

Dott. Ing Bruno Jaffe Cso Firenze 17/7 16136 Genova Cell. 388 1977371	Matricola 2005/2/01004/CO RELAZIONE DI ACCERTAMENTO DEL PERIODO RESIDUO DI ESERCIZIO DELL'APPARECCHIO	INVERIGO (CO) 10/05/23 rev. 1 Pag. 1/20
--	---	--

GRU SU AUTOCARRO

Matricola 2005/2/01004/CO N.F.7988/97 Portata massima: 1000 kg anno di costruzione: 1997

ISPEZIONE DELL'APPARECCHIO DI SOLLEVAMENTO

(UNI ISO 99271)

APPARECCHIO DI SOLLEVAMENTO RELAZIONE DI ACCERTAMENTO DEL PERIODO RESIDUO DI ESERCIZIO DELL'APPARECCHIO

richiedente: MOLteni ITALIA S.R.L.

Ingegnere Esperto verificatore:
(punto 5.2.2 della UNI ISO 9927-1)

ing. Bruno Jaffe



Dott. Ing Bruno Jaffe Cso Firenze 17/7 16136 Genova Cell. 388 1977371	Matricola 2005/2/01004/CO RELAZIONE DI ACCERTAMENTO DEL PERIODO RESIDUO DI ESERCIZIO DELL'APPARECCHIO	INVERIGO (CO) 10/05/23 rev. 1 Pag. 2/20
--	---	--

1. GENERALITA'

La presente relazione viene redatta ai fini dell'accertamento del numero di cicli di carico e scarico residui dell'apparecchio in oggetto e la conseguente definizione del periodo di lavoro ammissibile per le fissate ipotesi di esercizio future.

1.1. RIFERIMENTI NORMATIVI

Nella definizione dei criteri di lavoro, nella assunzione delle ipotesi operative e per i riferimenti teorici di analisi del problema si è fatto riferimento al seguente quadro normativo:

- D.Lgs. 09.04.2008 n. 81 - "Testo unico della sicurezza sul lavoro"
- Norme UNI-ISO 4301/1 - "Apparecchi di sollevamento. Classificazione. Generalità"
- Norme UNI-ISO 9927/1 - "Apparecchi di sollevamento. Ispezioni. Generalità"
- Norme UNI-ISO 4301/2 - "Apparecchi di sollevamento. Classificazione. Gru Mobili"
- Norme UNI-ENV 1993/1/1 "Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture in acciaio. Punto 1-1: Regole generali e regole per gli edifici"
- Norme ISO 12482-1 - "Cranes - Condition monitoring - Part 1: General"

1.2. RIFERIMENTI TECNICI GENERALI

Gli apparecchi di sollevamento, al pari di ogni altra costruzione soggetta all'azione di carichi esterni, vengono dimensionati nel rispetto di schemi teorici di calcolo, statici e dinamici, nonché di alcune ipotesi sul loro funzionamento futuro.

Vengono coinvolti quindi due ordini di problemi: il primo relativo alla resistenza alla sollecitazione indotta dalle azioni esterne e il secondo rapportato alla durata delle proprietà resistive, così come ipotizzate all'inizio dell'utilizzo.

L'efficienza teorica valutata riferendosi alla resistenza non è destinata a mutare se non intervengono situazioni di sovrasollecitazioni, al di sopra del carico massimo ipotizzato, o con l'introduzione di modifiche strutturali sostanziali, tali da mutare gli schemi statici originari.

Di diversa portata è la definizione dell'efficienza teorica riferita ai problemi legati all'uso ripetuto dell'apparecchio, come nel caso dei fenomeni di fatica. Ad essi è necessario guardare con notevole attenzione in ragione della loro pericolosità e dei diversi fattori che ne influenzano la crescita e lo sviluppo.

Un corretto approccio al problema, soprattutto se visto nell'ottica di una verifica periodica di apparecchi e meccanismi, comporta la conoscenza il più possibile precisa e dettagliata della loro storia, delle condizioni dell'ambiente di lavoro, del numero di cicli sostenuti, dello spettro di carico o, ancora, delle condizioni di conservazione. Con tali elementi si può valutare, almeno sul piano teorico, il danneggiamento a fatica degli elementi e il periodo di vita residuo ipotetico. L'analisi svolta sul

Dott. Ing Bruno Jaffe Cso Firenze 17/7 16136 Genova Cell. 388 1977371	Matricola 2005/2/01004/CO RELAZIONE DI ACCERTAMENTO DEL PERIODO RESIDUO DI ESERCIZIO DELL'APPARECCHIO	INVERIGO (CO) 10/05/23 rev. 1 Pag. 3/20
--	---	--

piano teorico necessita comunque di una successiva correzione che tenga conto degli altri fattori reali citati, in grado di ridurre in misura più o meno evidente i valori calcolati.

1.3. CLASSIFICAZIONE DEGLI APPARECCHI NEL LORO INSIEME

Si fa riferimento a quanto disposto dalle Norme CNR-UNI 10021/85 e dalla UNI-ISO 4301/1, relativamente alla classificazione degli apparecchi sulla base dei compiti ai quali dovranno assolvere durante la loro vita.

Gli apparecchi di sollevamento sono destinati a movimentare materiali, sollevando e trasportando dei carichi la cui massa e entro la portata nominale. Possono esserci quindi ampie variazioni nel servizio, sia per un determinato tipo di gru, per esempio gru a ponte, sia per differenti tipi di gru, per esempio una gru a torre per edilizia e una gru per pesante servizio portuale. Il progetto dell'apparecchio deve tenere conto delle condizioni di servizio al fine di ottenere un adeguato livello di sicurezza ed una durata di utilizzazione che corrisponda alle necessita dell'utilizzatore. La classificazione e il sistema usato per stabilire basi razionali per il progetto delle strutture e dei meccanismi. Essa serve inoltre come base di riferimento tra l'utilizzatore e il costruttore, perché per mezzo di tale classificazione si può stabilire la corrispondenza dell'apparecchio all'uso al quale e stato destinato.

La classificazione degli apparecchi di sollevamento e definita in base ai due parametri:

- numero dei cicli operativi che devono essere eseguiti durante la vita prevista dell'apparecchio di sollevamento;
- fattore di spettro di carico che rappresenta lo stato di carico nominale.

La classificazione e in primo luogo utilizzata dall'acquirente e dal costruttore di un apparecchio di sollevamento, tra i quali è necessario un accordo sul servizio dell'apparecchio. La classificazione così stabilita costituisce una classificazione di massima dell'apparecchio nel suo complesso e si intende come riferimento contrattuale e tecnico e non a scopo di progettazione.

