

## Pressure Equipment: lo stato dell'arte in Italia - Tra regola e norma tecnica

**Giuseppe Pinna** – pinna@cti2000.it

A oltre due anni dall'entrata in vigore della nuova PED 2014/68/UE si può fare un primo bilancio sullo stato di applicazione della direttiva. Dopo i normali problemi legati alle novità presenti nell'ultima edizione e la successiva fase di assestamento si può ora affermare che i nuovi requisiti sono stati pienamente recepiti dagli operatori e il sistema ha ormai trovato un regime di applicazione stabile. Il chiarimento dei molti dubbi applicativi è passato attraverso il confronto tra i fabbricanti, gli organismi notificati e l'ente di accreditamento nazionale, dal quale sono pervenute le indicazioni interpretative per i requisiti che presentavano delle incertezze, anche grazie alla partecipazione di Accredia al sistema di accreditamento europeo (EA, European co-operation for Accreditation) e al lavoro dei gruppi della Commissione Europea che hanno pubblicato e continuano ad aggiornare le linee guida PED. Un importante contributo all'omogeneizzazione dei criteri di valutazione dei requisiti è dato anche dal lavoro degli organismi notificati, che, attraverso un gruppo di collaborazione e confronto istituito a livello europeo (il CABF PED/SPVD - Forum Europeo degli enti notificati per le direttive PED e SPVD) pubblica delle raccomandazioni che hanno l'obiettivo di uniformare i criteri adottati dagli organismi notificati nella valutazione e certificazione di prodotto e favorire lo sviluppo di un mercato equo, contrastandone le inevitabili tendenze distorsive.

DOPO L'ENTRATA IN VIGORE DELLA NUOVA DIRETTIVA PED, NEL 2016, I NUOVI REQUISITI SONO ORMAI STATI RECEPITI E LE LINEE GUIDA E LE NORME ARMONIZZATE SI SONO CONSEGUENTEMENTE AGGIORNATE PER ASSICURARE LA CONFORMITÀ ALLE NUOVE DISPOSIZIONI

Fin dall'avvento, nel 2000, della prima edizione della direttiva PED - Pressure Equipment Directive 97/23/

CE (recepita in Italia con il D.Lgs. 93/2000), che ha introdotto e applicato al settore delle attrezzature a pressione la filosofia del cosiddetto "Nuovo Approccio" per la libera circolazione delle merci nel mercato unico europeo, è diventato sempre più centrale il ruolo della normativa tecnica come veicolo attraverso il quale trasferire agli operatori (fabbricanti, progettisti, installatori, aziende utilizzatrici, manutentori, organismi di certificazione e controllo) i requisiti tecnici di riferimento per tutte le fasi del ciclo di vita di un apparecchio a pressione. La direttiva PED, diversamente da quanto accadeva in epoca precedente l'avvento del nuovo approccio, va a definire esclusivamente i Requisiti Essenziali di Sicurezza per la fabbricazione e l'immissione sul mercato di attrezzature e insiemi in pressione, demandando al complesso delle norme tecniche "armonizzate" il compito di definire i requisiti di dettaglio per ciascun tipo di prodotto. Questo approccio ha portato alla costituzione di un consistente corpo di norme tecniche, emanate dal CEN e approvate dalla Commissione Europea, che fornisce ai fabbricanti di attrezzature a pressione una solida base tecnica cui riferirsi per la progettazione e la costruzione. Tra queste assumono particolare rilevanza le serie di norme EN 764 "Attrezzature a pressione", EN 13445 "Recipienti a pressione non esposti a fiamma", EN 12952 "Caldaie a tubi d'acqua e installazioni ausiliarie", EN 12953 "Caldaie a tubi da fumo". La revisione della direttiva PED (pubblicata con il numero 2014/68/UE) è stata recepita in Italia con il Decreto Legislativo 15 Febbraio 2016, n. 26 ed è entrata in vigore il 19 Luglio 2016. Con questa revisione, la direttiva PED, al pari di numerose altre direttive, è stata adeguata alle prescrizioni del New Legal Framework, costituito dal Regolamento 765/2008 in materia di accreditamento degli organismi notificati e vigilanza del mercato e dalla Decisione 768/2008 relativa al quadro comune per la commercializzazione dei pro-

dotti nel mercato europeo.

Si deve comunque ricordare che l'introduzione della PED e delle norme armonizzate non ha però causato il superamento definitivo dei vari codici nazionali preesistenti, che anzi continuano ad avere una certa diffusione, anche in Italia, dove le vecchie "Raccolte ISPE-SL" (che, prima dell'avvento della PED, erano le specifiche tecniche cogenti ai fini dell'omologazione delle apparecchiature a pressione da parte dell'ISPE-SL) sono tuttora in uso. Inoltre c'è da aggiungere che quanto detto sopra vale per le attività di progettazione e produzione, dal momento che le fasi successive di installazione, esercizio e dismissione, continuano ancora oggi a essere regolate dalla legislazione nazionale. Questa nel corso degli anni si è prodotta in diverse disposizioni e, tra abrogazioni parziali e totali e, in certi casi, ripristini di validità, si presenta in un quadro non sempre facile da decifrare. Sono soprattutto due le disposizioni di legge con cui gli operatori si sono dovuti confrontare: il Decreto del

Ministero delle Attività produttive n. 329 del 2004, che regola la messa in servizio e l'utilizzazione delle attrezzature a pressione e degli insiemi, e il D.Lgs. 81 del 2008 (Testo Unico in materia di salute e sicurezza nei luoghi di lavoro), integrato dal Decreto 11 aprile 2011 del Ministero del Lavoro e delle Politiche Sociali, che disciplina le modalità di effettuazione delle verifiche periodiche e i criteri di abilitazione dei soggetti che le eseguono. Le disposizioni di legge citate non hanno ricevuto aggiornamenti a seguito

LE FASI DI ESERCIZIO E DISMISSIONE, CONTINUANO ANCORA OGGI A ESSERE REGOLATE DALLA LEGISLAZIONE NAZIONALE, CHE DOPO IL DM 329/2004 E IL DM 11 APRILE 2011 NON HA RICEVUTO AGGIORNAMENTI

della pubblicazione della nuova direttiva PED. Parallelamente il mondo della normazione tecnica nazionale si è mosso per adeguarsi al nuovo quadro legislativo, spesso riprendendo e aggiornando contenu-

Serie UNI/TS 11325 - Attrezzature a pressione - Messa in servizio ed utilizzazione delle attrezzature e degli insiemi a pressione	Stato di avanzamento
UNI/TS 11325:1: Valutazione dello stato di conservazione ed efficienza delle tubazioni in esercizio ai fini della riqualificazione periodica d'integrità	Publicata – 2009 *Programmata revisione
UNI/TS 11325:2: Procedura di valutazione dell'idoneità all'ulteriore esercizio delle attrezzature e degli insiemi a pressione soggetti a scorrimento viscoso	Publicata – 2013 *Programmata revisione
UNI/TS 11325:3: Sorveglianza dei generatori di vapore e/o acqua surriscaldata	Publicata – 2018 (2a edizione)
UNI/TS 11325:4: Metodi operativi per la valutazione di integrità di attrezzature a pressione operanti in regime di scorrimento viscoso applicabili nell'ambito della procedura di valutazione di cui alla UNI/TS 11325-2	Publicata – 2013 *Programmata revisione
UNI/TS 11325:5: Interventi temporanei sulle attrezzature a pressione	Publicata – 2012
UNI/TS 11325:6: Messa in servizio delle attrezzature e degli insiemi a pressione	Publicata – 2014
UNI/TS 11325:8: Pianificazione delle manutenzioni su attrezzature a pressione attraverso metodologie basate sulla valutazione del rischio (RBI)	Publicata – 2013
UNI/TS 11325:9: Idoneità al servizio (Fitness for Service)	Publicata – 2013
UNI/TS 11325:10: Parte 10: Sorveglianza dei generatori di vapore e/o acqua surriscaldata esclusi dal campo di applicazione della UNI/TS 11325-3	Publicata – 2018
UNI/TS 11325:11: Procedura di valutazione dell'idoneità al servizio di attrezzature a pressione soggette a fatica	Publicata – 2015
UNI 11325:12: Verifiche periodiche delle attrezzature e degli insiemi a pressione	Publicata – 2018

Altre norme collegate	Stato di avanzamento
UNI 11096: Prove non distruttive. Controlli sullo stato di integrità strutturale di attrezzature a pressione soggette a scorrimento viscoso a caldo. Pianificazione ed esecuzione dei controlli, valutazione dei risultati e documentazione. *Collegata alle UNI/TS 11325 2 e 4	Publicata – 2012
UNI/TR 11507: Manutenzione dei dispositivi per la limitazione diretta della pressione (valvole di sicurezza)	Publicata – 2013
UNI 11513: Verifica in esercizio della taratura delle valvole di sicurezza mediante martinetti	Publicata – 2013 *In revisione
UNI/TR 11667: Attrezzature a pressione - Verifiche d'integrità di attrezzature/insiemi a pressione - Prove a pressione	Publicata – 2017
UNI ISO 13574: Traduzione ISO 13574:2015 Industrial furnaces and associated processing equipment – Vocabulary	Publicata – 2016
UNI 11706: Attrezzature a pressione - Valutazione dello stato di conservazione delle attrezzature e degli insiemi a pressione a seguito del degrado da esercizio dei materiali	Publicata – 2018
UNI 11723: Attrezzature e insiemi a pressione: progettazione e costruzione di forni chimici, petrolchimici e di raffinazione	Publicata – 2018

