

PANORAMICA SULL'APPLICABILITÀ E AFFIDABILITÀ DELLE PnD NELLA RIVELAZIONE DI DIFETTI TIPICI DI ESERCIZIO

1 Pianificazione e programmazione degli interventi

Le PnD, nei programmi di manutenzione ordinaria e straordinaria degli impianti industriali in genere, non sempre sono tenute nella giusta considerazione ed il più delle volte ne escono fortemente limitate, sia per la ristrettezza dei tempi e indisponibilità di adeguate risorse, sia per la scarsa conoscenza, da parte dei responsabili della manutenzione, delle necessità operative che le diverse metodologie di esame richiedono e sia per la non sempre puntuale programmazione e pianificazione degli interventi.

Oltre ad una approfondita conoscenza delle PnD e delle problematiche a loro connesse, occorre pertanto saperne pianificare e programmare correttamente gli interventi presso gli impianti industriali.

Il primo gradino per affrontare tale impegno è quello di elaborare una appropriata "check list" con i seguenti criteri:

- a) classificare i componenti di un dato impianto secondo dei livelli di criticità, tenendo conto dell'importanza strategica di ogni singolo componente (la criticità di un componente può derivare da motivi economici di produzione o da motivi di sicurezza),
- b) elencare per i vari componenti, tutti i dati necessari, es. tipo di materiale, dati di processo, ore di marcia, condizioni di esercizio, etc.,
- c) raccogliere e catalogare indicazioni fornite da precedenti esperienze sugli stessi componenti o analoghi,
- d) stabilire le cause e le modalità più probabili di degrado,
- e) In relazione al punto d), stabilire le PnD più adeguate per verificare i danni subiti dai componenti. L'adeguatezza di una PnD deve riguardare l'efficacia, i tempi ed i costi,
- f) stabilire una sequenza cronologica di tutte le azioni necessarie da effettuare prima, durante e dopo le PnD,
- g) definire i tempi necessari all'intervento delle PnD in relazione anche ad altri interventi di manutenzione, che potrebbero interferire e creare ritardi (es. impossibilità di eseguire controlli gammagrafici in concomitanza di altri lavori nella stessa zona, o impossibilità di utilizzo di uno stesso ponteggio da parte di più unità di lavoro, etc.).
Sviluppando e impiegando una check list, così impostata, è possibile ottenere una maggiore razionalizzazione delle ispezioni non distruttive in servizio (inservice inspection), con un'incidenza economica che non viene appesantita da tempi morti, ripetizioni, controlli non necessari.

2 Caratteristiche dell'in-service inspection

Prima di addentrarci specificatamente nelle applicazioni delle tecniche PnD, è opportuno chiarire quali sono gli aspetti e le problematiche, che caratterizzano il controllo in esercizio, rispetto a quello in produzione (preservice inspection).

2.1. Accessibilità

A differenza dei controlli in produzione, nei controlli in esercizio normalmente è l'operatore che "va" al manufatto oggetto del controllo, intendendo, con ciò, sia l'avvicinamento fisico dell'operatore al componente, sia la possibilità per l'operatore di accedere a tutte le superfici del componente necessarie alla esecuzione delle PnD.

Mentre il primo aspetto è puramente economico, in quanto si tratta di realizzare ponteggi, illuminazione e quant'altro serve a norma di legge, il secondo aspetto è soprattutto un problema tecnico.

Infatti il problema dell'accessibilità dei componenti è risolvibile tecnicamente o a monte, richiedendo al progettista di considerare fra le varie finalità di un componente anche la sua controllabilità in esercizio, o a valle, con appropriate, sofisticate e spesso costose metodologie non distruttive.

Si vuole qui ribadire un concetto, che non sembra ancora ben compreso, e cioè che eventuali costi aggiuntivi in fase di progettazione e installazione di un componente, che permettono di renderlo controllabile efficacemente in esercizio, si traducono sempre in notevoli vantaggi economici e di sicurezza per l'esercizio.

2.2. Agibilità

Non sempre il componente da esaminare e la zona circostante il componente stesso sono agibili. L'inagibilità può essere costituita dalla collocazione del componente in ambiente esplosivo, acido o corrosivo, ad alta temperatura, in vicinanza di campi elettrici, magnetici o ionizzanti e per il fatto stesso che il pezzo sia ad alta temperatura e non bonificato. Questi aspetti, come si può ben intendere, causano forti limitazioni all'applicabilità e precisione delle PnD.