Il secondo scopo della classificazione e quello di fornire una base al progettista dell'apparecchio per condurre la sua analisi del progetto e per verificare che esso e in grado di raggiungere la vita desiderata nelle condizioni di servizio stimate, specificate per la particolare applicazione. Tenendo conto che il progettista e una persona esperta nella tecnologia degli apparecchi di sollevamento, egli prende i dati dello spettro di sollevamento stimati, sia quelli previsti dall'utilizzatore che quelli predeterminati dal costruttore, come nei caso di apparecchi di serie, e li introduce nei dati assunti come base della sua analisi, avendo particolare attenzione a tutti gli altri fattori che influenzano il dimensionamento dei componenti.

1.4. Condizioni di impiego UI

L'utilizzatore si aspetta di eseguire un certo numero di cicli operativi durante il previsto periodo di utilizzazione dell'apparecchio e questo numero di cicli e un parametro base della classificazione. Il numero totale dei cicli operativi e la somma totale di tutti i cicli operativi previsti durante la vita

Dott. Ing Bruno Jaffe Cso Firenze 17/7 16136 Genova Cell. 388 1977371	Matricola 2005/2/01004/CO RELAZIONE DI ACCERTAMENTO DEL PERIODO RESIDUO DI ESERCIZIO DELL'APPARECCHIO	INVERIGO (CO) 10/05/23 rev. 1
		Pag. 4/20

desiderata dell'apparecchio di sollevamento.

La determinazione di una corretta durata della vita richiede la considerazione di fattori economici, tecnici e ambientali e deve essere fatta tenendo anche conto dell'influenza dell'obsolescenza.

Il probabile numero totale di cicli operativi e in rapporto con la frequenza di uso dell'apparecchio e per convenienza il campo totale del possibile numero di cicli operativi è stato diviso in 10 condizioni di impiego. Ai fini della classificazione si considera che un ciclo operativo comincia quando il carico è pronto per essere sollevato e termina nel momento in cui l'apparecchio è pronto per sollevare il successivo carico.

1.5. Regime di carico Q_i

Il secondo parametro base di classificazione è il regime di carico, che è riferito al numero di volte che un carico di una certa grandezza è sollevato, in riferimento alla portata nominale dell'apparecchio di sollevamento.

Sono previsti quattro valori nominati del fattore di spettro (K_p), ciascuno numericamente rappresentato dai corrispondenti regimi di carico nominali. Quando non sono noti i particolari dei numeri e delle masse dei carichi che devono essere sollevati durante la vita dell'apparecchio, la scelta di un regime di carico nominale appropriato deve essere concordata tra il costruttore e il committente.

In alternativa, quando sono disponibili precisi dettagli della grandezza dei carichi e del numero di volte che questo deve essere manovrato durante la vita dell'apparecchio, il fattore di spettro del carico dell'apparecchio nel complesso può essere calcolato come segue.

Il fattore di spettro del carico K_p è dato dalla formula:

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

dove:

C_i rappresenta il numero medio di cicli di carico che si hanno a ciascun livello di carico

C_T è il totale dei cicli di carico singoli a tutti i livelli

P_i rappresenta le grandezze individuali di carico (livelli di carico)

caratteristiche del servizio dell'apparecchio

P_{max} è il carico consentito più pesante che deve essere sollevato dall'apparecchio

$m = 3$

1.6. Classe dell'apparecchio nel suo insieme

Avendo determinato le condizioni di impiego U_i e il regime di carico Q_i si ricava la classe dell'apparecchio A_i nel suo insieme.

2. CLASSIFICAZIONE DEI MECCANISMI NEL LORO COMPLESSO

2.1. Condizione di impiego T_i

Questo documento è rilasciato senza pregiudizio per gli scopi consentiti dalla Legge e Atti di Governo vigenti.

Non può essere riprodotto se non nella sua completezza e con l'esplicito consenso, riportato per iscritto sia dal Cliente, sia dal professionista incaricato.

Dott. Ing Bruno Jaffe Cso Firenze 17/7 16136 Genova Cell. 388 1977371	Matricola 2005/2/01004/CO RELAZIONE DI ACCERTAMENTO DEL PERIODO RESIDUO DI ESERCIZIO DELL'APPARECCHIO	INVERIGO (CO) 10/05/23 rev. 1 Pag. 5/20
--	---	--

La condizione di impiego di un meccanismo è caratterizzata dalla durata totale di uso presunto in ore ed è suddivisa in dieci condizioni nominali.

La durata totale massima d'uso può essere ricavata da una utilizzazione media giornaliera in ore, dal numero di giorni lavorativi per anno e dal numero di anni previsti di servizio. A questo scopo il meccanismo è considerato in uso soltanto quando è in movimento.

Le durate totali d'uso sono da considerare solo come valori teorici convenzionali, che servono come base per il progetto delle parti dei meccanismi, per il quali il tempo di utilizzazione è usato come criterio di scelta della parte.

2.2. Regime di carico Li

Il regime di carico specifica in quale misura il meccanismo è soggetto al carico massimo o solamente ad un carico ridotto. Vi sono quattro differenti regimi di carico nominale. Il fattore di spettro per i meccanismi Km è dato dalla formula:

$$K_m = \sum \left[\frac{t_i}{t_T} \left(\frac{P_i}{P_{\max}} \right)^m \right]$$

dove:

t_i rappresenta la durata media di uso a ciascun livello di carico

t_T è il totale di tutte le durate di tutti i livelli

P_i rappresenta la grandezza del carico singolo (livelli di carico) caratteristica del servizio del meccanismo

P_{\max} è la grandezza di carico maggiore applicata al meccanismo

$m = 3$

2.3. Classe del meccanismo nel suo complesso

Una volta determinati la condizione di impiego T_i e il regime di carico L_i si ricava la classe del meccanismo M_i nel suo insieme.

3. RESISTENZA A FATICA DEL PARTICOLARE ELEMENTO STRUTTURALE

Per un elemento sottoposto a un'azione ciclica costante è possibile definire il limite teorico di utilizzo ricorrendo ai risultati sperimentali di prove eseguite su modelli simili per tipologia e materiale costituente. Il tutto si riduce a un confronto con un valore ammissibile in cui si applica un coefficiente di sicurezza che tiene conto dei fattori d'influenza descritti in precedenza.

Nel caso in cui l'azione ciclica modifichi le sue caratteristiche nel tempo, il problema di valutare il limite di utilizzo dell'apparecchio si complica in alcune sue parti e necessita della formulazione di opportune ipotesi di lavoro. A tale riguardo assume particolare interesse nel presente contesto la teoria di Palmgre-Miner.