Nuovi progetti di norma in lavorazione	Stato di avanzamento
Prassi di Riferimento UNI: Linee guida per l'uso delle Raccolte ISPESL VSR, VSG, M, S nell'ambito della direttiva 2014/68/UE	Consultazione pubblica UNI in corso
UNI/TR xxxxx: Locali destinati al posizionamento di generatori di vapore e/o acqua surriscaldata e delle attrezzature accessorie	Inchiesta pubblica UNI in corso
UNI xxxxx: Prove di tipo per la valutazione delle prestazioni delle valvole di sicurezza per la protezione contro le sovrappressioni	Progetto in lavorazione
UNI EN ISO 764-1 Traduzione italiano UNI EN 764-1:2015 Attrezzature a pressione - Parte 1: Vocabolario	Progetto in lavorazione
Revisione della UNI 10197:1993 Banchi di taratura per valvole di sicurezza. Requisiti generali	Progetto avviato
Revisione della UNI 10198:1993 Banchi di prova di rottura a temperatura ambiente dei dispositivi a frattura prestabilita (dischi di rottura). Requisiti generali	Progetto avviato

ti tecnici che in precedenza erano definiti in disposizioni di legge o in altri documenti tecnici riconosciuti (per esempio le circolari ANCC/IspeSl). La principale normativa nazionale è rappresentata dalla serie UNI 11325 "Attrezzature a pressione – Messa in servizio ed utilizzazione e degli insiemi a pressione", della quale tra il 2009 e il 2018 sono state pubblicate 11 parti, per alcune delle quali è già arrivato il momento della revisione. Altre norme nazionali si sono affian-

cate, elaborate dalle competenti commissioni tecniche di CTI e UNI. Attualmente sono in corso numerosi lavori che potranno contribuire a definire un riferimento tecnico di supporto per gli operatori. Nelle tabelle sotto è presentato il quadro aggiornato delle norme in vigore e dei progetti in corso di lavorazione nei gruppi di lavoro del Sottocomitato 3 del CTI: Nelle pagine che seguono sono presentati approfondimenti su alcune delle norme nazionali di recente

pubblicazione sopra citate e alcuni nuovi lavori di particolare interesse. Oltre a questi, sono da segnalare alcuni progetti che riguardano un settore di particolare rilievo per l'industria meccanica nazionale, cioè quello dei dispositivi di protezione contro le sovrappressioni (valvole di sicurezza e dischi di rottura). Il primo è il progetto di norma dal titolo "Prove di tipo per la valutazione delle prestazioni dei dispositivi di sicurezza per la protezione contro le sovrappressioni": si tratta di un lavoro che si rivolge ai fabbricanti di valvole di sicurezza, agli organismi notificati per la certificazione di prodotto, ai laboratori di prova e alle ditte di manutenzione e ha lo scopo di definire le procedure per eseguire le prove di tipo finalizzate a verificare e determinare le caratteristiche prestazionali dei dispositivi di sicurezza per la protezione contro le sovrappressioni di tipo richiudibile (valvole di sicurezza), come specificati nella UNI EN ISO 4126, parti 1 e 4. Nel fornire ai fabbricanti un riferimento per l'esecuzione delle prove finalizzate a definire le performance di una valvola di sicurezza, la nuova norma andrà a colmare una mancanza nel panorama delle norme CEN e ISO offrendo così agli operatori un'alternativa all'unico riferimento attualmente disponibile che è rappresentato dal codice ASME. Lo stesso gruppo di lavoro (il GL misto CTI-UNI "Dispositivi di protezione contro le sovrappressioni" della CT 223 del CTI) ha già in programma la revisione delle norme UNI 10198 e UNI 10198, del 1993, con lo scopo di definire meglio i criteri per la taratura delle valvole di sicurezza e la prova di rottura dei dischi a frattura prestabilita.

## IL CICLO DI VITA DELLE ATTREZZATURE A PRESSIONE - PANORAMA ATTUALE DELLA NORMATIVA E LINEE DI SVILUPPO

**Corrado Delle Site** – Coordinatore UNI/CT 222  
"Integrità strutturale degli impianti a pressione"

Nell'ambito dei gruppi di lavoro del sottocomitato 3 del CTI sono emersi in questi ultimi tempi alcuni temi

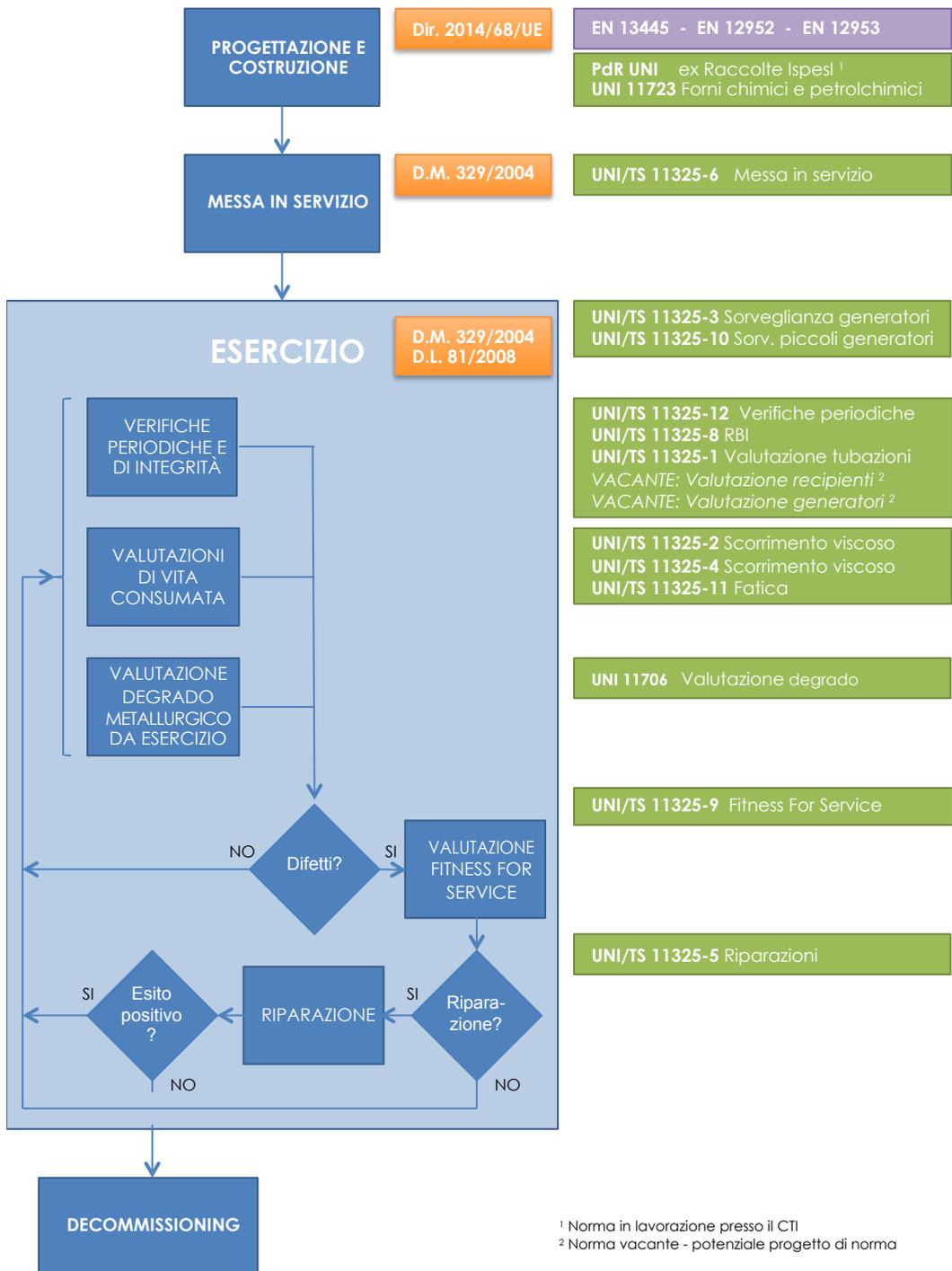
che necessitano di particolare approfondimento tecnico e normativo.

Questa necessità origina sia dal fatto che le norme UNI/CTI sono state emanate nel tempo secondo le esigenze del mercato, non sempre seguendo un percorso organico e strutturato, sia dal fatto che l'evoluzione dello stato dell'arte del settore sta portando alla luce nuove criticità ed elementi di sviluppo che necessiterebbero di un approfondimento normativo.

Questo articolo vuole fornire degli spunti di riflessione per cercare di individuare gli argomenti da portare all'attenzione delle commissioni tecniche operanti nel sottocomitato 3, e nello specifico della CT 221 "Progettazione e costruzione", della CT 222 "Integrità strutturale delle attrezzature a pressione" e della CT 223 "Esercizio di attrezzature e impianti a pressione". Nella prima parte del presente articolo viene illustrato il ciclo di vita di un'attrezzatura e, con riferimento a ciascuna fase, vengono illustrate le normative applicabili. Nella seconda invece vengono individuati, punto per punto, gli argomenti suscettibili di sviluppi normativi.

### Ciclo di vita di un'attrezzatura a pressione e normativa applicabile

La presentazione dei requisiti per la progettazione, la costruzione e l'esercizio delle attrezzature a pressione, siano essi definiti in documenti legislativi o in norme tecniche, avviene tipicamente sulla base dell'ordine cronologico di pubblicazione (in particolare per leggi e decreti) o del codice numerico/alfabetico (per le norme tecniche). Con il presente contributo si intende fornire un modello semplificato di ciclo di vita delle attrezzature a pressione, con lo scopo di presentare le norme secondo il criterio delle fasi della vita dell'attrezzatura. Questo consente anche di identificare eventuali momenti della gestione di un'attrezzatura che non risultano coperti da alcuna norma e che come tali potrebbero essere meritevoli di un futuro approfondimento da parte degli enti di normazione preposti. La gestione del ciclo di vita di un'attrezzatura a pressione si articola nelle seguenti fasi principali, mostrate schematicamente nel flow chart in figura 1:



<sup>1</sup> Norma in lavorazione presso il CTI

<sup>2</sup> Norma vacante - potenziale progetto di norma

- Progettazione e costruzione
- Messa in servizio
- Esercizio
- Sorveglianza dei generatori di vapore
- Verifiche periodiche e d'integrità
- Valutazione vita consumata
- Valutazione del degrado metallurgico
- Fitness for service
- Riparazioni
- Dismissione

Le specifiche tecniche della serie UNI/TS 11325 forniscono gli elementi per gestire l'intero ciclo di vita dell'attrezzatura, dalla progettazione alla messa in servizio, dall'esercizio al decommissioning, includendo le eventuali riparazioni. Di seguito si esaminano le singole fasi del ciclo di vita con particolare riferimento agli aspetti tecnici e ai riferimenti normativi vigenti.

### **Progettazione e costruzione**

Obiettivo di questa prima fase del ciclo di vita è la realizzazione di un'attrezzatura conforme alla normativa vigente. A partire dal 29 maggio 2002 è entrata obbligatoriamente in vigore la Direttiva 97/23/CE (PED) recepita in Italia con il D.Lgs. 25 febbraio 2000, n° 93. Con il D.Lgs. 15 febbraio 2016, n. 26 sono state apportate alcune modifiche al decreto di recepimento, attuando come previsto la direttiva europea 2014/68/UE (rifusione).

La Direttiva PED è una direttiva di prodotto che rientra nel cosiddetto "nuovo approccio", la cui filosofia portante è basata su dei principi generali inderogabili che, soddisfatti integralmente, dovrebbero garantire all'attrezzatura a pressione il raggiungimento di un livello di sicurezza minimo corrispondente ad un "rischio accettabile".

La Direttiva detta i requisiti minimi e indispensabili al fine di garantire la libera circolazione degli apparecchi a pressione: i requisiti essenziali di sicurezza (RES). Al fine di garantire la conformità con i requisiti essenziali, sono emanate, a livello europeo, le "norme armonizzate". Esse hanno il grande vantaggio di dare la presunzione di conformità ai RES. Tuttavia un fabbricante, qualora lo ritenga opportuno, può far ri-

ferimento a qualsiasi altra norma, purché questa permetta di soddisfare i requisiti essenziali di sicurezza applicabili al caso in esame. Le norme armonizzate, nel campo delle attrezzature a pressione, sono redatte dal CEN (Comitato Europeo di Normazione) e recepite in Italia da UNI. Tra queste le più importanti sono la UNI EN 13445 (apparecchi a pressione non sottoposti a fiamma), la UNI EN 12952 (generatori di vapore a tubi d'acqua), la UNI EN 12953 (generatori di vapore a tubi da fumo) e la UNI EN 13480 (tubazioni). In Italia si guarda ancora con grande attenzione alle Raccolte ISPESL (Raccolta VSR, VSG, M, S) come codice di costruzione per attrezzature e insiemi. A tale riguardo INAIL ha richiesto ad UNI di porre allo studio una prassi di riferimento sull'uso delle raccolte ISPESL in ambito PED, in sostituzione della Raccomandazione CTI R-2:2005, ormai superata. I lavori della prassi di riferimento sono ormai conclusi ed il documento è in fase di inchiesta (si veda in proposito l'articolo di approfondimento in queste pagine).

