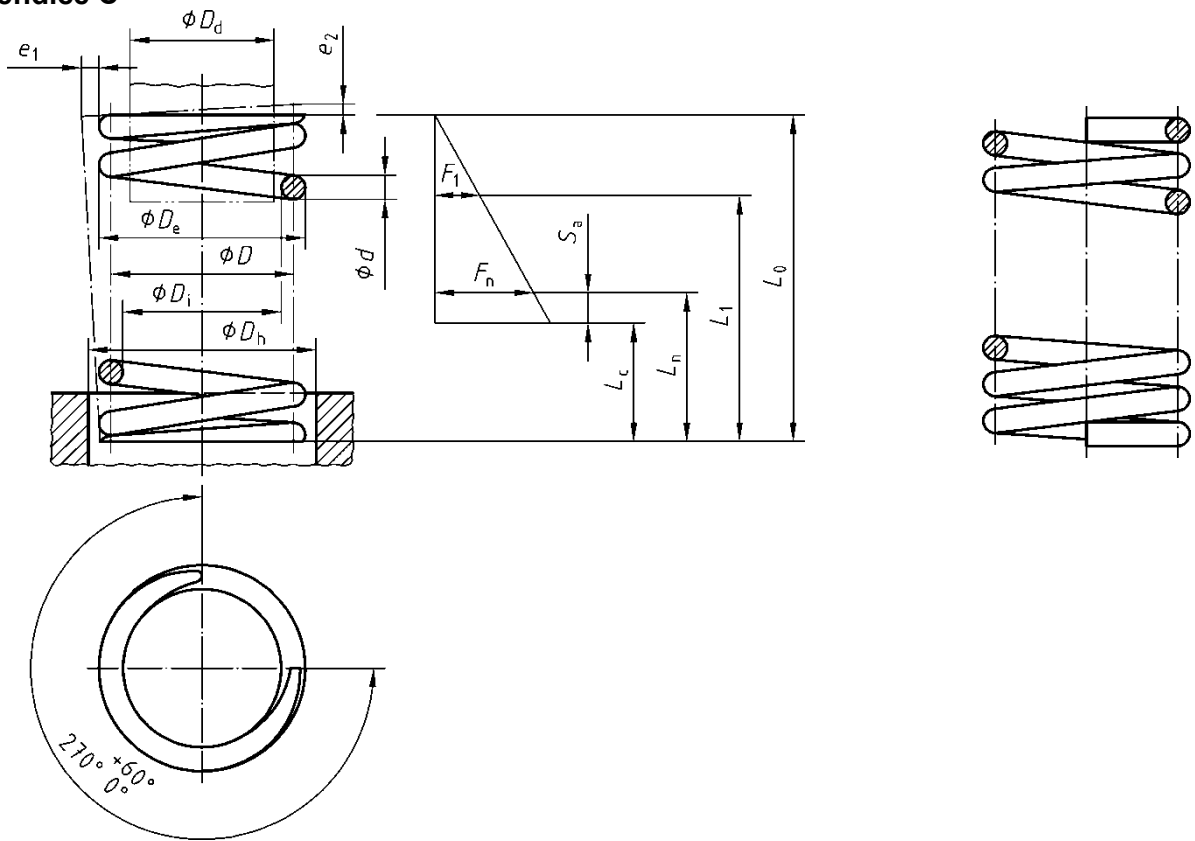
Tipo 1 Terminali chiusi e molati

Tipo 2 Terminali chiusi

1	Numero di spire attive Numero di spire totali	$n =$ $n_t =$
2	Direzione di avvolgimento	destra <input type="radio"/> sinistra <input type="radio"/>
3	Sbavatura dei terminali	no <input type="radio"/> Interno <input type="radio"/> Esterno <input type="radio"/>
4	Freccia della molla	$s_n =$mm
5	Frequenza naturale della molla	$f =$ Hz
6	Campo di temperatura di lavoro da a°C	
7	Superficie del filo o della barra	Raddrizzata <input type="radio"/> Laminata <input type="radio"/> Rettificata <input type="radio"/> Molla pallinata <input type="radio"/>
8	Protezione superficiale	
9	Materiale normalizzato..... Denominazione del materiale..... Sollecitazione ammissibile di taglio $\tau_{zul} =$ N/mm ² Modulo di elasticità tangenziale calcolato $G =$ N/mm ²	