La teoria di Palmgre-Miner si basa sull'ipotesi dell'accumulazione lineare degli effetti della fatica. Si supponga di sottoporre un provino a un ciclo alterno simmetrico di ampiezza $\Delta\sigma_1$, superiore al limite di fatica inferiore, per un numero n_1 di volte. Se dalla curva di fatica relativa a quel materiale risulta per il

Dott. Ing Bruno Jaffe Cso Firenze 17/7 16136 Genova Cell. 388 1977371	Matricola 2005/2/01004/CO RELAZIONE DI ACCERTAMENTO DEL PERIODO RESIDUO DI ESERCIZIO DELL'APPARECCHIO	INVERIGO (CO) 10/05/23 rev. 1 Pag. 6/20
--	---	--

valore $\Delta\sigma_1$ della sollecitazione una vita pari a N_1 , allora la durata residua del provino può essere valutata dalla differenza $N_1 - n_1$ o, espresso in termini percentuale, dal rapporto $(N_1 - n_1) / N_1$. Sottoponendo successivamente lo stesso provino a una seconda sollecitazione $\Delta\sigma_2$ per la quale, dalla curva di fatica, risulterebbe una vita per il materiale "vergine" pari a N_2 cicli, si supponga che la rottura si manifesti per un numero di cicli n_2 inferiore. Il rapporto n_2/N_2 rappresenta quindi la percentuale di vita utilizzata in corrispondenza della sollecitazione $\Delta\sigma_2$.

Estendendo questo principio ad un caso comunque complesso con diversi livelli di sollecitazione $\Delta\sigma_1, \Delta\sigma_2, \dots, \Delta\sigma_m$, per vari numeri di cicli n_1, n_2, \dots, n_m , si può dimostrare che fra gli n_i cicli e gli N_i sussiste la seguente relazione generale:

$$D = \frac{n_1}{N_1} + \frac{n_2}{N_2} + \dots + \frac{n_n}{N_n} < 1$$

ove D rappresenta il danneggiamento cumulativo che interessa quella particolare sezione strutturale. Le verifiche sperimentali alle quali è stata soggetta la legge ne hanno confermato sostanzialmente la validità, pur nell'ambito delle incertezze che si accompagnano al valore della sommatoria, in corrispondenza del quale si ha il formarsi della cricca:

$$0.60 \leq \frac{n_i}{N_i} \leq 2.2$$

Ciò testimonia una forte dispersione dei dati sperimentali e alcune manchevolezze della legge stessa che, nella sua estrema semplicità, non tiene conto dell'ordine secondo cui sono applicati i vari livelli di sollecitazione (fenomeni di allenamento o sovraccarico) e non considera i carichi di intensità inferiore al limite di fatica.

A favore di sicurezza, ovvero quando non c'è una conoscenza sufficientemente precisa dello spettro di carico, o in presenza di componenti importanti per la sicurezza globale della costruzione è preferibile assumere un valore della sommatoria prossimo o inferiore all'unità.

In particolare la teoria di Palmgre-Miner è applicata nell'ambito delle Norme UNI ENV 1993-1-1, ove si è assunto:

- per le tensioni normali

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

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

$$N_i = \infty \quad \text{se } \Delta\sigma_i \leq \left[\frac{\Delta\sigma_L}{\gamma_{Mf} \cdot \gamma_{Ff}} \right]$$

Dott. Ing Bruno Jaffe Cso Firenze 17/7 16136 Genova Cell. 388 1977371	Matricola 2005/2/01004/CO RELAZIONE DI ACCERTAMENTO DEL PERIODO RESIDUO DI ESERCIZIO DELL'APPARECCHIO	INVERIGO (CO) 10/05/23 rev. 1 Pag. 7/20
--	---	--

- per le tensioni tangenziali

$$N_i = 2 \cdot 10^6 \cdot \left[\frac{\Delta \tau_c}{\gamma_{Mf} \cdot \gamma_{Ff} \cdot \Delta \tau_i} \right]^5 \quad \text{se } \Delta \tau_i \geq \left[\frac{\Delta \tau_L}{\gamma_{Mf} \cdot \gamma_{Ff}} \right]$$

$$N_i = \infty \quad \text{se } \Delta \tau_i \leq \left[\frac{\Delta \tau_L}{\gamma_{Mf} \cdot \gamma_{Ff}} \right]$$

dove:

- n_i numero di cicli effettivi relativi al $\Delta \sigma_i$ o al $\Delta \tau_i$
- N_i numero di cicli di tensione $\gamma_{Mf} \cdot \gamma_{Ff} \cdot \Delta \sigma_i$ (o $\gamma_{Mf} \cdot \gamma_{Ff} \cdot \Delta \tau_i$) che provoca la rottura
- $\Delta \sigma_D$ limite di fatica ad ampiezza costante
- $\Delta \sigma_L$ o $\Delta \tau_L$ limite per i calcoli a fatica ("cut-off-limit")
- $\Delta \tau_c$ valore di riferimento della resistenza a fatica a 2 milioni di cicli
- γ_{Ff} coefficiente parziale di sicurezza per carichi di fatica
- γ_{Mf} coefficiente parziale di sicurezza per la resistenza a fatica

Per quanto riguarda i due coefficienti parziali di sicurezza:

γ_{Ff} - coefficiente parziale di sicurezza per carichi di fatica

Tiene conto delle incertezze nelle analisi del comportamento a fatica, amplificando, se del caso, i Dsi di progetto.

Nello specifico le incertezze sono associate ai seguenti elementi:

- i livelli di carico applicati
- la conversione di questi carichi in tensioni e variazioni di tensioni
- l'ampiezza del ciclo di tensione equivalente dedotta dallo spettro di progetto
- la vita di progetto dell'elemento strutturale e l'evoluzione del carico di fatica durante detta vita.

Salvo casi particolari indicati nelle specifiche norme di riferimento può essere applicato un valore pari a $\gamma_{Ff} = 1$

γ_{Mf} - coefficiente parziale di sicurezza per la resistenza a fatica

Tiene conto delle incertezze nella valutazione della resistenza a fatica, riducendo, se del caso, i valori di progetto della resistenza a fatica. Nello specifico le incertezze sono associate ai seguenti elementi:

- dimensioni dell'elemento strutturale
- le dimensioni, forma e vicinanza delle discontinuità
- le concentrazioni locali di sforzi dovute alle irregolarità delle saldature
- la variabilità dei processi di saldatura e degli effetti metallurgici.