Per quanto riguarda la progettazione e costruzione di forni chimici, petrolchimici e di raffinazione è stata emanata una norma nazionale UNI 11723 che fornisce indicazioni e linee guida per la progettazione e la costruzione di tali attrezzature al fine di ridurre al minimo i rischi derivanti dalla pressione e dalla temperatura, come prescritto dalla direttiva PED. Include inoltre raccomandazioni per la supervisione e sorveglianza durante l'esercizio.

Come sottolineato da più parti, i problemi più rilevanti riscontrati dagli addetti ai lavori in questi anni di applicazione della Direttiva sono principalmente correlati alle molteplicità interpretative a cui la Direttiva stessa si presta. Un ruolo molto importante in tal senso è svolto, a livello italiano, dal Forum degli Organismi Notificati e, a livello europeo, dal WGP del CEN, entrambi deputati a formulare pareri e linee guida procedurali riguardanti la Direttiva PED.

### **Messa in servizio**

La messa in servizio rappresenta lo step successivo alla progettazione e costruzione ed è demandata all'utilizzatore che installa l'attrezzatura, dopo che la stessa è stata immessa sul mercato.

Il legislatore ha previsto una verifica da parte di un Ente Preposto (al momento dall'INAIL), le cui modalità operative sono disciplinate a livello nazionale dal D.M. 329/2004 negli artt. 4, 7 e 9. Il decreto sopra indicato esclude da tale verifica obbligatoria gli insiemi rientranti nell'art. 5 dello stesso decreto.

A livello normativo la UNI/TS 11325-6 definisce le procedure operative a supporto di tale verifica.

### **Esercizio**

Durante il normale esercizio di un'attrezzatura l'utilizzatore deve provvedere ad effettuare operazioni di manutenzione e controlli (D.Lgs 81/2008, art 71, comma 8) finalizzati al buon funzionamento dell'attrezzatura.

Nei casi disciplinati dalle tabelle A e B del D.M. 329/2004 (nel caso di attrezzature in ambienti di vita) e dall'allegato VII al D.M. 11 aprile 2011 (nel caso di attrezzature in ambienti di lavoro), l'utilizzatore o il datore di lavoro devono richiedere ai soggetti preposti l'effettuazione delle verifiche periodiche finalizzate a testimoniare l'idoneità dell'attrezzatura a proseguire il normale esercizio. Le verifiche si dividono in verifiche di funzionamento e verifiche d'integrità: le prime rivolte principalmente all'esame del processo e dei dispositivi di sicurezza, le seconde a confermare lo stato di conservazione nel tempo delle membrature costituenti l'attrezzatura stessa.

Le periodicità di verifica possono essere modificate rispetto a quelle fissate per legge applicando l'istituto della deroga di cui all'art. 10 comma 5 del DM 329/2004. A tale scopo occorre dimostrare che il nuovo intervallo ispettivo non provochi un aumento del livello di rischio, applicando le metodologie di tipo Risk-Based Inspection (RBI).

Il Risk Based Inspection (RBI) differisce dalle tecniche ispettive cosiddette deterministiche, che prevedono controlli su base periodica regolare e definiti con tempi stabiliti e date prefissate eguali per tutti i settori. Tali tecniche, pur tenendo conto di tipiche caratteristiche progettuali dell'apparecchio e condizioni di esercizio, sono tuttavia basate su esperienze generalizzate e non specifiche dei singoli impianti, trascurando l'efficacia dei diversi sistemi di gestione. Le frequenze dei

controlli potrebbero risultare non ottimali e quindi inferiori o superiori alle reali necessità della specifica attrezzatura. In tale contesto, la specifica tecnica UNI/TS 11325-8 "Pianificazione delle manutenzioni su attrezzature a pressione attraverso metodologie basate sulla valutazione del rischio" ha lo scopo di orientare gli utilizzatori nella definizione dei programmi di ispezione e manutenzione delle attrezzature a pressione del proprio impianto sulla base della valutazione del rischio legato all'effettivo stato di conservazione ed efficienza delle attrezzature stesse.

### **Verifiche d'integrità strutturale**

Come già evidenziato, la verifica d'integrità delle attrezzature a pressione è finalizzata a verificare lo stato di conservazione delle membrature ed è prevista dall'art. 12 del DM 329/2004. Essa prevede come requisito minimo, l'esecuzione di esami visivi e controlli spessimetrici. Tuttavia, non è esclusa la possibilità di dover eseguire altri controlli "che si rendano necessari" a fronte di situazioni di danneggiamento evidenziate dal calcolo o dai controlli di base.

La UNI/TS 11325-1 definisce i criteri per la corretta verifica d'integrità di tubazioni tramite controlli di "screening" e di "dettaglio". Analogamente a quanto fatto per le tubazioni, si prevede di porre allo studio in ambito CTI norme specifiche per la verifica d'integrità di recipienti e di generatori di vapore.

### **Valutazione della vita consumata**

Alcuni meccanismi di danno quali il creep o la fatica, determinano una diminuzione nel tempo delle caratteristiche meccaniche dell'attrezzatura, quantizzabile in termini di "frazione di vita consumata". La vita teorica utile è determinabile riferendosi a curve di riferimento specifiche per il materiale della membratura interessata dal fenomeno. La normativa nazionale sullo scorrimento viscoso si è arricchita di una serie di norme che coprono tutti gli aspetti della valutazione di vita consumata a creep. In particolare l'aspetto tecnico-procedurale è coperto dalla UNI/TS 11325-2, l'aspetto tecnico-scientifico è definito dalla UNI/TS 11325-4, l'aspetto metallografico dalla UNI 11374 e dalla UNI 11373, l'aspetto "Prove non Distruttive"

dalla UNI 11096. Il parametro di soglia per valutare se un apparecchio è in scorrimento viscoso è la temperatura convenzionale di inizio creep che, per un determinato materiale, è indipendente dalla sollecitazione di esercizio. Tuttavia, la sollecitazione influisce sulla significatività del fenomeno creep per mezzo della frazione di vita consumata ed è pertanto un parametro fondamentale nella determinazione degli intervalli di ricontrollo. Il danneggiamento per fatica è affrontato nella UNI/TS 11325-10, riferendosi in linea generale alle normative europee di settore (per esempio alla UNI EN 12952 per i generatori di vapore) ed ai rispettivi metodi proposti.

In entrambi i casi, sia per il creep che per la fatica, l'utilizzatore, una volta effettuata l'analisi, proporrà l'intervallo di ricontrollo sulla base delle risultanze di calcoli e controlli in campo. Ovviamente le tempistiche delle suddette valutazioni di vita consumata differiscono, in linea generale, da quelle relative alle verifiche d'integrità previste per legge essendo modulate sull'effettivo stato di danno rilevato, piuttosto che su intervalli di ispezione ad intervalli prefissati.

### **Valutazione del degrado metallurgico**

Oltre ai fenomeni di creep e fatica, trattati separatamente nelle specifiche tecniche sopra indicate, esistono altri meccanismi a cinetica lenta che agiscono nel tempo degradando le caratteristiche meccaniche di attrezzature a pressione ed i cui effetti non risultano rilevabili all'esame visivo. Tra questi ricordiamo i meccanismi di addolcimento, di infragilimento caustico e da invecchiamento, attacco da idrogeno, sensibilizzazione, carburazione/decarburazione, grafitizzazione, segregazione, ecc. Elementi per la valutazione dello stato di conservazione di attrezzature e impianti sono indicati nella norma UNI 11706, che fornisce tabelle riepilogative per ciascun meccanismo e propone le prove non distruttive più idonee con la descrizione qualitativa del fenomeno di danno e l'indicazione delle possibili metodologie di misura.

### **Sorveglianza Generatori di Vapore**

I generatori di vapore devono essere sottoposti a sorveglianza ai fini della sicurezza, in relazione ai

rischi specifici connessi con l'esercizio degli stessi. È nota infatti la pericolosità di queste attrezzature a pressione, specialmente legate alla loro corretta gestione, e ciò è evidente dalla lunga serie di incidenti verificatisi dalla fine dell'800 ad oggi. Con il termine sorveglianza si intende il controllo del generatore, da parte di una persona addetta, per accettarsi che lo stesso, tutti i suoi dispositivi e l'acqua di alimento siano nelle normali condizioni previste dal manuale di uso e manutenzione. La sorveglianza può essere con assistenza continua o senza assistenza continua. Le specifiche tecniche UNI/TS 11325-3 e UNI/TS 11325-10 (dedicato ai piccoli generatori, non trattati dalla parte 3) forniscono procedure per la sorveglianza di generatori di vapore, nel rispetto delle disposizioni legislative vigenti.

### **Fitness for Service**

La filosofia alla base della specifica tecnica UNI/TS 11325-9 sul Fitness for Service è quella di fornire dei principi base per eseguire la valutazione dell'idoneità al servizio in presenza di difetti, facendo riferimento a norme e codici già esistenti, evidenziandone caratteristiche e limiti. E infatti la legislazione vigente ammette che in presenza di difetti possa essere ammesso un esercizio temporaneo dell'attrezzatura a pressione, in condizioni di sicurezza, a seguito di idonee valutazioni del tipo FFS. La specifica tecnica sopra indicata illustra la procedura da seguire per:

- la caratterizzazione del difetti,
- l'individuazione dei meccanismi di danneggiamento,
- l'esecuzione dei calcoli,
- la valutazione finale,
- le competenze richieste al personale.

Se un difetto è ritenuto instabile e quindi non sicuro per l'esercizio occorre invece procedere alla immediata riparazione mediante idonee procedure sia permanenti che temporanee.

### **Riparazioni**

Le riparazioni di attrezzature a pressione sono disciplinate dall'art. 14 del D.M. 329/2004 che definisce

le relative procedure sia per attrezzature certificate CE che per attrezzature preesistenti all'emanazione della direttiva PED. In casi particolari, riferiti al settore petrolifero, sono ammesse riparazioni temporanee (Legge 4 aprile 2012, n. 35) effettuabili anche con impianti in marcia, allo scopo di garantire la produzione di impianti a ciclo continuo o di pubblica utilità che forniscono servizi essenziali. Tali interventi devono poter garantire la sicurezza dell'attrezzatura e dell'impianto per un tempo determinato fino all'esecuzione della fermata programmata successiva, in corrispondenza della quale poter effettuare la riparazione vera e propria.

