



Gli effetti del degrado strutturale dovuto all'esercizio sulle attrezzature di sollevamento

The effects of structural degradation as consequence of use on lifting equipment

F. Giacobbe, M. Platania – Inail, Messina

C. Mennuti – Inail, Roma

A. Corso – libero professionista, Messina

Le condizioni di sollecitazione connesse all'esercizio delle attrezzature di lavoro comportano l'inevitabile alterazione delle caratteristiche iniziali ed un conseguente degrado delle strutture. Tale problematica è naturalmente condizionata da molteplici fattori tra i quali i materiali utilizzati, i carichi ed i cicli di lavoro e dai fattori ambientali. È quindi necessario effettuare una valutazione dello stato di conservazione dell'apparecchiatura, tenendo conto dei parametri di progetto e della storia di esercizio dell'apparecchio, onde definire il livello di degrado raggiunto nel tempo e le eventuali implicazioni che ne derivano, riguardo l'ulteriore esercibilità dell'attrezzatura. Il presente articolo si pone l'obiettivo di proporre dei criteri di scelta per la definizione di un piano dei controlli (CND, localizzazione, estensione e tempistiche) per la valutazione dello stato di degrado dei componenti e delle strutture costituenti le attrezzature di sollevamento.

Parole chiave: verifiche periodiche, attrezzature di sollevamento

The stress conditions associated with the operational phase of work equipment, involve the inevitable alteration of the initial characteristics and a consequent degradation of the structures. This problem is naturally affected by various factors including the materials used, the loads and the work cycles applied and environmental factors. Therefore it's necessary to perform an assessment of the conservation state of the equipment, taking into account the design parameters and its working history, in order to establish the level of degradation achieved over time and any implications resulting from it, about the further equipment working availability. This article aims to propose the selection criteria for the definition of a control plan (NDT, location, extension and timing) for the degradation evaluation of components and structures constituents lifting equipment.

Keywords: periodical inspection, lifting equipment

FENOMENI DI DEGRADO

In funzione delle condizioni ambientali di installazione e delle sollecitazioni connesse all'esercizio le attrezzature di lavoro sono soggette principalmente a diverse tipologie di corrosione tra cui la corrosione per fatica, la corrosione superficiale (es. generalizzata, ecc.) e la corrosione interstiziale.

Particolarmente significativa è il degrado conseguente a tutte le situazioni reali di esercizio nelle quali si ha effetto concomitante e sinergico dell'ambiente e della sollecitazione meccanica. Tale meccanismo di frattura è noto come "Environmental Assisted Cracking" [1] e può portare a conseguenze particolarmente catastrofiche, fino a causare la rottura di componenti a livelli di carico che in assenza dell'ambiente corrosivo non sarebbero comunque da considerare critici. Pertanto di fondamentale importanza riveste la scelta dei materiali strutturali per applicazioni ingegneristiche. Le fasi tipiche di questo processo sono tre: nucleazione e coalescenza delle cricche, propagazione lenta della cricca, rottura. La fase di rottura, può presentare le caratteristiche di rottura duttile o fragile in funzione della tenacità del materiale considerato.

In riferimento a quanto suddetto, vengono di seguito commentate le considerazioni tecniche finalizzate all'ulteriore esercibilità di attrezzature di lavoro soggette a fenomeni di corrosione [2].

APPARECCHI DI SOLLEVAMENTO

Secondo la norma UNI ISO 4306-1 un apparecchio di sollevamento è definito come: "Un apparecchio a funzionamento discontinuo destinato a sollevare e manovrare nello spazio carichi sospesi mediante gancio o

altri organi di presa". Con questa definizione si distingue pertanto il campo degli apparecchi di sollevamento da quello degli impianti di sollevamento quali ascensori e montacarichi.

Secondo la Direttiva Macchine 2006/42/CE un accessorio di sollevamento è definito come: "componente o attrezzatura non collegato stabilmente all'apparecchio di sollevamento, che consente la presa del carico, disposto tra la macchina e il carico oppure sul carico stesso, oppure destinato a divenire parte integrante del carico e ad essere immesso sul mercato separatamente".

Le ispezioni su attrezzature di sollevamento (quali ad esempio: gru, paranchi, piattaforme elevabili, ecc.) possono aiutare il datore di lavoro a:

- ottemperare alle prescrizioni imposte dal fabbricante e/o previste da standard e buone prassi;
- assicurare e mantenere la capacità e la disponibilità delle macchine in condizioni di lavoro sicure;
- massimizzare tempi di disponibilità al servizio e periodi d'interruzione pianificati per ridurre al minimo l'impatto operativo.