I valori di γ_{Mf} , in relazione alle conseguenze successive al cedimento strutturale, si associano alle seguenti due possibili situazioni:

- componenti strutturali non critici ("fail-safe"), con ridotti effetti di collasso, tali che il cedimento locale di un

Dott. Ing Bruno Jaffe Cso Firenze 17/7 16136 Genova Cell. 388 1977371	Matricola 2005/2/01004/CO RELAZIONE DI ACCERTAMENTO DEL PERIODO RESIDUO DI ESERCIZIO DELL'APPARECCHIO	INVERIGO (CO) 10/05/23 rev. 1
		Pag. 8/20

- componente non produce il collasso della struttura
- componenti strutturali critici ("non fail-safe"), dove il cedimento locale di un componente porta rapidamente al collasso dell'intera struttura.

I conseguenti valori possono essere dedotti dalle seguente tabella:

Condizioni di ispezionabilità ed accessibilità	Componenti non critici	Componenti critici
Elementi oggetto di ispezioni periodiche e di interventi di manutenzione Buona accessibilità	1,00	1,25
Elementi oggetto di ispezioni periodiche e di interventi di manutenzione Scarsa accessibilità	1,15	1,35

La teoria di Palmgre-Miner permette perciò di determinare il numero limite teorico di cicli compatibili con il particolare dettaglio strutturale analizzato. Si è quindi in grado di collegare, non più in modo convenzionale, la resistenza a fatica alla tipologia costruttiva della macchina e al livello delle massime tensioni di sollecitazione presenti nella sezione considerata.

4. ACCERTAMENTO DEL PERIODO RESIDUO DI ESERCIZIO DELL'APPARECCHIO

L'accertamento del periodo di esercizio dell'apparecchio è stato eseguito sulla scorta degli elementi normativi e tecnici descritti in precedenza.

In particolare, così come voluto dalla norma, si è tenuto conto della classificazione di massima dell'apparecchio nel suo insieme, in quanto scelta indicativa del costruttore (o con una attribuzione ragionevole laddove non fosse reperibile la documentazione originaria della macchina).

L'analisi si sviluppa attraverso la valutazione della resistenza a fatica delle "sezioni deboli" della struttura nel suo insieme, ovvero ai dettagli costruttivi che, per configurazione e tipologia di assemblaggio, evidenziano il fattore di rischio più elevato ai fini della rottura per fatica. In ciò trova piena applicazione la teoria di Palmgre-Miner, con le seguenti ipotesi di lavoro:

- non potendo procedere a una analisi accurata delle tensioni unitarie di sollecitazione presenti nelle sezioni strutturali considerate (possibile solo con una completa verifica statica), si assume quale valore di oscillazione delle tensioni nella sezione ($\Delta\sigma_i$) il valore massimo riferito alla tensione ammissibile del materiale. Una simile ipotesi trova giustificazione nel fatto che la progettazione dell'apparecchio presuppone un insieme di verifiche statiche nelle quali le tensioni di esercizio (eventualmente maggiorate dai coefficienti che tengono conto dei fenomeni dinamici) devono essere comunque inferiori alle tensioni ammissibili di riferimento;
- a favore di sicurezza non si procede alla diminuzione dei valori di $\Delta\sigma_i$, mantenendo in tale modo la maggiorazione indotta dal coefficiente M (quale coefficiente di amplificazione dei carichi, variabile in relazione alla classificazione dell'apparecchio, secondo UNI ISO 4301/1);
- si assume $\gamma_{ff} = 1,00$ in quanto in generale le norme di calcolo specifiche non prevedono valori diversi;

Dott. Ing Bruno Jaffe Cso Firenze 17/7 16136 Genova Cell. 388 1977371	Matricola 2005/2/01004/CO	INVERIGO (CO) 10/05/23 rev. 1
	RELAZIONE DI ACCERTAMENTO DEL PERIODO RESIDUO DI ESERCIZIO DELL'APPARECCHIO	Pag. 9/20

- a favore di sicurezza si assume $\gamma_{Mf} = 1,35$, ovvero si tiene conto delle più sfavorevoli condizioni associabili alla rintracciabilità del danno.

5. ACCERTAMENTO DELLE CARATTERISTICHE DI RESISTENZA A FATICA DEI DETTAGLI STRUTTURALI INDIVIDUATI

Nell'ambito dei vari elementi che compongono l'apparecchio si procede alla individuazione dei dettagli strutturali sui quali sarà effettuata la verifica. Per ciascuno di essi saranno individuati i parametri caratteristici prescritti dalla Norma:

$$\Delta\sigma_C = \begin{bmatrix} \Delta\sigma_{C1} \\ \dots \\ \Delta\sigma_{Ci} \\ \dots \\ \Delta\sigma_{Cn} \end{bmatrix} \quad \Delta\sigma_D = \begin{bmatrix} \Delta\sigma_{D1} \\ \dots \\ \Delta\sigma_{Di} \\ \dots \\ \Delta\sigma_{Dn} \end{bmatrix} \quad \Delta\sigma_L = \begin{bmatrix} \Delta\sigma_{L1} \\ \dots \\ \Delta\sigma_{Li} \\ \dots \\ \Delta\sigma_{Ln} \end{bmatrix} \quad \Delta\sigma = \begin{bmatrix} \Delta\sigma_1 \\ \dots \\ \Delta\sigma_i \\ \dots \\ \Delta\sigma_n \end{bmatrix}$$

con:

$\Delta\sigma_C$ = valore di riferimento della resistenza a fatica a 2 milioni di cicli

$\Delta\sigma_D$ = limite di fatica ad ampiezza costante

$\Delta\sigma_L$ = limite per i calcoli a fatica

$\Delta\sigma$ = campo di variazione delle tensioni nominali

Si procederà poi al calcolo del numero di cicli di tensione che provocano la rottura per il particolare dettaglio strutturale (tenuto conto del contributo dei coefficienti parziali di sicurezza γ_{Ff} e γ_{Mf}):

$$N_1 = \begin{bmatrix} N_{11} \\ \dots \\ N_{1i} \\ \dots \\ N_{1n} \end{bmatrix} \quad N_j = \begin{bmatrix} N_{j1} \\ \dots \\ N_{ji} \\ \dots \\ N_{jn} \end{bmatrix} \quad N_n = \begin{bmatrix} N_{n1} \\ \dots \\ N_{ni} \\ \dots \\ N_{nn} \end{bmatrix}$$

con:

