

MOLLO S.r.l. Corso Canale, 110 – Frazione Mussotto – 12051 ALBA (CN)			
OGGETTO:	CERTIFICATO VITA RESIDUA PONTE MOBILE SVILUPPABILE (D.M. del 11.04.2011)	DATA:	25/08/2022
		REV.	PAGINA
		00/2022	13/ 28

8. CALCOLO DELLA VITA RESIDUA

La struttura di una gru, molto spesso, dura più a lungo delle sue parti.

Essa è soggetta a CICLI DI CARICO, ossia a fenomeni di fatica strutturale.

Nella struttura della gru si manifestano delle piccole lesioni (CRICCHE) che nel tempo si propagano e possono portare al collasso della gru stessa. Quando la gru supera i 10 anni di vita bisogna effettuare una VERIFICA STRUTTURALE per andare a capire, sulla base delle condizioni della struttura, quanti CICLI DI VITA RESIDUI rimangono alla gru rispetto alla CLASSE stabilita dal costruttore della gru.

Il nuovo Decreto Ministeriale 11 Aprile 2011 (che è entrato in vigore il 24 Gennaio 2012) ha reso obbligatoria per le gru che superano i 20 anni di età "l'INDAGINE SUPPLEMENTARE", cioè una verifica strutturale finalizzata ad individuare eventuali difetti o anomalie e a stabilire la vita residua.

La novità è che tale indagine supplementare dovrà essere esibita dal Datore di Lavoro al funzionario addetto alla verifica periodica, e non prescritta da quest'ultimo. Quando la gru raggiunge i 20 anni di vita, quindi, il "*Datore di Lavoro deve obbligatoriamente fare eseguire dall'Ingegnere Esperto la verifica strutturale*".

E' pertanto opportuno procedere, superati i 10 anni dalla messa in servizio (secondo quanto prescritto da alcune Norme Tecniche, quali la ISO 12482-1 e la FEM 9.755) all'effettuazione di un accertamento del periodo residuo di esercizio dell'apparecchio (calcolo dei cicli di vita residua) e all'ispezione approfondita (Punto 7 Norma ISO 9927-3:2005) da parte dell'Ingegnere Esperto (Punto 5.2.2 della Norma UNI ISO 9927-1).

In via preliminare, il tecnico dovrà acquisire tutti gli elementi necessari che gli consentiranno di ricostruire la vita pregressa dell'apparecchio di sollevamento. Questi elementi possono essere estrapolati dalla documentazione fornita dall'utilizzatore come: libretto ENPI/ISPESL o Registro di Controllo, rapporti di manutenzione eseguiti da ditta specializzata, verbali di verifica periodica, documenti di acquisto di componenti sostituiti, ecc.

Il problema è che spesso non si riesce a risalire alla vita pregressa della gru, perché la documentazione storica è insufficiente o addirittura mancante, oppure perché l'utilizzatore ha acquistato la gru usata ed è in possesso della documentazione minima. In questi casi il tecnico incaricato della verifica strutturale, per poter definire un numero di

MOLLO S.r.l. Corso Canale, 110 – Frazione Mussotto – 12051 ALBA (CN)			
OGGETTO:	CERTIFICATO VITA RESIDUA PONTE MOBILE SVILUPPABILE (D.M. del 11.04.2011)		DATA: 25/08/2022
			REV. PAGINA
			00/2022 15/ 28

b) Carico di riferimento $P_2=50\%$ $P_{max} = 0,50 \times 360 = 180$ daN

N.	Periodo	Formula	Cicli
1	2002 - 2021	11 c/g x 20 g/m x 10 m/a x 20na	44000
TOTALE CICLI EFFETTUATI			$n_2=$ 44000

c) Carico di riferimento $P_3=75\%$ $P_{max} = P_{max} 0,75 \times 360 = 270$ daN

N.	Periodo	Formula	Cicli
1	2002 - 2021	7 c/g x 20 g/m x 10 m/a x 20na	28000
TOTALE CICLI EFFETTUATI			$n_3=$ 28000

d) Carico di riferimento $P_4= P_{max} = 360$ daN

N.	Periodo	Formula	cicli
1	2002 - 2021	6 c/g x 20 g/m x 10 m/a x 20na	24000
TOTALE CICLI EFFETTUATI			$n_4=$ 24000

Legenda:

c/g – numero di cicli effettuati mediamente in un giorno

g/m – numero medio di giorni di utilizzo in un mese

m/a - numero medio di mesi di utilizzo in un anno

na - anni di utilizzo riferiti al periodo

8.2. DETERMINAZIONE DELLO SPETTRO DI CARICO (K_{sp})

Non avendo a disposizione la relazione di calcolo delle strutture, nonché il numero massimo di cicli teorico, forniti dal costruttore, funzione del regime di carico e classe di appartenenza, procediamo direttamente al calcolo, mediante i dati in ns. possesso, forniti dall'utilizzatore.