### Decommissioning

Il ciclo di vita si ritiene concluso quando l'attrezzatura non è più in grado di garantire l'esercizio in sicurezza, anche a seguito di riparazioni o declassamenti delle condizioni di esercizio. In questa evenienza l'attrezzatura deve essere demolita, al fine di evitare un riutilizzo della stessa, mentre la targa dati deve essere riconsegnata all'ente preposto.

### Linee di sviluppo

Per quanto riguarda le attrezzature a pressione, gli sviluppi futuri delle UNI/TS 11325 e delle norme collegate potrebbero essere molteplici, se ne elencano alcuni possibili:

- analizzare le problematiche del creep sugli acciai martensitici e sui relativi metodi di controllo in quanto la normativa esistente si concentra esclusivamente sugli acciai ferritici;
- introdurre i concetti del "negligible creep", ovvero quei criteri che servono a definire quando lo scorrimento viscoso può ritenersi trascurabile, allineandosi alla normativa europea UNI EN 13445;
- implementare una normativa relativa ai requisiti dei sistemi di monitoraggio degli impianti finalizzato sia alla registrazione dei parametri operativi (temperatura e pressione) sia al calcolo on line di creep/fatica;
- aggiornare la UNI/TS 11325-8 sulla base delle novità introdotte dalla norma europea sul RBI: UNI EN 16991;
- fornire delle linee guida per effettuare gli audit sul sistema di gestione per verificare l'adeguatezza di

- un'azienda ad implementare sistemi RBI;
- definire metodologie per l'integrità strutturale per recipienti e generatori di vapore, oltre che aggiornare quella sulle tubazioni (UNI TS 11325-1);
- affiancare alla norma UNI 11706 un altro documento sui meccanismi di degrado a cinetica elevata;
- revisionare la norma sulla prova di pressione UNI 11667 con la valutazione delle distanze di sicurezza per il personale sulla scorta delle normative internazionali di settore.

### Conclusioni

Il panorama normativo attualmente disponibile è sufficientemente approfondito per fornire un adeguato supporto al tecnico e per gestire l'intero ciclo di vita di un attrezzatura o di un impianto. Le specifiche tecniche della serie UNI/TS 11325, prodotte con il contributo del CTI, costituiscono una valida guida per l'utilizzatore che deve orientarsi tra le norme disponibili: infatti, tranne nel caso del creep, le specifiche tecniche non contengono procedure originali ed innovative ma piuttosto forniscono elementi per poter individuare fra le procedure esistenti nel panorama internazionale e nazionale quella che maggiormente risponde alle necessità operative e ai meccanismi di danno effettivamente presenti. È in programma una revisione della normativa (es. scorrimento viscoso e RBI) per rivedere alcuni aspetti fondamentali della normativa stessa oltre che per renderla aggiornata con lo stato dell'arte. Per il futuro si ritiene anche opportuno, per completare l'intero pacchetto normativo, affrontare ulteriori tematiche quali ad esempio le verifiche d'integrità di recipienti e generatori di vapore e i sistemi di monitoraggio di attrezzature e impianti.

## RACCOLTE ISPESL - VERSO LA PUBBLICAZIONE LA NUOVA PRASSI DI RIFERIMENTO UNI

**Giuseppe Pinna** - pinna@cti2000.it

È in dirittura d'arrivo un progetto molto atteso dagli operatori italiani, in quanto va finalmente a ratificare

e aggiornare una serie di specifiche tecniche che hanno conosciuto un largo uso in Italia a far tempo dagli anni '70 e in base alle quali sono state costruite migliaia di apparecchiature a pressione: si tratta delle Raccolte Ispesl VSR, VSG, M ed S, specifiche tecniche applicative del D.M. 21 Novembre 1972 "Norme per la costruzione degli apparecchi a pressione". In particolare:

- Raccolta VSR revisione 1995 "Specificazioni tecniche applicative del Decreto Ministeriale 21 novembre 1972 per la verifica della stabilità dei recipienti in pressione";
- Raccolta VSG revisione 1995 "Specificazioni tecniche applicative del Decreto Ministeriale 21 novembre 1972 per la verifica della stabilità dei generatori di vapore d'acqua";
- Raccolta M revisione 1995 "Specificazioni tecniche applicative del Decreto Ministeriale 21 novembre 1972 riguardanti l'impiego dei materiali nella costruzione degli apparecchi e sistemi in pressione";
- Raccolta S revisione 1995 "Specificazioni tecniche applicative del Decreto Ministeriale 21 novembre 1972 per l'impiego della saldatura nella costruzione e riparazione degli apparecchi e sistemi in pressione".

Sino al 29 maggio 2002 le Raccolte Ispesl sono state le specifiche tecniche cogenti ai fini dell'omologazione delle apparecchiature a pressione da parte dell'ISPESL: esse hanno pertanto costituito il riferimento obbligatorio in Italia ai fini dell'immissione sul mercato di attrezzature a pressione, sino all'introduzione della prima direttiva PED (97/23/CE). Dopo il 2002 le raccolte sono state utilizzate come riferimento nei casi di riqualificazione PED ("valutazione della conformità" secondo la direttiva PED) di attrezzature immesse sul mercato prima del 29 maggio 2002 (e quindi omologate dall'Ispesl), in quanto originariamente progettate e costruite sulla base di tali codici. Inoltre le raccolte hanno continuato ad essere applicate come codici di progettazione e costruzione di nuove attrezzature marcate CE, in quanto i fabbricanti hanno la facoltà di far riferimento, oltre che alle norme armonizzate alla direttiva PED,

anche a specifiche tecniche diverse (genericamente definite nella PED "altre specifiche tecniche"), a condizione che siano rispettati i requisiti essenziali di sicurezza previsti nell'Allegato I della direttiva. Si aggiunga che le raccolte sono risultate e risultano utili per la fabbricazione di attrezzature a pressione non coperte dalle norme armonizzate (per esempio attrezzature in ghisa lamellare, rame/leghe di rame, titanio/leghe di titanio e materiali non metallici).

PRIMA DEL 2002 LE RACCOLTE ISPESL ERANO LE SPECIFICHE TECNICHE COGENTI IN ITALIA AI FINI DELL'IMMISSIONE SUL MERCATO DI APPARECCHIATURE A PRESSIONE. DOPO L'AVVENTO DELLA PED SONO STATE UTILIZZATE AI FINI DELLA RIQUALIFICAZIONE PED MA ANCHE COME CODICI DI PROGETTAZIONE E COSTRUZIONE DI NUOVE ATTREZZATURE

Nel 2003, il CTI, con la partecipazione dell'Ispesl, dei rappresentanti di costruttori, utilizzatori, organismi notificati e ispettorati degli utilizzatori operanti in Italia, elaborò e pubblicò il documento R-02 "Raccomandazioni del CTI per l'uso delle Raccolte ISPESL Rev. 95, nell'ambito della Direttiva 97/23/CE", con lo scopo di rendere applicabili le Raccolte originarie secondo le prescrizioni della prima direttiva PED 97/23/CE. Le raccomandazioni CTI R-02 sono state oggetto di una revisione nel 2005.

Nel 2018, a seguito di una proposta di INAIL, è stato formalmente avviato il progetto di una prassi di riferimento UNI (UNI/PdR) dal titolo "Linee guida per l'applicazione delle raccolte Ispesl, VSR, VSG, M, S nell'ambito della direttiva 2014/68/UE". Il progetto di UNI/PdR è finalizzato alla predisposizione di un documento tecnico che fornisca indicazioni per rendere applicabili le raccolte Ispesl VSR, VSG, M ed S in conformità ai requisiti della nuova direttiva 2014/68/UE (PED) sulle attrezzature a pressione. Quindi il documento avrà il medesimo scopo delle Raccomandazioni R-02 del CTI ma sarà aggiornato alla luce dei requisiti essenziali di sicurezza definiti dalla nuova direttiva PED 2014/68/UE, tenendo conto degli aggiornamenti delle norme armonizzate applicabili (in particolare le revisioni delle norme UNI EN 13445, UNI EN 12952, UNI EN 12953), e

sarà pubblicato nella forma della Prassi di riferimento UNI (UNI/PdR).

LA NUOVA PRASSI DI RIFERIMENTO UNI CONSENTIRÀ DI APPLICARE LE RACCOLTE ISPEL, VSR, VSG, M, S ALLA LUCE DEI REQUISITI ESSENZIALI DI SICUREZZA DELLA DIRETTIVA 2014/68/UE

La UNI/PdR è una tipologia di documento para-normativo pubblicato da UNI in conformità al Regolamento UE n. 1025/2012: non si tratta di una norma ma di un documento che ha lo scopo di introdurre prescrizioni tecniche o modelli applicativi settoriali di norme tecniche sulla base di prassi condivise all'interno di soggetti firmatari di un accordo di collaborazione con UNI. A differenza di quanto accade per le norme tecniche il processo di condivisione è ristretto ai soli autori ed è più rapido di quello solitamente previsto per le norme: non oltre nove mesi dall'approvazione della richiesta. Prima dell'approvazione di un progetto di UNI/PdR, è verificata l'assenza di norme o progetti di norma allo studio sullo stesso argomento. Una volta pubblicate, le UNI/PdR sono gratuitamente scaricabili e restano disponibili per un periodo non superiore a 5 anni. Entro tale periodo possono essere trasformate in un documento normativo (UNI, UNI/TS, UNI/TR) oppure devono essere ritirate.

Il soggetto proponente delle linee guida è l'INAIL, Istituto Nazionale Assicurazione contro gli Infortuni sul Lavoro, ente pubblico non economico che gestisce l'assicurazione obbligatoria contro gli infortuni sul lavoro e le malattie professionali. Tra le sue funzioni istituzionali vi sono quelle di: ridurre il fenomeno infortunistico; assicurare i lavoratori che svolgono attività a rischio; garantire il reinserimento nella vita lavorativa degli infortunati, realizzare attività di ricerca e sviluppare metodologie di controllo e di verifica in materia di prevenzione e sicurezza. Tra queste, in base alla L.122 del 30/07/2010, sono state attribuite all'INAIL tutte le funzioni del soppresso ente ISPEL.

Grazie al nuovo progetto di UNI/PdR le Raccolte Ispel (i documenti originali contenenti le raccolte Ispel VSR, VSG, M ed S sono oggi reperibili e scaricabili gratuitamente dal [sito internet dell'INAIL](#)), lette alla luce delle future linee guida, potranno essere uti-

lizzate come riferimento per assicurare la conformità alla PED nella progettazione e costruzione di attrezzature a pressione e insiemi. Inoltre potranno essere utilizzate ai fini della riqualificazione PED (valutazione della conformità secondo la direttiva 2014/68/UE) di attrezzature progettate e/o fabbricate secondo le raccolte ISPEL VSR, VSG, M ed S e immesse sul mercato prima del 29 maggio 2002. Infine potranno essere utilizzate quale corretta prassi costruttiva per le attrezzature che ricadono nell'ambito dell'art. 4, c. 3 della PED (regola dell'arte), nonché, limitatamente agli aspetti tecnici, per quelle che ricadono al di fuori dell'ambito di applicazione della stessa direttiva.