- N_{ji} numero di cicli che provoca la rottura riferito alla situazione di carico j-ma e applicata al dettaglio strutturale i-imo
- j è l'indice che identifica le diverse condizioni di carico alle quali è sottoposto l'apparecchio durante il suo utilizzo (vedi spettro di carico)
- i è l'indice che identifica lo specifico dettaglio strutturale considerato nell'analisi

Il passo successivo comporterà il calcolo del numero complessivo di cicli già effettuati dall'apparecchio di sollevamento, distinti per ciascuna situazione di carico e per diverso dettaglio strutturale:

$$n_1 = \begin{bmatrix} n_{11} \\ \dots \\ n_{1i} \\ \dots \\ n_{1n} \end{bmatrix} \quad n_j = \begin{bmatrix} n_{j1} \\ \dots \\ n_{ji} \\ \dots \\ n_{jn} \end{bmatrix} \quad n_n = \begin{bmatrix} n_{n1} \\ \dots \\ n_{ni} \\ \dots \\ n_{nn} \end{bmatrix}$$

con significato dei simboli simile a quello già riportato in precedenza.

6. ACCERTAMENTO DEL LIVELLO DI DANNEGGIAMENTO DA FATICA

Il livello di danneggiamento da fatica verrà calcolato con riferimento a ciascun periodo di servizio della macchina, per ciascuna delle condizioni di caricamento sostenute:

$$D_1 = \begin{bmatrix} D_{11} \\ \dots \\ D_{1i} \\ \dots \\ D_{1n} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{n_{11}}{N_{11}} \\ \dots \\ \frac{n_{1i}}{N_{1i}} \\ \dots \\ \frac{n_{1n}}{N_{1n}} \end{bmatrix} \quad D_j = \begin{bmatrix} D_{j1} \\ \dots \\ D_{ji} \\ \dots \\ D_{jn} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{n_{j1}}{N_{j1}} \\ \dots \\ \frac{n_{ji}}{N_{ji}} \\ \dots \\ \frac{n_{jn}}{N_{jn}} \end{bmatrix} \quad D_n = \begin{bmatrix} D_{n1} \\ \dots \\ D_{ni} \\ \dots \\ D_{nn} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{n_{n1}}{N_{n1}} \\ \dots \\ \frac{n_{ni}}{N_{ni}} \\ \dots \\ \frac{n_{nn}}{N_{nn}} \end{bmatrix}$$

Il danneggiamento totale subito da ciascun dettaglio strutturale sarà dato dalla somma dei danneggiamenti parziali legati alla singola condizione di carico:

$$D = \begin{bmatrix} D_{11} + \dots + D_{j1} + \dots + D_{n1} \\ D_{1i} + \dots + D_{ji} + \dots + D_{ni} \\ D_{1n} + \dots + D_{jn} + \dots + D_{nn} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{n_{11}}{N_{11}} + \dots + \frac{n_{j1}}{N_{j1}} + \dots + \frac{n_{n1}}{N_{n1}} \\ \frac{n_{1i}}{N_{1i}} + \dots + \frac{n_{ji}}{N_{ji}} + \dots + \frac{n_{ni}}{N_{ni}} \\ \frac{n_{1n}}{N_{1n}} + \dots + \frac{n_{jn}}{N_{jn}} + \dots + \frac{n_{nn}}{N_{nn}} \end{bmatrix}$$

7. LA VALUTAZIONE 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:

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

e ricavando da essa il fattore di danneggiamento residuo:

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

Esplicitando tale relazione rispetto agli n dettagli strutturali considerati si ha:

$$D_r = \begin{bmatrix} D_{r1} \\ \dots \\ D_{ri} \\ \dots \\ D_{rn} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 - \left(\frac{n_{11}}{N_{11}} + \dots + \frac{n_{j1}}{N_{11}} + \dots + \frac{n_{n1}}{N_{n1}} \right) \\ 1 - \left(\frac{n_{1i}}{N_{1i}} + \dots + \frac{n_{ji}}{N_{ji}} + \dots + \frac{n_{ni}}{N_{ni}} \right) \\ 1 - \left(\frac{n_{1n}}{N_{1n}} + \dots + \frac{n_{jn}}{N_{jn}} + \dots + \frac{n_{nn}}{N_{nn}} \right) \end{bmatrix}$$

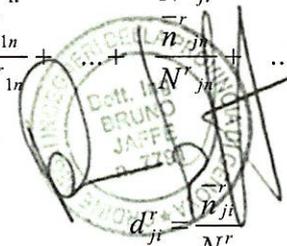
Tale valore deve però essere messo in relazione con le ipotesi di lavoro future dell' apparecchio, le quali possono essere in parte, o in tutto, uguali o diverse rispetto a quelle del passato. Verrà pertanto impostata una nuova uguaglianza, sempre differenziata per ciascun dettaglio strutturale individuato, nella quale il danneggiamento residuo è confrontato con la distribuzione del numero di cicli attesi di lavoro.

$$D = \begin{bmatrix} D_{r11} + \dots + D_{rj1} + \dots + D_{rn1} \\ D_{r1i} + \dots + D_{rji} + \dots + D_{rni} \\ D_{r1n} + \dots + D_{rjn} + \dots + D_{rnn} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{n_{11}^r}{N_{11}^r} + \dots + \frac{n_{j1}^r}{N_{11}^r} + \dots + \frac{n_{n1}^r}{N_{n1}^r} \\ \frac{n_{1i}^r}{N_{1i}^r} + \dots + \frac{n_{ji}^r}{N_{ji}^r} + \dots + \frac{n_{ni}^r}{N_{ni}^r} \\ \frac{n_{1n}^r}{N_{1n}^r} + \dots + \frac{n_{jn}^r}{N_{jn}^r} + \dots + \frac{n_{nn}^r}{N_{nn}^r} \end{bmatrix}$$

Il generico valore n_{ji}^r può essere espresso in funzione del prodotto del numero di cicli effettuati in un anno per il numero di anni residui di utilizzo:

$$n_{ji}^r = \bar{n}_{ji} \cdot y_i^{ser}$$

Si giunge pertanto alla successiva espressione del danneggiamento residuo:

$$D_r = \begin{bmatrix} \left(\frac{\bar{n}_{11}}{N_{11}^r} + \dots + \frac{\bar{n}_{j1}}{N_{11}^r} + \dots + \frac{\bar{n}_{n1}}{N_{n1}^r} \right) \cdot y_1^{ser} \\ \left(\frac{\bar{n}_{1i}}{N_{1i}^r} + \dots + \frac{\bar{n}_{ji}}{N_{ji}^r} + \dots + \frac{\bar{n}_{ni}}{N_{ni}^r} \right) \cdot y_i^{ser} \\ \left(\frac{\bar{n}_{1n}}{N_{1n}^r} + \dots + \frac{\bar{n}_{jn}}{N_{jn}^r} + \dots + \frac{\bar{n}_{nn}}{N_{nn}^r} \right) \cdot y_n^{ser} \end{bmatrix}$$


Il generico termine:

rappresenta il danneggiamento residuo riferito a un periodo di utilizzo unitario pari a un anno.