10	Deviazioni ammesse			
	Grado di qualità			
		1	2	3
	D_e, D_i	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	L_0	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	F_1	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	F_2	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	e_1	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	e_2	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
11	Compensazione della produzione	Tramite:		
	a) se sono specificate la forza e la lunghezza della molla di lavoro	L_0	<input type="radio"/>	
	b) se sono specificate forza, lunghezza di lavoro e L_0 della molla	$n e d$	<input type="radio"/>	
		$n e D_e, D_i$	<input type="radio"/>	
c) se sono specificate due forze e le lunghezze di lavoro della molla	$L_0, n e D$	<input type="radio"/>		
	$L_0, n e D_e, D_i$	<input type="radio"/>		
12	Lunghezza di assestamento $L_s =$...mm	molle fornite non assestate		
	Prova di assestamento! Le molle della fornitura devono essere	Assestate <input type="radio"/>	più lunghe di L_0	
		Non assestate <input type="radio"/>		

Appendice C

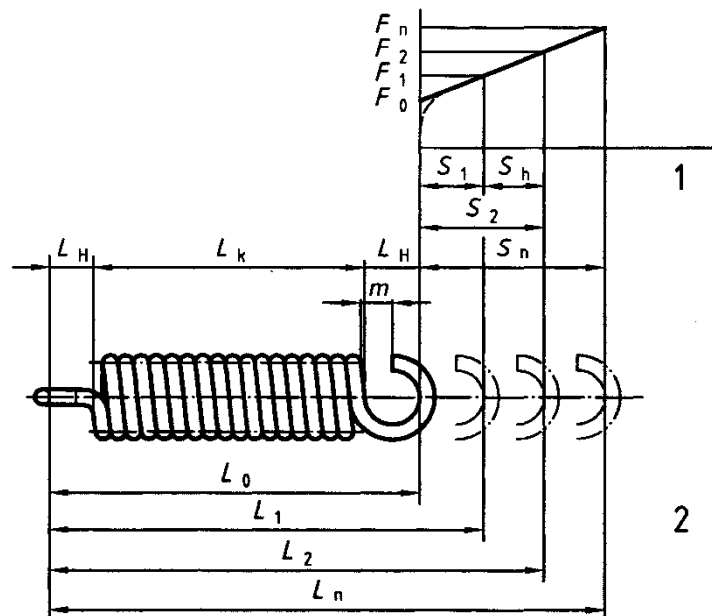


Disegno normalizzato UNI EN 13906-1-2003 per molle a compressione

Diagramma teorico di una molla di trazione

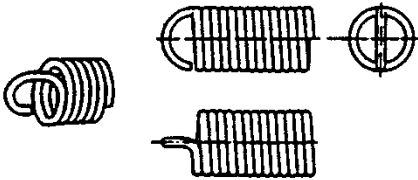
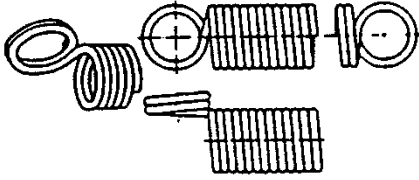
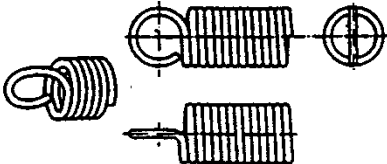
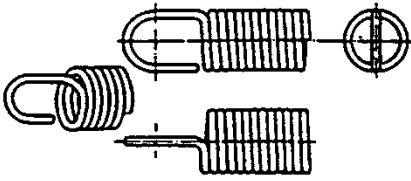
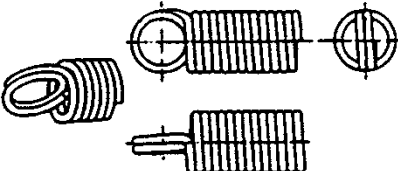
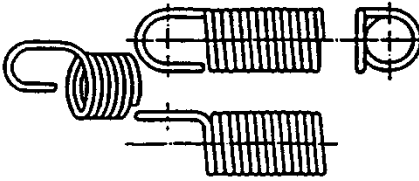
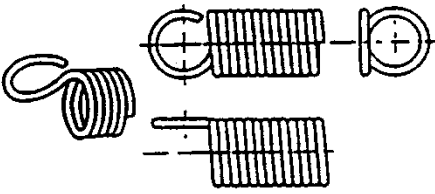
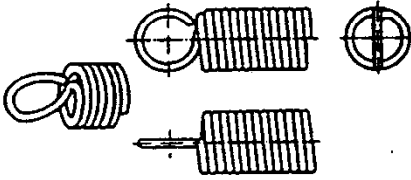
Legenda

- 1 Freccia della molla
- 2 Lunghezza della molla



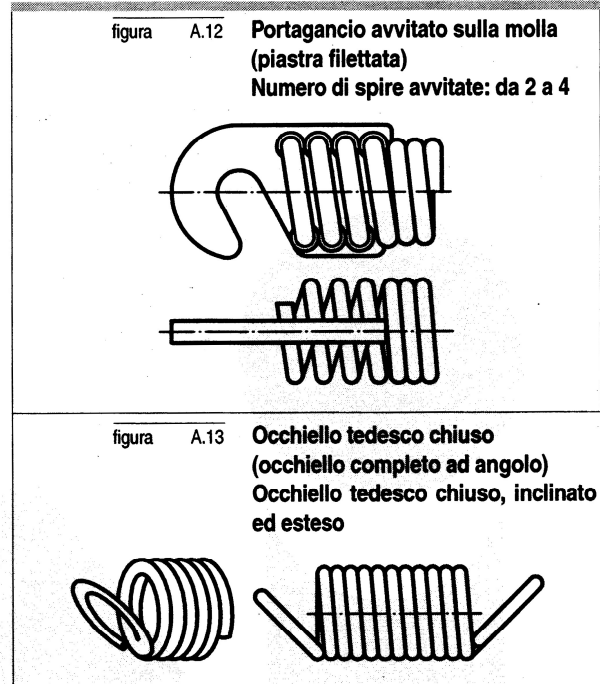
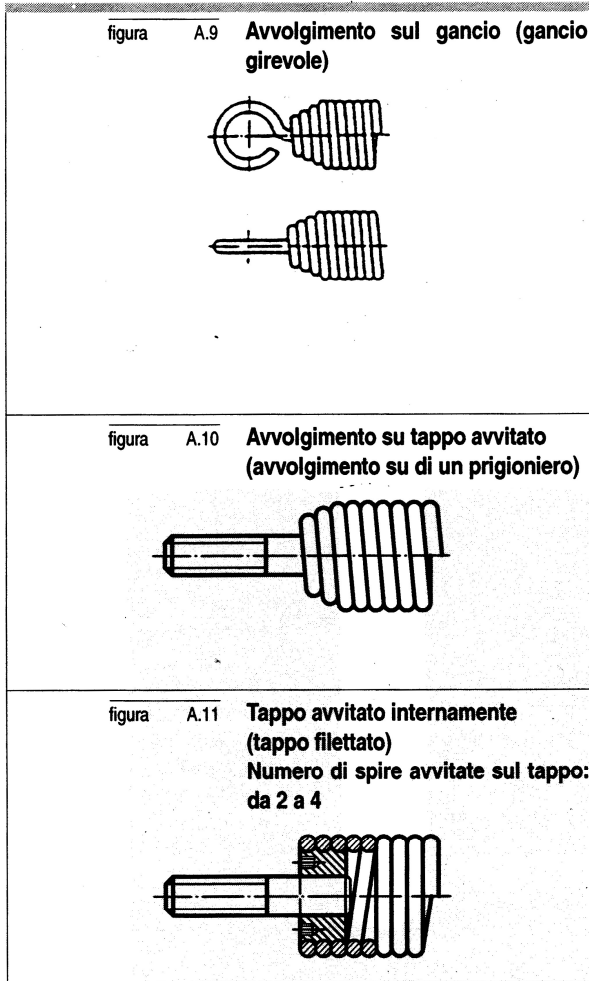
Disegno normalizzato UNI EN 13906-2-2003 per molle a trazione