Dalla relazione di cui sopra abbiamo che lo spettro di carico K_{sp} è dato dalla seguente relazione:

$$K_{sp} = \sum \left[\frac{C_i}{C_T} \left(\frac{P_i}{P_{max}} \right)^m \right]$$

dove:

MOLLO S.r.l. Corso Canale, 110 – Frazione Mussotto – 12051 ALBA (CN)			
OGGETTO:	CERTIFICATO VITA RESIDUA PONTE MOBILE SVILUPPABILE (D.M. del 11.04.2011)	DATA: 25/08/2022	
		REV.	PAGINA
		00/2022	17/ 28

9. RESISTENZA A FATICA DEL PARTICOLARE STRUTTURALE PIU' SOLLECITATO

Nella relazione si riporta unicamente lo sviluppo del calcolo riferito al dettaglio strutturale più sensibile al fenomeno della fatica del materiale.

9.1. SCHEDA DI IDENTIFICAZIONE DELL'ELEMENTO STRUTTURALE CONSIDERATO

- **Norma di riferimento per l'identificazione del dettaglio strutturale:**
UNI ENV 1993-1-1 Punto 9 – Fatica
- **Elemento strutturale considerato:**
travatura gru
- **Categoria dei particolari:**

Descrizione	Delta di tensione	Valore (daN/cm ²)
valore di riferimento della resistenza a fatica a 0.5 milioni di cicli	$\Delta\sigma_C$	800
limite di fatica ad ampiezza costante	$\Delta\sigma_D$	590
limite per i calcoli a fatica	$\Delta\sigma_L$	320

9.2. CALCOLO DEL NUMERO DI CICLI CHE PROVOCANO LA ROTTURA

Si fa riferimento alle seguenti relazioni:

$$N_i = 5 \cdot 10^6 \cdot \left[\frac{\Delta\sigma_D}{\gamma_{Mf} \cdot \gamma_{Ff} \cdot \Delta\sigma_i} \right]^3 \quad \text{se} \quad \Delta\sigma_i \geq \frac{\Delta\sigma_D}{\gamma_{Mf} \cdot \gamma_{Ff}}$$

MOLLO S.r.l. Corso Canale, 110 – Frazione Mussotto – 12051 ALBA (CN)			
OGGETTO:	CERTIFICATO VITA RESIDUA PONTE MOBILE SVILUPPABILE (D.M. del 11.04.2011)		DATA: 25/08/2022
			REV. PAGINA
			00/2022 19/ 28

N_i numero di cicli di tensione che provocano la rottura

$$\text{per } P_1 = 25\% P_{\max} \rightarrow D_1 = \frac{n_1}{N_1} = 0,000513805$$

$$\text{per } P_2 = 50\% P_{\max} \rightarrow D_2 = \frac{n_2}{N_2} = 0,053975653$$

$$\text{per } P_3 = 75\% P_{\max} \rightarrow D_3 = \frac{n_3}{N_3} = 0,115924982$$

$$\text{per } P_4 = P_{\max} \rightarrow D_4 = \frac{n_4}{N_4} = 0,235530121$$

Livello del danneggiamento presente nel dettaglio strutturale alla data della valutazione;

$$D = \sum_{i=1}^n D_i = D_1 + D_2 + D_3 + D_4 = 0,405944561$$

Fattore di danneggiamento residuo:

$$D_r = 1 - D = 1 - 0,405944561 = 0,594055439$$

9.4. SCHEDA DI CALCOLO DEL PERIODO RESIDUO DI ESERCIZIO (Numero di cicli annuale riferiti alle future di condizioni di carico previste)

Carico di riferimento	Formula	Cicli/anno
$P_1 = 25\% P_{\max}$	1 c/g x 10 g/m x 20 m/a	$n_1^r = 200$
Carico di riferimento	Formula	Cicli/anno
$P_2 = 50\% P_{\max}$	11 c/g x 10 g/m x 20 m/a	$n_2^r = 2200$
Carico di riferimento	Formula	Cicli/anno
$P_3 = 75\% P_{\max}$	7 c/g x 10 g/m x 20 m/a	$n_3^r = 1400$

MOLLO S.r.l. Corso Canale, 110 – Frazione Mussotto – 12051 ALBA (CN)			
OGGETTO:	CERTIFICATO VITA RESIDUA PONTE MOBILE SVILUPPABILE (D.M. del 11.04.2011)	DATA: 25/08/2022	
		REV.	PAGINA
		00/2022	21/ 28

per $P_1 = 25\% P_{max}$ $n^r_1 = 200$
per $P_2 = 50\% P_{max}$ $n^r_2 = 2200$
per $P_3 = 75\% P_{max}$ $n^r_3 = 1400$
per $P_4 = P_{max}$ $n^r_4 = 1200$