Il CTI è coinvolto nel processo di sviluppo del progetto, supportando l'attività di elaborazione della futura UNI/PdR, sia dal punto di vista organizzativo che attraverso il coinvolgimento degli esperti partecipanti ai gruppi di lavoro che trattano la progettazione, costruzione e verifica di attrezzature a pressione.

La bozza di lavoro del progetto di linee guida è stata approvata a dicembre 2018 dal tavolo costituito da esperti di INAIL, del sistema UNI e del CTI ed è attualmente in fase di consultazione pubblica da parte di UNI, al fine di raccogliere osservazioni da parte del mercato, con scadenza 15 febbraio 2019. Il documento può essere scaricato [sul sito di UNI](#).

## PROGETTAZIONE E COSTRUZIONE DI ATTREZZATURE A PRESSIONE - ALCUNE PROPOSTE PER IL 2019

**Riccardo Balistreri** - Coordinatore UNI/CT 221  
"Progettazione e costruzione di attrezzature a pressione e di forni industriali"

La Commissione Tecnica 221 del CTI "Progettazione e costruzione di attrezzature a pressione e di forni industriali", oltre a rappresentare il mirror group nazionale delle commissioni CEN e ISO competenti in materia di progettazione e fabbricazione di attrezzature a pressione e forni industriali (in particolare CEN/TC 54, CEN/TC 269, CEN/TC 186, ISO TC 244) svolge anche un'attività nazionale, che negli ultimi tempi è

diventata particolarmente intensa. Le attività in tal senso, nel corso del 2018, si sono incentrate in particolare su due progetti.

Il primo è relativo all'aggiornamento e trasposizione in linee guida delle Raccomandazioni CTI R2/2005 "Raccomandazioni del CTI per l'uso delle Raccolte ISPESL Rev. 95, nell'ambito della Direttiva 97/23/CE". Le linee guida hanno ripreso i contenuti del documento R-02 aggiornandoli in base ai RES (Requisiti Essenziali di Sicurezza) definiti dalla nuova direttiva PED 2014/68/UE (atto di rifusione che revisiona la direttiva 97/23/CE) e tenendo conto dei cambiamenti normativi intervenuti (aggiornamenti delle norme UNI EN 13445, UNI EN 12952, UNI EN 12953). Come si evince dal codice della norma, le linee guida saranno contenute in una Prassi di Riferimento UNI (UNI/PdR) e consentiranno l'applicazione delle raccolte ISPESL VSR, VSG, M ed S (revisione 1995) in conformità ai requisiti essenziali di sicurezza definiti dalla direttiva 2014/68/UE (PED), ai fini della progettazione e costruzione di attrezzature a pressione e insiemi. (Per un approfondimento sulla UNI/PdR sulle Raccolte Ispesl vedere in particolare l'articolo dedicato in queste pagine).

LA COMMISSIONE TECNICA UNI/CT 221 SI È DEDICATA ALL'ELABORAZIONE DI DUE PROGETTI NAZIONALI: LA PRASSI DI RIFERIMENTO UNI CONTENENTE LINEE GUIDA PER L'APPLICAZIONE DELLE RACCOLTE ISPESL E LA NUOVA UNI 11723 "PROGETTAZIONE E COSTRUZIONE DI FORNI CHIMICI, PETROLCHIMICI E DI RAFFINAZIONE"

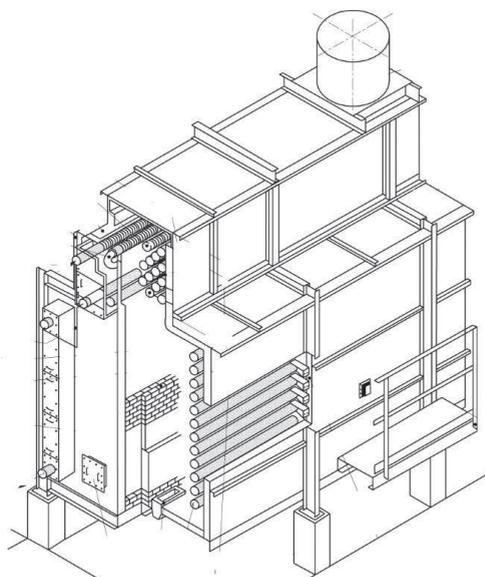
Il secondo progetto della CT 221 si è concluso nel luglio del 2018 con la pubblicazione della norma tecnica UNI 11723:2018 "Progettazione e costruzione di forni chimici, petrolchimici e di raffinazione". Lo scopo della norma è quello di fornire uno strumento per la progettazione e la costruzione di forni a focolare interno per l'industria chimica, petrolchimica e di raffinazione, con una pressione interna ai serpentine di scambio termico superiore a 0,5 bar, le cui membrature siano costruite in acciaio, in leghe di Nichel o con i materiali speciali. Il tutto nel rispetto dei requisiti essenziali di sicurezza previsti dalla direttiva 2014/68 UE. Nella stesura della norma si

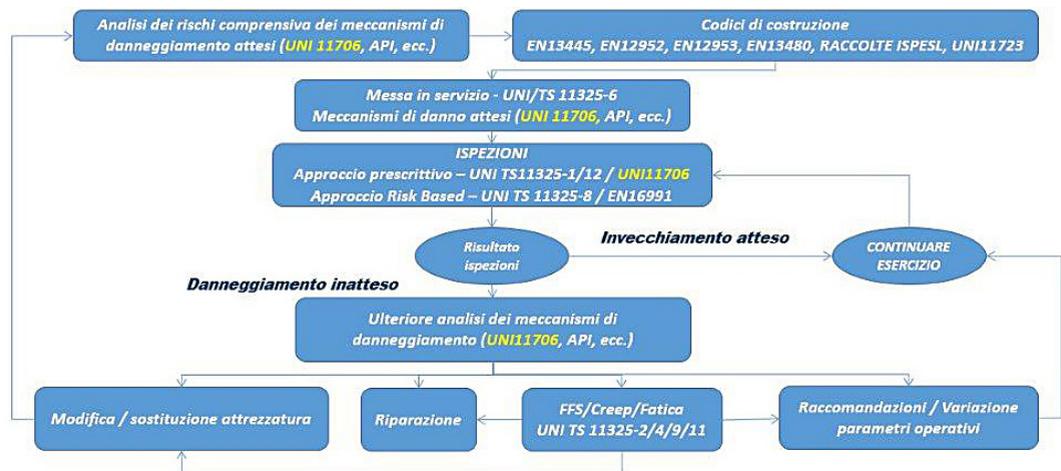
è fatto espresso riferimento alle UNI EN ISO 13704: "Industrie del petrolio, petrolchimiche e del gas naturale - Calcolo dello spessore dei tubi dei riscaldatori nelle raffinerie di petrolio", sviluppandone e integrando il calcolo di stabilità con lo scopo di renderlo più aderente alla filosofia della direttiva di prodotto. Si è fatto inoltre riferimento alla UNI EN ISO 13705 "Industrie del petrolio, petrolchimiche e del gas naturale - Riscaldatori a fiamma per servizi generali di raffineria" per gli aspetti che regolano la progettazione e la fabbricazione.

Rispetto alle Raccomandazioni R6:2006 da cui deriva, nella norma UNI 11723:2018 risultano integrati e aggiornati i capitoli riguardanti i requisiti generali, i materiali, i trattamenti termici, le prove finali e i controlli in fabbricazione, la scelta dei dispositivi di protezione e regolazione. Sono stati introdotti i nuovi capitoli riguardanti la marcatura e i contenuti minimi del manuale di istruzioni ai fini della sorveglianza dei forni e sono state completamente rivisitate le tabelle riguardanti l'armonizzazione con i RES della direttiva 2014/68 UE.

Poiché allo stato non esiste una norma EN, armonizzata alla direttiva 2014/68 UE, che tratti questo

**FIGURA 1 - Disegno schematico di un forno**





**FIGURA 2 - Life cycle management**

genere di prodotti, questa vacatio consente agli stati membri lo sviluppo di normative nazionali; queste potranno anche essere utilizzate come documento tecnico da sviluppare qualora, in ambito CEN, si convergesse verso la necessità di emanare una norma armonizzata in materia.

Nei programmi futuri la CT 221 ha in programma l'elaborazione di due nuovi progetti. Il primo riguarda la predisposizione di un aggiornamento delle raccolte ISPEL VSR-VSG-M-S ed. 1995, ai fini delle riparazioni di attrezzature a pressione già in esercizio, e costruite in applicazione delle stesse raccolte.

Questo progetto è molto impegnativo perché prevede:

- la digitalizzazione delle Raccolte in formato editabile;
- l'inserimento nel testo delle "errata - corrige" prodotte negli anni;
- l'aggiornamento delle regole alla luce dello stato dell'arte per quanto riguarda la fabbricazione (giunzioni saldate, trattamenti termici), i controlli, i materiali e quant'altro non trovasse più riscontro nelle norme tecniche oggi applicabili nel settore delle costruzioni di attrezzature a pressione.

Il valore del prodotto finale sta nel mantenere aggiornato e vivo un codice "nazionale" ancora obbli-

gatoriamente applicato nell'ambito delle riparazioni ai sensi dell'art. 14 del D.M. 329/2004, ma che dal 31 marzo 2003, data di pubblicazione delle ultime "errata-corrige", non ha più visto revisioni e aggiornamenti.

Il futuro di questo progetto dipenderà dalla disponibilità in termini di risorse umane ed economiche che i soci del CTI vorranno investire.

I PROGRAMMI FUTURI PREVEDONO LO SVILUPPO DI UN PROGETTO DI AGGIORNAMENTO DELLE RACCOLTE ISPEL VSR-VSG-M-S AI FINI DELLE RIPARAZIONI DI ATTREZZATURE A PRESSIONE GIÀ IN ESERCIZIO E L'IMPLEMENTAZIONE DI UNA NUOVA NORMA TECNICA NELL'AMBITO DEL "LIFE CYCLE MANAGEMENT"

Il secondo progetto riguarda l'implementazione di una nuova norma tecnica nell'ambito del "Life Cycle Management" (vedi figura 2) e in particolare di uno strumento tecnico rivolto alla corretta elaborazione dei "piani ispettivi" di attrezzature a pressione in esercizio. La redazione di questi piani dovrebbe essere sviluppata dall'utilizzatore anche sulla scorta delle informazioni fornite dal fabbricante (mediante le istruzioni per l'uso e la manutenzione), integrata qualora si riscontrino un danneggiamento non atteso; verrebbe resa disponibile alle autorità competenti all'atto della messa in servizio e diverrebbe uno strumento utile

per eventuali istanze di deroga. Su questo solco riteniamo utile proporre ai soci del CTI lo sviluppo di una norma che, a partire dall'analisi dei meccanismi di danno attesi e della successiva scelta dei metodi di indagine e controllo, in applicazione di norme tecniche già emanate, consenta la corretta redazione di "Piani di ispezione" specifici per ogni attrezzatura a pressione.