Procedendo nello sviluppo della espressione:

$$D_r = \begin{bmatrix} \left(\sum_{j=1}^n d_{j1}^r \right) \cdot y_1^{ser} \\ \dots \\ \left(\sum_{j=1}^n d_{ji}^r \right) \cdot y_i^{ser} \\ \dots \\ \left(\sum_{j=1}^n d_{jn}^r \right) \cdot y_n^{ser} \end{bmatrix}$$

Per giungere infine alla relazione che permette il calcolo del numero di anni residui di utilizzo, distinto per ciascun dettaglio strutturale

$$\begin{bmatrix} y_1^{ser} \\ \dots \\ y_i^{ser} \\ \dots \\ y_n^{ser} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{D_r}{\left(\sum_{j=1}^n d_{j1}^r \right)} \\ \dots \\ \frac{D_r}{\left(\sum_{j=1}^n d_{ji}^r \right)} \\ \dots \\ \frac{D_r}{\left(\sum_{j=1}^n d_{jn}^r \right)} \end{bmatrix}$$

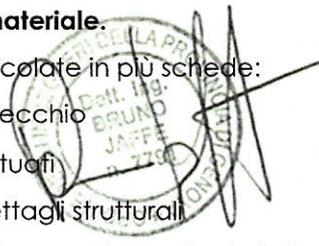
Il valore più piccolo tra quelli calcolati sarà assunto come valore di riferimento per il periodo residuo di utilizzo dell' intero apparecchio.

Nell' ambito dei vari elementi che compongono l' apparecchio si procede alla individuazione dei dettagli strutturali sui quali sarà effettuata la verifica. Per ciascuno di essi saranno individuati i parametri caratteristici prescritti dalla Norma.

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

Le varie fasi della verifica sono state articolate in più schede:

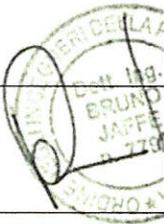
1. Scheda anagrafica dell' apparecchio
2. Scheda descrittiva dei cicli effettuati
3. Scheda di identificazione dei dettagli strutturali
4. Scheda di calcolo del livello di danneggiamento da fatica
 - 4.1. Calcolo del numero di cicli che provocano la rottura per il dettaglio strutturale considerato



Dott. Ing Bruno Jaffe Cso Firenze 17/7 16136 Genova Cell. 388 1977371	Matricola 2005/2/01004/CO RELAZIONE DI ACCERTAMENTO DEL PERIODO RESIDUO DI ESERCIZIO DELL'APPARECCHIO	INVERIGO (CO) 10/05/23 rev. 1 Pag. 13/20
--	---	---

- 4.2. Calcolo del livello di danneggiamento per il dettaglio strutturale individuato
- 5. Scheda di calcolo del periodo residuo d' esercizio
 - 5.1. Calcolo del numero di cicli che provocano la rottura per il dettaglio strutturale individuato con riferimento alle future condizioni di carico
 - 5.2. Calcolo del numero annuale di cicli riferiti alle future condizioni di carico
 - 5.3. Calcolo del fattore di danneggiamento medio annuale
 - 5.4. Calcolo del periodo residuo d' esercizio dell' apparecchio

Dott. Ing Bruno Jaffe Cso Firenze 17/7 16136 Genova Cell. 388 1977371	Matricola 2005/2/01004/CO RELAZIONE DI ACCERTAMENTO DEL PERIODO RESIDUO DI ESERCIZIO DELL'APPARECCHIO	INVERIGO (CO) 10/05/23 rev. 1 Pag. 14/20
--	---	---

1. SCHEDA ANAGRAFICA DELL'APPARECCHIO	
RICHIEDENTE	 MOLTENI ITALIA S.R.L 22, Via Don Carlo Gnocchi - 22044 Inverigo (CO)
APPARECCHIO	GRU SU AUTOCARRO CASA COSTRUTTRICE : HEILA CRANES SPA TIPO HLC 2000/2S N.F. H-7988/97 Portata massima 1000 kg
DESCRIZIONE DELLE COMPONENTI DELL'APPARECCHIO:	<p>La gru è montata dietro cabina autocarro con l'interposizione di controtelaio tramite tiranti di aggraffaggio che fissano basamento e bilanciere al telaio dell'autocarro. Nel basamento sono alloggiati due travi di cui una estensibile lateralmente a mano recanti i martinetti idraulici di stabilizzazione. La colonna girevole idraulicamente tramite due cilindri , ha incernierato alla sua estremità il braccio principale recante il secondario dotato di prolunga idraulica.</p> <p>Braccio principale , secondario e prolunga sono azionati da cilindri idraulici dotati di valvole di sicurezza che garantiscono la stabilità ed il controllo del carico durante l'esercizio.</p> <p>Il circuito idraulico è alimentato da una pompa con presa di forza al cambio.</p> <p>Comando dal basso a mezzo manipolatori a leva, post sul lato della colonna.</p> <p>La posizione della colonna è S/C/D.</p> <p>I comandi stessi sono rispondenti ai requisiti indicati nel fascicolo n.4 - ISPESL - Istruzioni per le verifiche e collaudi</p> <p>Punzonatura della gru sul basamento della stessa gru.</p>
ANNO DI COSTRUZIONE	1997
NUMERO DI FABBRICA	7988/97
MATRICOLA ENPI/ISPESL	2005/2/01004/CO
INIZIO ATTIVITA' APPARECCHIO	1997

Dott. Ing Bruno Jaffe Cso Firenze 17/7 16136 Genova Cell. 388 1977371	Matricola 2005/2/01004/CO RELAZIONE DI ACCERTAMENTO DEL PERIODO RESIDUO DI ESERCIZIO DELL'APPARECCHIO	INVERIGO (CO) 10/05/23 rev. 1
		Pag. 15/20