N_i numero di cicli di tensione che provocano la rottura

Con

$$P_i = P_{max} (\Delta\sigma_{max} = 1600 \text{ daN/cm}^2)$$

$$P_1 = 25\% P_{max} (\Delta\sigma_1 = 400 \text{ daN/cm}^2) \rightarrow N_1 = 7.785.047 \text{ cicli}$$

$$P_2 = 50\% P_{max} (\Delta\sigma_2 = 800 \text{ daN/cm}^2) \rightarrow N_2 = 815.182 \text{ cicli}$$

$$P_3 = 75\% P_{max} (\Delta\sigma_3 = 1200 \text{ daN/cm}^2) \rightarrow N_3 = 241.536 \text{ cicli}$$

$$P_4 = P_{max} (\Delta\sigma_4 = 1600 \text{ daN/cm}^2) \rightarrow N_4 = 101.898 \text{ cicli}$$

Schema di sintesi dei risultati di calcolo:

con

$$P_i = P_{max} (\Delta\sigma_{max} = 1600 \text{ daN/cm}^2)$$

$$P_1 = 25\% P_{max} (\Delta\sigma_1 = 400 \text{ daN/cm}^2) \rightarrow d^r_1 = 0,000025690 \text{ cicli}$$

$$P_2 = 50\% P_{max} (\Delta\sigma_2 = 800 \text{ daN/cm}^2) \rightarrow d^r_2 = 0,002698783 \text{ cicli}$$

$$P_3 = 75\% P_{max} (\Delta\sigma_3 = 1200 \text{ daN/cm}^2) \rightarrow d^r_3 = 0,005796249 \text{ cicli}$$

$$P_4 = P_{max} (\Delta\sigma_4 = 1600 \text{ daN/cm}^2) \rightarrow d^r_4 = 0,011776506 \text{ cicli}$$

Livello del danneggiamento residuo totale riferito al periodo di utilizzo di un anno:

$$d^r = \sum_{i=1}^n d^r_{i_i} = d^r_1 + d^r_2 + d^r_3 + d^r_4 = 0,020297228$$

9.7. CALCOLO DEL PERIODO RESIDUO DI UTILIZZO

Il periodo residuo di utilizzo sarà determinato a partire dalla relazione di Palmgre-Miner, imponendo la condizione di uguaglianza rispetto al valore unitario:

$$D = \sum_{i=1}^n \frac{n_i}{N_i} = 1$$

Tale valore deve però essere messo in relazione con le ipotesi di lavoro future dell'apparecchio, le quali possono essere in parte, o in tutto, uguali o diverse rispetto a quelle del passato.

MOLLO S.r.l. Corso Canale, 110 – Frazione Mussotto – 12051 ALBA (CN)			
OGGETTO:	CERTIFICATO VITA RESIDUA PONTE MOBILE SVILUPPABILE (D.M. del 11.04.2011)	DATA: 25/08/2022	
		REV.	PAGINA
		00/2022	23/ 28

Pertanto, tenendo conto anche della tipologia degli elementi di carpenteria metallica in esame, si perviene alla definizione del periodo massimo entro il quale effettuare la successiva ispezione strutturale **pari a 4 (quattro) anni**.

10. CONCLUSIONI

Non vi sono elementi ostativi all'ulteriore utilizzo dell'apparecchio nel prossimo futuro, purché siano adottate alcune procedure.

Da parte dell'utilizzatore deve essere garantita un'opportuna sorveglianza e monitoraggio, soprattutto nei riguardi degli elementi strutturali più soggetti all'azione di usura derivata dall'esercizio durante l'attività produttiva (guide e binari, ruote di scorrimento, meccanismi). Si deve pertanto operare una attenta vigilanza sullo stato di conservazione generale dell'apparecchio con frequenti esami visivi delle sezioni più a rischio e con regolari esami non distruttivi più dettagliati.

Nelle attuali condizioni di impiego, l'apparecchio non presenta un limite al periodo residuo di utilizzo. Tale valutazione è però solo di riferimento teorico e non tiene conto dell'insorgenza di cricche, anomalie o fenomeni analoghi indotti da difetti del materiale o strutturali.

Si specifica che i calcoli sono stati eseguiti in funzione delle condizioni di carico e di esercizio fornite dall'utilizzatore (secondo scheda allegata) e i valori desunti di vita residua sono stati calcolati con le ipotesi di lavoro future dell'apparecchio uguali a quelle dichiarate per il passato.

Si ritiene perciò di disporre già da ora:

- la revisione della presente relazione di valutazione della vita residua dell'apparecchio di sollevamento qualora intervenissero delle modifiche nelle modalità di utilizzo (numero di cicli giornalieri e carichi sollevati diversi e superiori a quelli ipotizzati); eventuali variazioni delle condizioni di carico e cicli di lavoro dovranno essere segnalate nel più breve tempo possibile all'Ingegnere Esperto, il quale provvederà all'aggiornamento della presente certificazione.
- **l'esecuzione della prossima ispezione da parte dell'Ingegnere entro 4 (quattro) anni.** In tale momento sarà consigliabile effettuare un esame NDT (liquidi penetranti,