QUADRO NORMATIVO

La Direttiva europea 89/655 (requisiti minimi di sicurezza e di salute per l'uso delle attrezzature di lavoro da parte dei lavoratori durante il lavoro) ed i suoi successivi emendamenti forniscono i requisiti di adeguamento cui debbono soddisfare le attrezzature di lavoro già messe a disposizione dei lavoratori e quindi il minimo livello tecnologico di sicurezza che il datore di lavoro deve assicurare per la sua impresa.

Ai sensi del D.Lgs. 81/08 e s.m.i, il datore di lavoro deve mettere a disposizione dei lavoratori attrezzature conformi ai requisiti di sicurezza secondo quanto previsto dall'articolo 70. Tali attrezzature, se contemplate nell'allegato VII, devono essere sottoposte a verifiche periodiche volte a valutarne l'effettivo stato di conservazione e di efficienza ai fini della sicurezza con la frequenza indicata nel medesimo allegato. In particolare il datore di lavoro provvede affinché: le attrezzature soggette a influssi che possono provocare deterioramenti suscettibili di dare origine a situazioni pericolose siano sottoposte:

- a) ad interventi di controllo periodici, secondo frequenze stabilite in base alle indicazioni fornite dai fabbricanti, ovvero dalle norme di buona tecnica, o in assenza di queste ultime, desumibili dai codici di buona prassi;
- b) ad interventi di controllo straordinari al fine di garantire il mantenimento di buone condizioni di sicurezza, ogni volta che intervengano eventi eccezionali che possano avere conseguenze pregiudizievoli per la sicurezza delle attrezzature di lavoro, quali riparazioni trasformazioni, incidenti, fenomeni naturali o periodi prolungati di inattività;

gli interventi di controllo di cui alle lettere a) e b) sono volti ad assicurare il buono stato di conservazione e l'efficienza a fini di sicurezza delle attrezzature di lavoro e devono essere effettuati da persona competente.

Le modalità per effettuare le verifiche periodiche sono definite nell'allegato II del D.M. 11 aprile 2011 (Disciplina delle modalità di effettuazione delle verifiche periodiche di cui all'All. VII del decreto legislativo 9 aprile 2008, n.81, nonché i criteri per l'abilitazione dei soggetti di cui all'articolo 71, comma 13, del medesimo decreto legislativo).

Particolare importante da evidenziare nel caso delle verifiche periodiche su gru mobili, sulle gru trasferibili e sui ponti sviluppabili su carro ad azionamento motorizzato, sono le risultanze delle indagini supplementari effettuate secondo le norme tecniche e finalizzate ad individuare eventuali vizi, difetti o anomalie, prodottisi nell'utilizzo dell'attrezzatura di lavoro messa in esercizio da oltre 20 anni, nonché a stabilire la vita residua in cui la macchina potrà ancora operare in condizioni di sicurezza con le eventuali relative nuove portate nominali. Tali risultanze devono essere esibite dal datore di lavoro al funzionario incaricato della verifica [2].

INDAGINI ED ISPEZIONI

Nel caso di condizioni ambientali chimico fisiche favorevoli a fenomeni corrosivi è necessario evidenziare le soluzioni adottate per prevenire e monitorare il suddetto processo di deterioramento. L'utente, naturalmente, deve tenere conto delle eventuali prescrizioni definite dal fabbricante nel libretto d'uso e manutenzione. La suddetta normativa impone inoltre, al fine di controllare il livello di stabilità dell'attrezzatura, la verifica di integrità con periodicità decennale. Tale verifica è basata sull'esito di controlli del tipo non distruttivo (es. esame visivo più esame spessimetrico ultrasonoro). La norma ISO 9927-1 (Apparecchi di sollevamento. Ispezioni. Generalità) definisce le seguenti operazioni ispettive:

- Ispezioni giornaliere: sono ispezioni che devono essere effettuate giornalmente prima dell'inizio delle operazioni di sollevamento.
- Ispezioni abituali: sono ispezioni frequenti che devono essere effettuate periodicamente ad intervalli di tempo non superiore a sei mesi.

- Ispezioni periodiche (annuali): sono ispezioni effettuate periodicamente, ad intervalli di tempo non superiore a 12 mesi o all'atto della reinstallazione.
- Ispezioni straordinarie: ispezioni straordinarie devono essere effettuate ogni volta che un apparecchio di sollevamento incontra una qualsiasi delle seguenti circostanze eccezionali (ad esempio): A) collisione con altre strutture; B) un sovraccarico imprevisto durante il funzionamento.
- Ispezioni dopo modifiche: le ispezioni dopo modifiche devono essere effettuate ogni volta che un apparecchio di sollevamento sia stata sottoposto a variazioni di uno qualsiasi dei seguenti valori o componenti (ad esempio): A) di carico B) della struttura portante o di componenti strutturali, meccanici, elettrici C) dell'apparecchiatura di manovra;
- Ispezioni per valutazioni speciali: le ispezioni per valutazioni speciali devono essere effettuate per verificare lo stato di conservazione dell'apparecchio di sollevamento ovvero la vita residua dell'apparecchio in conformità alla norma ISO 12482-1 [3].