2. SCHEDA DESCRITTIVA DEI CICLI EFFETTUATI

Anno di verifica **MAGGIO 2023**

Carico di riferimento **$P_1 = 3/10 \cdot P_{max}$**

N.	Periodo	Formula	cicli
1	1997-2007	12 c/g 200 g/a 10a	24.000
2	2007-2023	9 c/g 200 g/a 26a	46.800
TOTALE CICLI EFFETTUATI $n_1 =$			70.800

Carico di riferimento **$P_2 = 1/10 \cdot P_{max}$**

N.	Periodo	Formula	cicli
1	1997-2007	12 c/g 200 g/a 10a	24.000
2	2007-2023	9 c/g 200 g/a 26a	46.800
TOTALE CICLI EFFETTUATI $n_1 =$			70.800

Carico di riferimento **$P_3 = 1/2 P_{max}$**

N.	Periodo	Formula	cicli
1	1997-2023	4c/g 200 g/a 20a	28.800
2			
3			
4			
TOTALE CICLI EFFETTUATI $n_3 =$			28.800

Legenda:

c/g cicli effettuati in un giorno

g/a numero medio di giorni di utilizzo annui

a anni di utilizzo riferiti al periodo

NOTE E COMMENTI

3. SCHEDE DI IDENTIFICAZIONE DEL DETTAGLIO STRUTTURALE

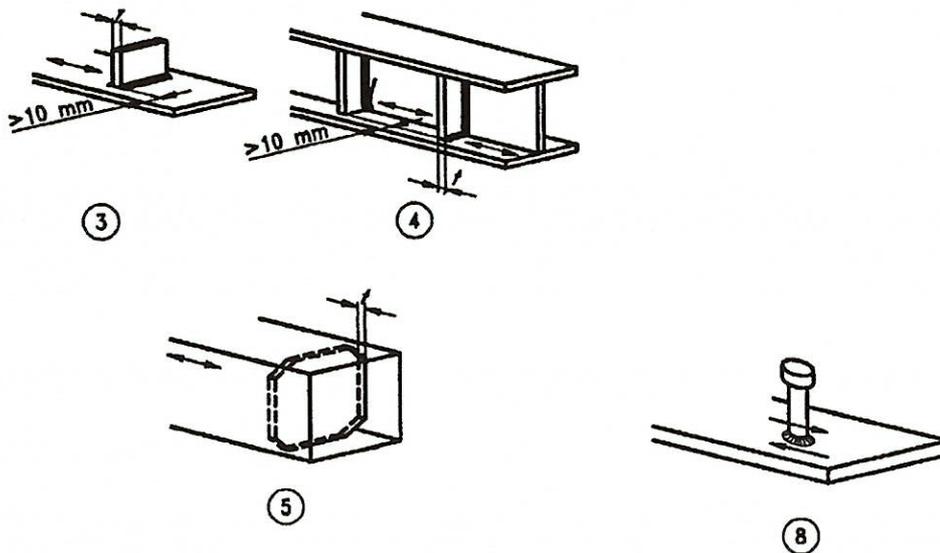
Norma di riferimento per l'identificazione del dettaglio strutturale:

UNI ENV 1993-1-1 Punto 9 - Fatica

Elemento strutturale considerato

Braccio primario collegamento colonna

Particolare costruttivo



Descrizione

- 3 – saldature che terminano a più di 10 mm dal bordo della lamiera
- 4 – irrigidimenti verticali saldati ad una trave o ad una trave composta
- 5 – diaframmi di travi scatolate saldati alla piattabanda o all'anima
- 8 - pioli

Requisiti

Categoria dei particolari

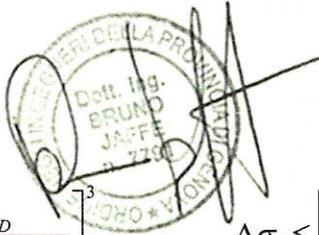
Descrizione	Delta di tensione	Valore (N/mm ²)
valore di riferimento della resistenza a fatica a 2 milioni di cicli	$\Delta\sigma_c =$	80
limite di fatica ad ampiezza costante	$\Delta\sigma_D =$	59
limite per i calcoli a fatica	$\Delta\sigma_L =$	32

Dott. Ing Bruno Jaffe Cso Firenze 17/7 16136 Genova Cell. 388 1977371	Matricola 2005/2/01004/CO RELAZIONE DI ACCERTAMENTO DEL PERIODO RESIDUO DI ESERCIZIO DELL'APPARECCHIO	INVERIGO (CO) 10/05/23 rev. 1
		Pag. 17/20

4. SCHEDA DI CALCOLO DEL LIVELLO DI DANNEGGIAMENTO DA FATICA

4.1. CALCOLO DEL NUMERO DI CICLI CHE PROVOCANO LA ROTTURA PER IL DETTAGLIO STRUTTURALE INDIVIDUATO

Riferimenti teorici utilizzati nel calcolo:



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

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

$$N_i = \infty \quad \text{se} \quad \Delta\sigma_i \leq \left[\frac{\Delta\sigma_L}{\gamma_{Mf} \cdot \gamma_{Ff}} \right]$$

Schema di sintesi dei risultati del calcolo:

con $P_i = P_{max}$ $\Delta\sigma_{max} = 160 \text{ N/mm}^2$	
con $P_1 = 3/10 P_{max}$ $\Delta\sigma_1 = 48 \text{ N/mm}^2$	$N_1 = 3.773.992$ cicli
con $P_2 = 1/10 P_{max}$ $\Delta\sigma_2 = 16 \text{ N/mm}^2$	al di sotto della curva limite di fatica
con $P_3 = 1/2 P_{max}$ $\Delta\sigma_{max} = 80 \text{ N/mm}^2$	$N_3 = 243.283$ cicli

4.2. CALCOLO DEL LIVELLO DI DANNEGGIAMENTO PER IL DETTAGLIO STRUTTURALE INDIVIDUATO

Applicando la teoria di Palmgre-Miner si ricava il numero dei cicli residui tenendo conto dell'affaticamento subito dal materiale in ragione dei cicli effettuati.

per	$P_1 = 3/10 P_{max}$	$D_1 = 0,01876$
per	$P_2 = 1/10 P_{max}$	al di sotto della curva limite di fatica
per	$P_3 = 1/2 P_{max}$	$D_3 = 0,11838$

Livello del danneggiamento presente nel dettaglio strutturale alladada della valutazione:

$$D = \sum_{i=1}^n D_i = 0,13714$$

Fattore di danneggiamento residuo:

$$D_r = 1 - D = 0,86286$$

Dott. Ing Bruno Jaffe Cso Firenze 17/7 16136 Genova Cell. 388 1977371	Matricola 2005/2/01004/CO RELAZIONE DI ACCERTAMENTO DEL PERIODO RESIDUO DI ESERCIZIO DELL'APPARECCHIO	INVERIGO (CO) 10/05/23 rev. 1
		Pag. 18/20