## VERIFICHE PERIODICHE DELLE ATTREZZATURE E DEGLI INSIEMI A PRESSIONE - LA NUOVA UNI 11325-12:2018

**Giuseppe Sferruzza** - Coordinatore UNI/CT 223 GL3 "Esercizio e verifiche attrezzature/insiemi a pressione"

*Articolo estratto da U&C n.7 - Luglio/Agosto 2018*

La realizzazione di un mercato unico europeo finalizzato alla libera circolazione delle merci ha incontrato, nel suo percorso costitutivo, notevoli ostacoli da superare, non solo di natura economica e fiscale come le barriere doganali, ma soprattutto di natura tecnica. In ciascuno dei Paesi membri, infatti, esistevano particolari regimi "omologativi" obbligatori per la costruzione e l'utilizzo di macchinari e impianti e una disomogenea individuazione e categorizzazione di "attrezzature pericolose", nonché diversi livelli di sicurezza accettabile. La differente normativa tecnica e regolamentare, cogente nei vari Stati, veniva spesso utilizzata a fini protezionistici ostacolando, di fatto, la libera commercializzazione di tali attrezzature. Per il superamento di detti ostacoli l'impegno profuso è stato indirizzato verso una forma di armonizzazione tecnica, orientata essenzialmente all'eliminazione delle procedure omologative statali e all'emanazione di procedure uniche, in ambito europeo, che garantissero la sicurezza per le tipologie di attrezzature ritenute più pericolose: con l'avvento del cosiddetto "nuovo approccio", a partire dal 1985, le direttive europee di prodotto si limitano a fornire i Requisiti Essenziali

di Sicurezza (RES) per la fabbricazione e l'immissione sul mercato dei prodotti, demandando alle norme tecniche "armonizzate" il compito di definire i requisiti di dettaglio per ciascun tipo di prodotto. Tra tali direttive di nuovo approccio rientra la Direttiva PED (Pressure Equipment Directive), entrata in vigore nel 2002 ed i cui contenuti, indirizzati ai fabbricanti, riguardano la progettazione e costruzione di attrezzature a pressione.

Con la PED si è passati da un sistema retto da disposizioni di legge e specifiche tecniche puntuali e vincolanti, il cui controllo in Italia era effettuato unicamente dall'ISPESL, a un sistema in cui vengono imposti solo i principi base nei RES lasciando libero il fabbricante nella scelta delle norme, con l'obbligo però di dimostrare che l'attrezzatura è conforme ai RES della direttiva, sotto la sorveglianza di Organismi Notificati, anche privati, abilitati a livello europeo al controllo delle procedure di conformità.

L'emanazione del D.M. 329 del 1° dicembre 2004, portando a termine il processo di recepimento della Direttiva PED, ha cambiato il quadro normativo nazionale che fino a quel momento regolamentava l'esercizio delle attrezzature a pressione, precedentemente disciplinato dal R.D. 824/27 e dal D.M. 21 maggio 1974, le cui disposizioni imponevano, in considerazione delle potenziali conseguenze in caso di malfunzionamento o collasso delle stesse, l'obbligo di verifiche di primo impianto, periodiche e straordinarie.

Al fine di supportare le disposizioni del D.M. 329/04, nel 2014 è stata pubblicata la specifica tecnica UNI/TS 11325-6 che definisce le procedure generali per la verifica di messa in servizio delle attrezzature a pressione.

A supporto delle altre verifiche previste dal Decreto, lo scorso 11 gennaio 2018 è stata pubblicata la nuova UNI 11325-12 che definisce le procedure generali per le verifiche periodiche delle attrezzature e degli insiemi a pressione, con particolare riferimento agli articoli 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13 e 15 del D.M. 329/04. La UNI 11325-12 illustra i criteri per l'esecuzione delle verifiche, che sono distinte in: verifica di funzionamento, verifica di integrità e visita interna.

La verifica di funzionamento ha lo scopo di accertare

la rispondenza delle condizioni di effettivo utilizzo ai limiti progettuali dell'attrezzatura (come riportate nella documentazione allegata alla dichiarazione di messa in servizio e nelle istruzioni d'uso del fabbricante) e la corretta funzionalità degli accessori di sicurezza.

Sotto l'aspetto operativo viene richiesto un preliminare esame documentale, una verifica di funzionalità dei dispositivi di protezione e una verifica dei parametri operativi (quali pressione, temperatura, livelli, ecc.), oltre alle altre verifiche specifiche previste per i generatori di vapore, per le attrezzature in cui sono presenti aperture o portelle e altre attrezzature particolari quali tubazioni, serbatoi criogenici e bombole per apparecchi respiratori.

La verifica di integrità è invece finalizzata ad accertare lo stato di conservazione delle membrature dell'attrezzatura ai fini dell'ulteriore esercibilità in sicurezza, e prevede, dopo un esame documentale, l'esecuzione di un esame visivo e di un controllo spessimetrico, oltre a eventuali indagini supplementari mediante controlli non distruttivi o altre metodologie d'indagine.

Nei casi di limitata accessibilità o a fronte di situazioni di danno evidenti o ragionevolmente prevedibili che, in base alle condizioni di esercizio dell'attrezzatura e/o in base alle indicazioni del fabbricante, possono pregiudicare l'ulteriore esercizio dell'attrezzatura, l'ispezione visiva deve essere coadiuvata da opportuni controlli non distruttivi atti a stabilire oltre all'entità del difetto anche la sua possibile origine.

I controlli devono essere effettuati in accordo alle indicazioni eventualmente previste nel manuale di istruzioni predisposto dal fabbricante o, laddove mancanti, in accordo alle norme tecniche di riferimento nelle zone più critiche e di maggior interesse.

A supporto della scelta dei metodi di indagini supplementari, al fine di predisporre dei piani di controllo che includano diverse tecniche, è inserito nella norma un prospetto contenente un elenco di tecniche di controllo con il relativo grado di efficacia in relazione alla tipologia di danneggiamento ipotizzabile nell'attrezzatura.

La visita interna, infine, è prevista per i soli generatori

di vapore e prevede l'esame visivo di tutte le parti accessibili delle membrature a pressione.

In conclusione, la nuova UNI 11325-12 va a completare il quadro delle norme nazionali in tema di esercizio delle attrezzature a pressione, mettendo a disposizione degli operatori (utilizzatori e organismi ispezione e controllo) uno strumento operativo, finora mancante, ai fini dell'assolvimento degli obblighi di legge in tema di verifiche periodiche.

## LE NORME A SUPPORTO DELLA SORVEGLIANZA DEI GENERATORI DI VAPORE

**Giuseppe Giannelli** - Coordinatore UNI/CT 223  
GL1 "Esercizio e verifiche attrezzature/insiemi a  
pressione

La sorveglianza sui generatori di vapore affonda le sue radici nel Titolo I capo II sezione I del Regio Decreto 824 del 12 maggio 1927 "Approvazione del Regolamento per l'esecuzione del R.D.L. 9 luglio 1926 n° 1331, che costituisce l'Associazione Nazionale per il Controllo della Combustione". Gli articoli che si occupano del conduttore sono quelli che vanno dal 27 al 33 e dettano le condizioni di utilizzo dei generatori di vapore al fine di prevenire avarie e gravi incidenti. Successivamente anche il D.M. 21 maggio 1974 individua alcune tipologie e caratteristiche dei generatori di vapore, per i quali può essere concesso l'esonero dalla presenza del conduttore abilitato (rimandando alla Raccolta E, e precisamente Circolare 15 novembre 1979 n° 38468 per la specificazione delle condizioni per il rilascio di tali esoneri).

PER LA DISCIPLINA DELLA SORVEGLIANZA SUI  
GENERATORI DI VAPORE RISULTANO ANCORA VIGENTI LE  
DISPOSIZIONI DEL REGIO DECRETO 12 MAGGIO 1927,  
N. 824, OLTRE AI DECRETI MINISTERIALI 1° MARZO 1974 E  
21 MAGGIO 1974

Accanto al R.D. 824/27 si trovano una serie di decreti successivi che si occupano di inquadrare le norme

connesse con la conduzione dei generatori di vapore; in particolare sono da citare il D.M. 1 marzo 1974 recante "Norme per l'abilitazione alla conduzione di generatori di vapore" che costituisce l'attuale disciplina per l'abilitazione dei conduttori, articolando l'abilitazione su 4 gradi, in senso decrescente in termini di caratteristiche dei generatori, al crescere del grado di abilitazione. Così, un primo grado, sarà abilitato alla conduzione di generatori di qualsiasi tipo e superficie, allo stesso modo in cui un quarto grado sarà abilitato alla conduzione di generatori di vapore di qualsiasi tipo aventi producibilità fino ad 1 t/h. Il percorso che porta all'abilitazione del conduttore passa attraverso un tirocinio registrato su apposito libretto, che attesti il percorso pratico formativo dell'aspirante conduttore e si chiude con un esame sostenuto di fronte ad una commissione istituita presso alcune Sedi Territoriali dell'INL (Ispettorato Nazionale del Lavoro). Va infine osservato che, storicamente, la competenza in materia di abilitazione alla conduzione dei generatori di vapore, è attribuita al Ministero del Lavoro, il quale ha sempre chiarito, attraverso apposite circolari, la sussistenza dell'obbligo di abilitazione dei conduttori di generatori di vapore.

Dal punto di vista tecnico, i moderni generatori sono ben differenti dai generatori di vapore e di acqua surriscaldata, come intesi nei decreti sin qui citati. Si tratta di insiemi completamente automatici, che svolgono in autonomia le principali funzioni. Ciononostante, trattandosi di attrezzature di lavoro di notevole pericolosità, costituiscono materia in cui l'uomo deve essenzialmente esercitare un attento controllo, sia pur non puntuale, avendo a disposizione delle competenze che è bene vengano sempre accertate in fase di abilitazione. Esistono infatti situazioni per le quali (es. transitori di avviamento, anomalie della strumentazione e/o guasti degli accessori) è richiesta una presenza umana al fine di valutare le implicazioni degli eventi in fase di evoluzione. La logica che ha spinto il Gruppo di Lavoro 2 della Commissione Tecnica 223 del CTI a predisporre due specifiche tecniche in materia di sorveglianza dei generatori di vapore e di acqua surriscaldata (precisamente la UNI/TS 11325-3 e la UNI/TS 11325-10), sta proprio

nel dominio dell'uomo su taluni specifici imponderabili eventi, che richiedono un intervento cosciente da parte dell'operatore (conduttore abilitato).