L'indagine supplementare è un'attività finalizzata a individuare eventuali vizi, difetti o anomalie, prodottisi nell'utilizzo dell'attrezzatura di lavoro messe in esercizio da oltre 20 anni nonché a stabilire la vita residua in cui la macchina potrà ancora operare in condizioni di sicurezza con le eventuali relative nuove portate nominali. L'indagine supplementare deve essere eseguita prima della verifica periodica e le risultanze devono essere esibite dal datore di lavoro al verificatore [4][5].

Si precisa che i periodi di inattività delle attrezzature, molto frequenti in edilizia come nel caso delle gru, non sospendono il termine per la verifica periodica.

FENOMENO DELLA FATICA

Gli apparecchi di sollevamento sono soggetti a cicli di carico, ossia a fenomeni di fatica strutturale che, nel corso del tempo e sotto l'azione di carichi variabili, possono portare a possibili cedimenti.

In particolare nel caso di tali attrezzature, l'ambiente esterno può agire in diverse forme sul comportamento a fatica del materiale costituente la struttura portante attraverso:

- la riduzione uniforme o localizzata dello spessore, con conseguente riduzione della sezione resistente; ciò determina negativamente un aumento della sollecitazione reale ed un abbassamento della vita a fatica;
- la creazione di superfici corrose, e quindi rugose e non più lisce; ciò determina un aumento dell'effetto di concentrazione degli sforzi ed accelerazione dell'innescamento delle cricche per fatica meccanica;
- la possibilità di insorgenza di corrosione fatica (in inglese true corrosion fatigue) nei punti di ristagno dell'ambiente aggressivo. In queste condizioni il degrado porta alla diminuzione dello sforzo di soglia per l'innescamento delle cricche e all'accelerazione della propagazione della cricca a basse frequenze, che tuttavia continua a seguire la legge di Paris;
- la corrosione sotto sforzo / fatica (in inglese stress/corrosion fatigue) che si manifesta nei punti di ristagno dell'ambiente aggressivo; fenomeno corrosivo per il quale, superato un valore di soglia del fattore di intensità degli sforzi, si osserva un plateau nella propagazione della cricca, dovuta alla sovrapposizione della propagazione per corrosione sotto sforzo a quella per fatica. Questo fenomeno è tanto più importante tanto maggiore è la resistenza meccanica dell'acciaio, quindi la suscettibilità alla corrosione sotto sforzo.

Nella struttura dell'apparecchio si manifestano delle piccole lesioni (cricche) che si sviluppano in alcuni elementi o in sezioni degli stessi sotto l'azione di carichi variabili. La presenza di sezioni strutturali indebolite da fenomeni di fatica può portare, nel tempo, a collasso strutturale degli apparecchi di sollevamento con evidenti gravi conseguenze.

È prevista, generalmente quando l'apparecchiatura supera i 10 anni di vita, una verifica più approfondita rispetto alla consueta verifica periodica. Questa ispezione serve a capire, sulla base delle condizioni della struttura, quanti cicli di vita residui rimangono all'apparecchiatura di sollevamento rispetto alla classe stabilita dal costruttore. Tali apparecchi sono progettati per funzionare per un tempo definito, quando si raggiunge il numero di cicli previsti la struttura non conserva più le caratteristiche di sicurezza originarie.

Le gru a torre per esempio, secondo quanto previsto dalle norme CNR 10021/85 al prospetto AII-1, devono essere progettate per una classe di funzionamento A3-A5 a cui corrisponde, in funzione del regime di carico previsto per l'apparecchio, un numero di cicli di carico variabile tra 63.000 e 250.000. Un ciclo ha inizio quando il carico comincia ad essere sollevato ed ha termine nel momento in cui, depositato il carico, l'apparecchio è pronto per l'effettuazione di un nuovo sollevamento. Le CNR 10021/85 non è l'unica norma che viene utilizzata per la classificazione degli apparecchi di sollevamento. Vengono utilizzate anche le norme DIN 15018, le norme ISO 4301/1e le regole tecniche FEM 1.001 e FEM 9.511.

In linea generale riportiamo le modalità operative che il cosiddetto “ingegnere esperto”, ai sensi della norma ISO 9927-1 punto 5.2.2, su incarico del datore di lavoro, deve fare per poter risalire al numero teorico di cicli effettuati fino alla data dell'indagine e rilasciare il rapporto di vita residua.