5. SCHEDA DI CALCOLO DEL PERIODO RESIDUO D'ESERCIZIO

5.1. CALCOLO DEL NUMERO ANNUALE DI CICLI RIFERITI ALLE FUTURE CONDIZIONI DI CARICO

Carico di riferimento formula cicli $P_2 = 1/10 - P_{max}$ 9 c/g — 200 g/a $n_2 = 3.060$ Carico di riferimento formula cicli $P_3 = - P_{max}$

Carico di riferimento	formula	cicli
$P_1 = 3/10 - P_{max}$	9 c/g — 200 g/a	$n_1 = 1.800$

Carico di riferimento	formula	cicli
$P_2 = 1/10 - P_{max}$	9 c/g — 200 g/a	$n_2 = 1.800$

Carico di riferimento	formula	cicli
$P_3 = 1/2 P_{max}$	4 c/g — 200 g/a	$n_3 = 800$

Carico di riferimento	formula	cicli
$P_4 = - P_{max}$		

NOTE E COMMENTI

Ai fini della determinazione del periodo di ulteriore futuro utilizzo si è tenuto conto delle seguenti ipotesi di utilizzo future dichiarate dalla Ditta:

9 c/g con $3/10 \cdot P_{max}$

9 c/g con $1/10 \cdot P_{max}$

4 c/g con $1/2 P_{max}$

con un numero medio di giorni lavorativi annui pari a 200

5.2. CALCOLO DEL NUMERO DI CICLI CHE PROVOCANO LA ROTTURA PER IL DETTAGLIO STRUTTURALE INDIVIDUATO CON RIFERIMENTO ALLE FUTURE CONDIZIONI DI CARICO

con $P_i = P_{max}$ $\Delta\sigma_{max} = 160 \text{ N/mm}^2$	
con $P_1 = 3/10 P_{max}$ $\Delta\sigma_1 = 48 \text{ N/mm}^2$	$N_{r1} = 3.703.192$ cicli
con $P_2 = 1/10 \cdot P_{max}$ $\Delta\sigma_2 = 16 \text{ N/mm}^2$	al di sotto della curva limite di fatica
con $P_3 = 1/2 P_{max}$ $\Delta\sigma_{max} = 80 \text{ N/mm}^2$	$N_{r3} = 214.483$ cicli

Dott. Ing Bruno Jaffe Cso Firenze 17/7 16136 Genova Cell. 388 1977371	Matricola 2005/2/01004/CO RELAZIONE DI ACCERTAMENTO DEL PERIODO RESIDUO DI ESERCIZIO DELL'APPARECCHIO	INVERIGO (CO) 10/05/23 rev. 1
		Pag. 19/20

5.3. CALCOLO DEL FATTORE DI DANNEGGIAMENTO RESIDUO ANNUALE

con $P_i = P_{max}$ $\Delta\sigma_{max} = 160 \text{ N/mm}^2$	
con $P_1 = 3/10 P_{max}$ $\Delta\sigma_1 = 48 \text{ N/mm}^2$	$d_{r1} = 0,0004861$
con $P_2 = 1/10 P_{max}$ $\Delta\sigma_2 = 16 \text{ N/mm}^2$	al di sotto della curva limite di fatica
con $P_3 = P_{max}$ $\Delta\sigma_{max} = 160 \text{ N/mm}^2$	$d_{r3} = 0,0037299$

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

$$d^r = \sum_{i=1}^n d_i^r = 0,0042160$$

5.4. CALCOLO DEL PERIODO RESIDUO D'ESERCIZIO DELL'APPARECCHIO

Con riferimento alla seguente relazione si determina il periodo residuo d'esercizio:

$$y_1^{ser} = \frac{D_r}{\left(\sum_{j=1}^n d_{j1}^r\right)}$$

non si evidenzia un limite significativo per il periodo di utilizzo

NOTE E COMMENTI

Il valore teorico di t_R così ricavato tiene conto di un fattore di danneggiamento della formula del Miner pari a 1. Ai fini della definizione dei tempi massimi entro i quali effettuare una ispezione strutturale da parte dell'Ingegnere Esperto è opportuno adottare un fattore di danneggiamento minore.

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 da parte dell'Ingegnere Esperto pari a 5 anni.**

Dott. Ing Bruno Jaffe Cso Firenze 17/7 16136 Genova Cell. 388 1977371	Matricola 2005/2/01004/CO RELAZIONE DI ACCERTAMENTO DEL PERIODO RESIDUO DI ESERCIZIO DELL'APPARECCHIO	INVERIGO (CO) 10/05/23 rev. 1 Pag. 20/20
--	---	---

6. CONCLUSIONI

La valutazione teorica del periodo residuo di utilizzo dell'apparecchio di sollevamento in oggetto non ha evidenziato un limite di riferimento significativo.

Tale valore ha carattere puramente indicativo e prescinde dai risultati conseguenti alla effettuazione delle ispezioni, controlli ed accertamenti sull'apparecchio stesso. Possono infatti sussistere situazioni di danno e/o difetto non direttamente connessi al manifestarsi del fenomeno della fatica, quanto, piuttosto, legate ad eventi propri della fase costruttiva o conseguenti ad anomalie proprie dei materiali utilizzati.

Sulla base delle valutazioni svolte, tenuto conto della classificazione assegnata, nonché delle indicazioni fornite dalla Norma di riferimento, non sussistono ragioni ostative all'ulteriore utilizzo della macchina purché siano osservate le seguenti prescrizioni tecniche:

- 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;
- la revisione e aggiornamento della presente valutazione nel caso in cui dovessero variare le condizioni d'utilizzo, sia per intensità di carichi che per frequenza delle operazioni di sollevamento;
- l'esecuzione ogni anno di un esame visivo generale dell'apparecchio da parte di un Tecnico Esperto (punto 5.2.1. della Norma UNI ISO 9927-1)
- l'effettuazione entro 5 anni di una revisione generale dei meccanismi, consistente, se ritenuto necessario, nella apertura e controllo approfondito delle singole parti, non esclusa l'effettuazione di eventuali indagini NDT, con contestuale ispezione dell'Ingegnere Esperto.
- l'effettuazione entro 5 anni della prossima ispezione generale sugli elementi metallici che compongono l'apparecchio;

INVERIGO (CO) 10/05/23,



L'Ingegnere Esperto
ing. Bruno Jaffe