Appendice D EN 13906-2 Tipi di estremità di molle

<p>figura A.1 Mezzo gancio tedesco $L_H = \text{da } 0,55 D_1 \text{ a } 0,8 D_1$ (occhiello aperto)</p> 	<p>figura A.5 Occhiello tedesco laterale esteso $L_H \approx D_1$ (occhiello laterale doppio)</p> 
<p>figura A.2 Occhiello tedesco chiuso $L_H = \text{da } 0,8 D_1 \text{ a } 1,1 D_1$ (occhiello completo)</p> 	<p>figura A.6 Ganci (gancio rialzato)</p> 
<p>figura A.3 Occhiello tedesco doppio $L_H = \text{da } 0,8 D_1 \text{ a } 1,1 D_1$ (occhiello doppio)</p> 	<p>figura A.7 Gancio laterale esteso (gancio laterale rialzato)</p> 
<p>figura A.4 Occhiello tedesco laterale $L_H \approx D_1$ (occhiello completo laterale)</p> 	<p>figura A.8 Gancio inglese $L_H \approx 1,1 D_1$ (occhiello completo laterale sfalsato)</p> 

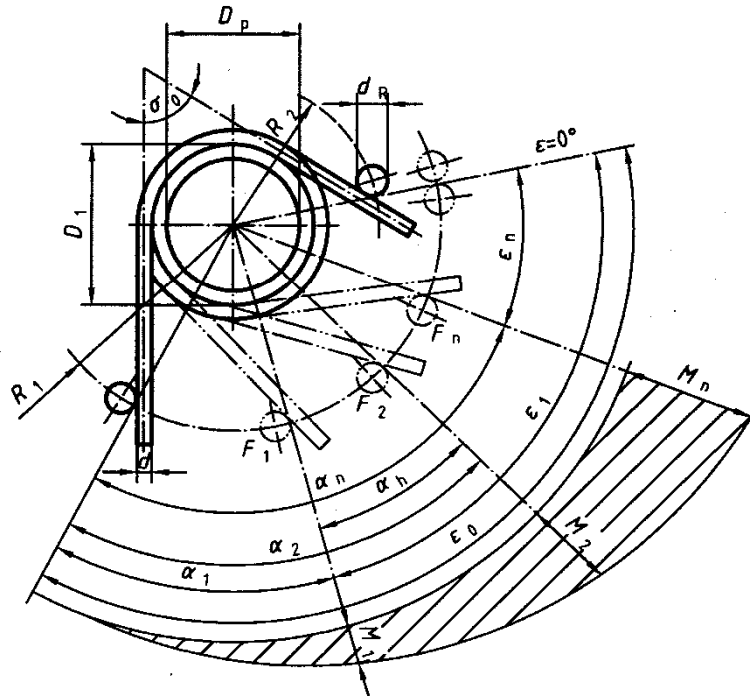
UNI EN 13906-2:2003

Appendice D.1 (continua)



Appendice E

Diagramma teorico di una molla di torsione



Disegno normalizzato UNI EN 13906-3-2003 per molle di torsione

Appendice F Diagramma Carico-Freccia con i punti L_{el} e F_{el}