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, scheda tecnica, registro dei controlli, rapporti di manutenzione eseguiti da ditta specializzata, verbali di verifica periodica, documenti di acquisto di componenti sostituiti, ecc. Tale fase è abbastanza complessa ed ardua perché la documentazione storica spesso è insufficiente o addirittura mancante, oppure perché l'attuale utilizzatore ha acquistato la macchina usata ed è in possesso della documentazione minima. In questi casi è opportuno acquisire una dichiarazione dall'utilizzatore, che autocertifica sulla frequenza di utilizzo e sul tipo carico generalmente sollevato (spettro di carico) [6]. Successivamente vengono espletate le adeguate indagini con controlli non distruttivi (CND) senza i quali è praticamente impossibile riuscire a dare una corretta valutazione sullo stato di conservazione delle saldature e degli elementi di carpenteria metallica. I controlli possono essere di tipo superficiale mediante la tecnica esame visivo (VT), liquidi penetranti (PT) e magnetoscopia (MT); di tipo volumetrico mediante esame ultrasonoro (UT) o radiografico (RT).

I CND devono essere condotti da personale qualificato ovvero essere in possesso delle specifiche abilitazioni in base alla EN 9712. Questi operatori devono pertanto essere in grado di valutare il controllo eseguito, sulla base della loro competenza ed esperienza e sulla conoscenza sia dei metodi di indagine che dei materiali sottoposti a controllo.

I rapporti di controllo devono essere firmati da II livello o III livello ed acquisiti agli atti.

La relazione dovrà essere corredata di un dettagliato report fotografico al fine di documentare lo stato dell'arte e per arricchire il dossier dell'apparecchiatura.

A conclusione delle suddette attività è possibile esprimere valutazioni sull'effetto della fatica e rilasciare il rapporto di vita residua.

CONCLUSIONI

Si definisce la verifica strutturale come un'indagine supplementare finalizzata ad individuare eventuali vizi, difetti o anomalie, prodottisi nell'utilizzo dell'attrezzatura di lavoro messe in esercizio da oltre 20 anni, nonché a stabilire la vita residua in cui la macchina potrà ancora operare in condizioni di sicurezza con le eventuali nuove portate nominali. In base al Testo Unico sulla sicurezza, anche in carenza di prescrittive richieste da parte dell'organo di vigilanza, rimane in capo all'utilizzatore l'onere di dimostrare la sussistenza delle condizioni di efficienza e di sicurezza generale di un apparecchio di sollevamento.

La valutazione della vita residua attraverso la verifica strutturale deve tenere conto dell'esito dei controlli non distruttivi. Al fine di garantire un monitoraggio accurato del fenomeno corrosivo e della fatica è opportuno anche da parte dell'utente attuare indagini ispettive periodiche. Una campagna preventiva di indagini difettoscopiche permette di controllare la stabilità dell'apparecchiatura anche in anticipo rispetto alla periodicità base definita dal legislatore.

Si conclude ribadendo l'importanza della “indagine supplementare”, finalizzata alla “individuazione di eventuali vizi, difetti o anomalie, prodottisi nell'utilizzo dell'attrezzatura da lavoro in esercizio da oltre 20 anni” oltre che – aspetto particolarmente importante – nella determinazione della “vita residua in cui la macchina potrà ancora operare in condizioni di sicurezza con le eventuali relative nuove portate nominali”.

BIBLIOGRAFIA

[1] ASTM NACE / ASTM G193-12d, “Standard Terminology and Acronyms Relating to Corrosion”, ASTM International, West Conshohocken, PA, (2012)

[2] F. Giacobbe, M. Platania, A. Sili, A. Iacino, A. Corso – “Influenza dei fenomeni di corrosione nelle verifiche periodiche delle attrezzature di lavoro”, atti Convegno giornate nazionali sulla corrosione, ISBN: 978-88-85298-96-5, (2013)

[3] <http://www.crane-se.it/ispezioni%20periodiche%20gru.html>

[4] M. Gallo, D. Chiffi - “Verifiche delle attrezzature di lavoro indicazioni per una corretta gestione”, Ambiente & Sicurezza, ISSN 2035-5149, periodico quindicinale anno 17 n° 12 del 01/07/15, (2015)

[5] CPT di Padova - “Indicazioni interpretative sulla disciplina delle verifiche obbligatorie delle attrezzature di lavoro”, Ambiente & Sicurezza, ISSN 2035-5149, periodico quindicinale anno 17 n° 12 del 01/07/15, (2015)

[6] F. Catanese – “Le verifiche strutturali degli apparecchi di sollevamento: il problema dei certificati di vita residua rilasciati senza avere effettuato le opportune indagini strumentali”, www.tuttogru.com