LA SPECIFICA TECNICA UNI/TS 11325-3 SI OCCUPA DELLA SORVEGLIANZA DEI GENERATORI DI VAPORE E DI ACQUA SURRISCALDATA AVENTI CARATTERISTICHE RILEVANTI AI FINI DELLA SICUREZZA, CON ASSISTENZA CONTINUA O SENZA ASSISTENZA CONTINUA SINO AD UN MASSIMO DI 72 ORE

La specifica tecnica UNI/TS 11325-3, è stata pubblicata nella sua revisione nel febbraio del 2018; si occupa della sorveglianza dei generatori di vapore e di acqua surriscaldata aventi caratteristiche rilevanti ai fini della sicurezza, con assistenza continua o senza assistenza continua sino ad un massimo di 72 ore. In particolare, la specifica si rivolge a quei generatori di vapore e di acqua surriscaldata ricompresi nel campo di applicazione del D.M. 329/04. La specifica, tuttavia, non si applica alle seguenti tipologie di generatore:

- a) generatori a sorgente termica diversa dal fuoco le cui membrane soggette a pressione, a contatto con il fluido riscaldante, sono progettate per una temperatura uguale o maggiore di quella del fluido di riscaldamento;
- b) generatori ad attraversamento meccanico di limitata potenzialità aventi  $PS \times V \leq 3\ 000$  bar x litri e  $PS \leq 12$  bar;
- c) generatori di vapore a bassa pressione aventi  $PS \leq 1$  bar, Superficie di riscaldamento  $\leq 100$  m<sup>2</sup> e Potenzialità  $\leq 2$  t/h;
- d) generatori di acqua surriscaldata a bassa pressione aventi  $PS \leq 5$  bar, Temperatura massima dell'acqua  $\leq 120^\circ\text{C}$ , Superficie di riscaldamento  $\leq 100$  m<sup>2</sup> e Potenzialità  $\leq 2$  t/h, considerando convenzionalmente la potenza di 0,69 kW (600 kCal/h) di acqua surriscaldata equivalente alla producibilità di 1 kg/h di vapore d'acqua;
- e) generatori aventi volume  $V \leq 5$  litri indipendentemente dal valore di PS.

Dunque la specifica tecnica esclude i generatori sopra elencati, ritenendosi, per gli stessi, di dover

procedere alla predisposizione di apposita specifica tecnica (parte 10). Dall'esame dell'indice del documento, questo fornisce indicazioni circa:

- Requisiti generali per la sorveglianza: contiene indicazioni su manuale d'uso e manuale operativo, acqua di alimento e acqua di caldaia, accensione e riaccensione;
- Sorveglianza con assistenza continua: sezione dedicata ai dispositivi per la sorveglianza con assistenza continua, controlli e prove;
- Sorveglianza senza assistenza continua con le relative indicazioni, i controlli e le prove;
- Tabelle con i controlli e le prove da effettuarsi e le tempistiche di controllo.

Fornisce nel corpo della stessa, le indicazioni per una gestione in sicurezza dei generatori di vapore sia con sorveglianza continua (punto 5) sia senza sorveglianza continua (punto 6). In entrambi i casi la specifica tecnica fornisce indicazioni circa i parametri da tenere sotto controllo e i controlli e le prove da eseguire sui dispositivi che svolgono funzioni vitali per il generatore.

In appendice A alla specifica tecnica si elencano una serie di tabelle che riassumono i controlli e le prove cui sottoporre le varie tipologie di generatore; le tipologie di controllo e prova possono riassumersi nel seguente schema:

(O) Osservazione di rumori o odori anomali o altri fattori degni di nota

(C) Controlli e/o prove del corretto funzionamento, compresa l'osservazione

(T) Controlli e/o prove del corretto funzionamento mediante la comparazione dei valori misurati con campioni di misura riferibili. Questi controlli devono essere effettuati da persona qualificata e competente.

LA SPECIFICA TECNICA UNI/TS 11325-10 DEFINISCE LE MODALITÀ PER LA SORVEGLIANZA DEI GENERATORI DI VAPORE CHE NON RIENTRANO NEL CAMPO DI APPLICAZIONE DELLA UNI/TS 11325-3 E CHE QUINDI, ESSENDO DI LIMITATA POTENZIALITÀ, PRESSIONE E TEMPERATURA, SI CARATTERIZZANO PER UNA MINORE PERICOLOSITÀ

Come specificato in precedenza, la UNI/TS 11325 parte 10 è stata concepita per tener conto dei generatori di vapore e di acqua surriscaldata non rientranti nel campo di applicazione della UNI/TS 11325-3. Tra i generatori cui viene applicata la parte 10 rientrano anche i generatori di vapore e/o acqua surriscaldata a riscaldamento elettrico. Al pari della parte 3, la UNI/TS 11325-10 prevede la sezione dedicata alla sorveglianza con assistenza continua (paragrafo 5) e la sorveglianza senza assistenza continua (paragrafo 6). Anche nel caso della parte 10, in appendice A si possono trovare delle tabelle con indicati i controlli e le prove cui sottoporre i generatori e le periodicità di esecuzione di detti controlli e prove.

La parte 10, è stata pubblicata il 18/10/2018. La struttura ricalca quella della UNI/TS 11325-3, prevedendo appositi capitoli, tarati sui generatori oggetto della parte 10, che affrontano i requisiti generali per la sorveglianza, un capitolo per la sorveglianza con assistenza continua, ed uno senza assistenza continua. Chiude con delle tabelle che illustrano le prove ed i controlli da effettuare e la loro periodicità.

Da ultimo, il gruppo di lavoro 2 della CT 223 ha predisposto un rapporto tecnico (UNI/TR) che mette a fuoco alcuni aspetti legati alle caratteristiche dei locali destinati a contenere generatori di vapore o di acqua surriscaldata. Tale documento tecnico è attualmente in fase di avviamento all'inchiesta pubblica.

## DEGRADO DEI MATERIALI - LA NUOVA SPECIFICA TECNICA UNI 11706:2018

**Carlo Fossati** – coordinatore del GL 5 "Fatica" della Commissione Tecnica CT 222 del CTI

Nel mese di marzo 2018 è stata pubblicata la Specifica Tecnica UNI 11706:2018. "Attrezzature a pressione - Valutazione dello stato di conservazione delle attrezzature e degli insiemi a pressione a seguito del degrado strutturale e metallurgico da esercizio dei materiali". Salgono quindi a quattro le specifiche tecniche che il CTI ha sviluppato sulla base dell'incarico ricevuto per lo sviluppo di specifiche tecniche in materia di valutazione

del degrado nelle attrezzature in pressione a supporto del D.M. 329 del 2004 e nell'ambito delle problematiche relative alla sicurezza degli impianti industriali regolata dal D.Lgs. 81/2008 e successive modificazioni ed integrazioni. La UNI 11706:2018 si va quindi ad aggiungere alle:

- UNI/TS 11325-2:2013 Attrezzature a pressione - Messa in servizio ed utilizzazione delle attrezzature e degli insiemi a pressione - Parte 2: Procedura di valutazione dell'idoneità all'ulteriore esercizio delle attrezzature e degli insiemi a pressione soggetti a scorrimento viscoso;
- UNI/TS 11325-4:2013 Attrezzature a pressione - Messa in servizio ed utilizzazione delle attrezzature e degli insiemi a pressione - Parte 4: Metodi operativi per la valutazione di integrità di attrezzature a pressione operanti in regime di scorrimento viscoso applicabili nell'ambito della procedura di valutazione di cui alla UNI/TS 11325-2;
- UNI/TS 11325-11:2015 Attrezzature a pressione - Messa in servizio ed utilizzazione delle attrezzature e degli insiemi a pressione - Parte 11: Procedura di valutazione dell'idoneità al servizio di attrezzature e insiemi a pressione soggetti a fatica.

Già in passato il problema del degrado dei materiali è stato trattato in queste pagine. Riteniamo tuttavia utile riprendere l'argomento per due ordini di motivi:

1. con la UNI/TS 11706:2018 si completa l'arco delle specifiche tematiche legate all'individuazione e valutazione dei tipi di degrado tipici degli impianti industriali ed in particolare degli impianti a pressione;
2. finalmente il quadro normativo italiano estende a tutti i componenti a pressione l'obbligo esplicito di prendere in considerazione qualsiasi tipo di degrado possa essere attivo.

Prima di procedere però riteniamo utile, proprio in virtù di quanto detto sopra, passare in rassegna le quattro specifiche tecniche illustrandone in estrema sintesi scopo, tipo di danno trattato e contenuti. Il ruolo e l'importanza di queste specifiche è poi confermato dal ruolo svolto nella loro stesura dai rappresentanti qualificati dell'ente di controllo Italiano sugli impianti a pressione:

in passato ISPESL, oggi INAIL.

La UNI/TS 11325-2:2013 è stata la prima Specifica Tecnica del gruppo sviluppata in ambito CTI. Fornisce precise indicazioni su criteri ed algoritmi di valutazione del danno da scorrimento viscoso (creep è il termine più comunemente usato in ambito tecnico). È destinata alle attrezzature a pressione omologate dall'ISPESL/INAIL. Venne predisposta sulla base delle circolari ISPESL sull'argomento; circolari nate dall'esigenza di fornire una base normativa all'utilizzo di attrezzature (tipicamente caldaie di centrali termoelettriche) oltre le 100.000 ore del progetto iniziale. Contiene chiare indicazioni su:

- tipo e posizione dei controlli da effettuare;
- competenze ed esperienza delle persone addette ai controlli;
- algoritmi per il calcolo della frazione di vita spesa a creep;
- indicazioni sul tipo di documentazione da predisporre e consegnare all'Ente di controllo.

La UNI/TS 11325-4:2013 nasce come complemento della UNI/TS 11325-2 e contiene un'ampia rassegna di metodologie di valutazione/calcolo delle grandezze legate alla valutazione del degrado da creep:

- metodi per individuare le condizioni di scorrimento viscoso significativo;
- metodi per il calcolo della vita teorica per scorrimento viscoso;
- metodi sperimentali per il calcolo della vita residua a scorrimento viscoso;
- metodi per il calcolo della frazione di vita consumata per danneggiamento combinato scorrimento viscoso - fatica;
- metodi per le verifiche di stabilità;
- metodo per la determinazione degli intervalli temporali per le valutazioni di ulteriore esercitabilità successive alla prima.

Riporta inoltre un modulo per riassumere in modo sintetico i risultati delle valutazioni effettuate.

La UNI/TS 11325-11:2015 è la terza specifica in ordine temporale ed è relativa al problema del danno da fatica che, in alcuni casi, può rappresentare un serio

pericolo per la stabilità di un componente. È dedicata alle attrezzature a pressione in esercizio.

- è applicabile a componenti progettati con norme diverse;
- non impone una propria filosofia di calcolo ma rimanda alle norme iniziali di progetto;
- fornisce indicazioni circa:
  - l'approccio al calcolo;
  - quali aspetti della storia di esercizio prendere in considerazione;
  - come trattare e considerare le registrazioni storiche dei parametri di esercizio, ecc.;
- per attrezzature a pressione esistenti, le cui norme di progetto non prevedevano esplicite verifiche a fatica (ad es. VSR, VSG), suggerisce di adottare procedura e formule delle relative norme di prodotto EN;
- fornisce l'elenco della documentazione necessaria;
- definisce la figura del "soggetto incaricato" di effettuare calcoli e predisporre la relazione finale.

La UNI/TS 11706:2018 colma il vuoto normativo della vecchia legislazione nazionale che individuava nel creep e nella fatica i soli meccanismi di danno agenti su attrezzature ed insiemi a pressione. Ciò non significa che gli altri fenomeni potessero essere "ufficialmente" trascurati ma il tutto era lasciato al senso di responsabilità dell'utilizzatore ed alle competenze del tecnico incaricato della valutazione dello stato degli impianti.

Scopo e campo di applicazione riportano che la Specifica è volta a "... definire le modalità per valutare lo stato di conservazione delle attrezzature e degli insiemi a pressione in esercizio relativamente al degrado metallurgico del materiale ..." e tratta "... i meccanismi di danno a evoluzione normalmente lenta i cui effetti non risultano rilevabili all'esame visivo ...". "... Sono inoltre esclusi i meccanismi di danno dovuti a fatica e scorrimento viscoso, già trattati dalle altre parti della UNI/TS 11325 (parti 2, 4 e 11) ...". L'argomento che la specifica affronta è quindi molto vasto e rimanda allo stato odierno delle conoscenze che si basa su esperienze derivanti da molteplici campi quali: l'esercizio ed il controllo degli impianti industriali, l'ambito della scienza dei materiali, ecc. L'approccio proposto segue essenzialmente lo schema delle altre parti della serie UNI/TS 11325 sopra

citata e ricalca quello universalmente accettato per la valutazione della vita residua di un'attrezzatura:

- a) analisi preliminare per prendere conoscenza dell'attrezzatura sia dal punto di vista progettuale, sia dal punto di vista dell'esercizio passato sulla base dell'esame della documentazione disponibile;
- b) individuazione e caratterizzazione dei potenziali meccanismi di danneggiamento sulla base di quanto emerso dalla storia di esercizio;
- c) pianificazione ed esecuzione dei controlli che devono essere mirati e finalizzati ad evidenziare il danno accumulato;
- d) valutazione del danno e implicazioni sull'esercibilità del componente che, ove necessario, include sia tipologia e tempistica dei controlli futuri, sia eventuali prescrizioni sui futuri parametri di esercizio.

Da sottolineare che questa specifica comprende due appendici: l'Appendice A (di tipo normativo e quindi cogente) che contiene l'elenco dei meccanismi di danno considerati rientranti nel campo di applicazione della specifica stessa e, per ciascuno di essi, fornisce una serie di informazioni che intendono costituire una guida e un'indicazione per il tecnico incaricato dell'attività. L'Appendice B, di tipo informativo e quindi didattico, che, tramite tre esempi, intende fornire una traccia sia per l'impostazione del lavoro di analisi sia per la stesura della relazione finale.

### Concetti di degrado e di danno

Completata la breve panoramica sulle quattro specifiche che regolamentano, secondo la normativa italiana vigente, la valutazione dello stato di degrado di attrezzature ed impianti industriali ed in particolare di attrezzature ed impianti a pressione, passiamo ad analizzare i concetti principali legati alla capacità dei materiali strutturali, in essi impiegati, di assolvere nel tempo alla loro funzione. Analizziamo quindi separatamente i due concetti che, assolutamente diversi tra loro, sono comunque consequenziali.

### Degrado

Il termine deriva dal verbo degradare (di origine latina) ed è usato in moltissimi ambiti (militare, giuridico, arti

figurative, attrezzature, impianti ecc.) e secondo il dizionario significa: "Deteriorare, danneggiare, ridurre in cattivo stato; trasformarsi passando da una condizione superiore a una inferiore, subire una regressione, subire un progressivo scadimento." Il suo participio passato in ambito ingegneristico assume poi un connotato tecnico-funzionale e quindi in senso lato definisce una diminuzione delle prestazioni e della funzionalità iniziale di un componente, macchina, impianto.

Mentre in generale il concetto di degrado non è sempre legato al concetto di tempo di utilizzo, in ambito tecnico/ingegneristico questo legame c'è sempre ed è compito sia del progettista prima, sia dell'utilizzatore poi, tenere presenti i fattori che possono indurlo o accelerarlo in un'attrezzatura. Il concetto di degrado è di tipo qualitativo. Ricordando che questo concetto si applica a tutti i materiali (compresi gli abiti che indossiamo) nel seguito ci focalizzeremo sui materiali strutturali in quanto sono i materiali preposti a fornire alle strutture portanti di un impianto stabilità rispetto a tutte le sollecitazioni ad esse applicate. Lo sviluppo tecnologico ha progressivamente portato ad un sensibile miglioramento delle caratteristiche dei materiali strutturali (caratteristiche microstrutturali, meccaniche e di resistenza alla corrosione) e della loro stabilità nel tempo durante l'esercizio.

**Danno**

Appurata la presenza di un meccanismo di degrado, per valutare la situazione di "salute" dell'attrezzatura ai fini di sicurezza ed affidabilità è necessario trasformare il concetto qualitativo di degrado in un parametro quantitativo. Ciò è possibile associando al concetto di degrado il concetto di danno. A causa dell'esercizio e in presenza di un meccanismo di degrado, un componente accumula progressivamente nel tempo un danno che lo porterà alla rottura o che, comunque, lo renderà inservibile. Questo danno è esprimibile in modo quantitativo associandogli un numero ed individuando la relazione funzionale che lo lega con il tempo. Anche se il problema non è stato ancora completamente risolto da un punto di vista teorico-scientifico, grossi passi avanti sono stati fatti nella definizione di leggi di danno per alcuni fenomeni (fatica, creep, ecc.), attraverso modelli teorici che descrivono il meccanismo con cui agisce il danno.

Per i meccanismi più importanti da un punto di vista industriale, è oggi possibile utilizzare criteri di valutazione ormai decisamente affidabili; una certa attenzione è ancora richiesta per cause di danno variabili di intensità nel tempo. Più complesso è il caso di meccanismi concomitanti (ad esempio creep e fatica) ed in questi casi si tende a ricorrere a curve sperimentali o si utilizzano curve di riferimento notevolmente conservative. In generale, poiché l'evoluzione del danno è progressiva nel tempo ed è funzione delle condizioni di esercizio, possiamo assumere che il danno accumulato fino ad un tempo t possa essere descritto da una funzione generalmente continua e crescente

$$D = f(t, n_1, n_2, \dots)(1)$$

dove con  $n_1, n_2, \dots$  si indicano i parametri fisici che sono responsabili del danno stesso.

Nella definizione generale di funzione di danno possiamo poi fare ancora due ipotesi:

- al tempo  $t=0$  il danno accumulato sarà nullo:

$$D = f(t, n_1, n_2, \dots) = 0 \quad (2)$$

- al momento della rottura il danno accumulato sarà massimo; per tale massimo, tramite un fattore di normalizzazione, potrà essere sempre posto uguale a uno:

$$D = f(t_r, n_1, n_2, \dots) = D_r (=1) \quad (3)$$

dove  $t_r$  è il tempo trascorso fino alla rottura.

A livello generale altre puntualizzazioni non sono possibili. Per poter definire la forma analitica della funzione è necessario:

- prendere in considerazione lo specifico caso in esame;
- individuare quali sono i singoli meccanismi di danno;
- definire, per ogni singolo meccanismo, la legge di danno specifica;
- definire la legge di sovrapposizione di danno che regola il caso in esame.

Tramite il concetto di danno si possono definire poi altri tre parametri che descrivono lo stato di un componente:

a) Vita teorica ( $V_t$ ): Tempo teorico ( $T_t$ ) di esercizio che corrisponde ad un danno accumulato pari a 1

$$V_t = T_t = D_r(T_t) = 1$$

b) Vita spesa ( $V_s$ ): Vita teorica x Danno accumulato

$$V_s(t) = V_t \times D(t)$$

c) Vita residua ( $V_r$ ): Differenza tra Vita Teorica e Vita Spesa

$$V_r(t) = V_t - V_s(t)$$

Da quanto illustrato risulta chiaro come il puro riferimento alla vita teorica di progetto non è sufficiente a garantire una corretta fotografia della situazione dell'impianto. Volendo sintetizzare quanto può avvenire per un'attrezzatura in funzione della sua storia possiamo considerare la sintesi sotto riportata.

Fattori che rallentano il progredire del danno e quindi allungano la vita dell'impianto:

- uso di curve di minimo in fase di progetto;
  - fattori di sicurezza elevati (sempre in fase di progetto);
  - esercizio conservativo;
  - cautele nell'extrapolazione dei dati (durante i controlli).
- Fattori che accelerano il progredire del danno e quindi accorciano la vita dell'impianto:
- sforzi non previsti in fase di progetto;
  - esercizio oltre i limiti del progetto;
  - effetti ambientali e d'esercizio anomali (cioè superiori e non previsti a progetto);
  - materiale non perfettamente idoneo all'esercizio;
  - presenza di meccanismi di degrado non previsti in progetto.

### Meccanismi di danno

Abbiamo sino ad ora parlato di danno nei materiali e dei meccanismi che inducono tale danno causandone il degrado senza però analizzare quali essi siano, da quali parametri siano influenzati e quali effetti abbiano. Basandoci sull'evidenza di quanto accade negli impianti, possiamo affermare che il principale responsabile del danno per qualsiasi attrezzatura impianto è l'ambiente di esercizio inteso come l'insieme delle condizioni d'esercizio e delle azioni che l'universo circostante esercita o induce nella zona di spazio occupata dal materiale del componente stesso. Sono molteplici i fattori che posso indurre un degrado del materiale sviluppando in alcuni casi effetti sinergici se presenti contemporaneamente; ad esempio:

- a) temperatura;
- b) fluido contenuto ed ambiente chimico in generale;
- c) sollecitazioni meccaniche;
- d) usura e/o erosione;

e) radiazioni ed in particolare flussi neutronici.

La loro azione può portare a risultati estremamente diversi in funzione dell'intensità del loro stimolo e delle eventuali interazioni con gli altri fattori. Ricordando che al danno si associa una diminuzione della funzionalità del componente stesso, possiamo suddividere le perdite di funzionalità in due gruppi:

- 1) Fenomeni che alterano la funzionalità del componente senza alterare lo stato (e quindi le proprietà) del materiale. Si tratta in genere di tutti quei fenomeni che possono portare a perdite di funzionalità non derivanti da alterazioni del materiale, per esempio:
  - deformazioni permanenti dovute a rilascio di tensioni residue in esercizio;
  - deformazioni dovute a sovrasollecitazioni di esercizio;
  - cricche originatesi in punti critici e propagantesi per fatica in un materiale non degradato.

Caratteristica fondamentale di questo tipo di danno è il fatto che il materiale non perde le sue caratteristiche al procedere del danno stesso: il degrado riguarda solo il componente in quanto tale; è in genere evitabile con una migliore progettazione e/o procedimento di fabbricazione.

2) Fenomeni che alterano, sia localmente sia globalmente, il materiale di cui è costituito il componente.

In questi casi è il materiale che gradualmente vede alterarsi le sue caratteristiche a causa delle condizioni fisiche ed ambientali in cui si trova ad operare; poi evidentemente un danno del materiale comporta un danno del componente:

- danno che interessa, più o meno uniformemente, tutto il materiale che progressivamente si degrada perdendo le sue proprietà (caso del creep);
- danno che può interessare solo zone ristrette e localizzate del componente (corrosione).

Questo tipo di danno può essere limitato o eliminato solo in alcuni casi particolari, quando cioè è indotto o esaltato da errori di progettazione. In tutti gli altri casi è intrinseco al materiale impiegato in quelle condizioni e nulla può essere fatto a riguardo se non cambiando, se possibile, il materiale.