2.3. Preparazione delle superfici d'esame

L'opportuna preparazione delle superfici d'esame è per alcune prove (es. ultrasuoni, liquidi penetranti e controlli magnetici) un'azione indispensabile per la loro buona riuscita. I componenti in esercizio, più di ogni altro, hanno condizioni superficiali estremamente critiche (fenomeni di ossidazione o danneggiamenti causati nelle varie fasi del montaggio). Poiché la preparazione superficiale è un discorso che coinvolge spesso, in maniera pesante, i costi e i tempi, è necessario che i Responsabili delle manutenzioni sappiano valutare il grado di preparazione superficiale sufficiente per permettere alle PnD di dare risultati affidabili, senza sovraccaricare i costi e i tempi con preparazioni eccessive, se non superflue. Come esempio si può considerare la preparazione superficiale per il controllo ultrasonoro di un giunto, che, in funzione della criticità del componente, può realizzarsi o con semplice spazzolatura delle superfici ai lati del giunto, o con molatura, fino ad arrivare, nei casi più critici alla rasatura completa del sovrametallo di saldatura.

2.4. Conoscenza dei difetti tipici degli impianti industriali

La conoscenza della tipologia caratteristica dei difetti degli impianti industriali, in cui si opera, cioè la loro origine, la loro collocazione in seno ad un componente, la probabilità di individuarli in certe zone prestabilite e la loro evoluzione, sono informazioni indispensabili per una corretta metodologia di controllo. In assenza di queste informazioni esiste il pericolo o di applicare metodologie inadeguate o di dover impiegare PnD in modo intensivo, per garantire la riscontrabilità di ogni tipo di difettosità ipotizzabile.

2.5. Sensibilità dei controlli

Partendo dal presupposto che l'affermazione "pezzo con zero difetti" tecnicamente non ha senso, è necessario sempre riferirsi al "difetto minimo accettabile" per poter definire, per le varie PnD utilizzate, la sensibilità nel rilevamento delle discontinuità. Una volta definito il difetto minimo accettabile (compito normalmente demandato ai progettisti), diviene determinante il confronto con difetti artificiali di forma e dimensioni standard praticati su blocchi di calibrazione. Di notevole supporto, nella definizione della sensibilità delle PnD per i diversi manufatti, è la normativa nazionale ed internazionale in uso, la quale suggerisce, in molti casi, anche le procedure d'esame più corrette.

2.6. Qualificazione del personale addetto alle PnD

Come detto, l'esecuzione di un esame sottintende la stesura di un'adeguata procedura di controllo in grado di garantire la corretta applicazione del metodo. Essendo, poi, l'efficacia delle PnD in esercizio basata principalmente sulla loro ripetibilità, tale caratteristica la si può ottenere solo se tutte le condizioni applicative sono state rispettate. Quindi, la conduzione delle PnD deve essere affidata a personale adeguatamente qualificato, di provata capacità, serietà professionale e che abbia maturato adeguata esperienza per il tipo di difettosità ricercata. È prassi far riferimento, per la qualificazione del personale, alla normativa internazionale SNT-TC-1A e a quella europea UNI EN 473.

2.7. Certificazione

Importante atto finale di un controllo è la sua certificazione. Un esame anche ben condotto, ma non correttamente certificato perde gran parte della sua validità, in quanto non può essere verificato e non permette il raffronto comparativo con controlli precedenti e/o successivi.

3 Frequenza ed estensione delle PnD

La frequenza e l'estensione delle PnD sono sostanzialmente correlate al grado di confidenza e conoscenza che i Responsabili della manutenzione hanno delle caratteristiche e affidabilità dell'impianto.

L'impiego di tecniche di monitoraggio "on stream", cioè su componenti in esercizio, è di notevole ausilio ai tecnici nel raggiungimento di una manutenzione prevalentemente predittiva su condizione.

4 Tecniche PnD

Rispetto ai campi d'applicabilità le PnD possono essere distinte nelle seguenti tre classi:

classe 1 PnD superficiali o subsuperficiali: idonee a rilevare discontinuità superficiali o sub-superficiali,

classe 2 PnD volumetriche: idonee a rilevare nei materiali discontinuità site all'interno dei materiali.

classe 3 PnD globali: idonee a verificare la funzionalità di un componente o di un sistema nella sua globalità.

In relazione, invece, alle fasi d'intervento, le PnD possono essere così classificate:

"A" PnD per interventi con impianto in funzione (on stream)

"B" PnD per interventi con impianto fermo. (per impianto fermo si intende anche bonificato).

In base alla suddetta classificazione, nella tabella 1 sono riportati i diversi tipi di PnD di normale impiego con i relativi campi d'applicazione e limitazioni.

Test PnD	Simbologia	Applicazioni	Limitazioni
Radiografico	RT	1-2	<p>A - B; Gli spessori massimi radiografabili sono in relazione alle energie disponibili; normalmente per le energie utilizzate in servizio gli spessori massimi sono nell'ordine di 80 - 100 mm di acciaio.</p> <p>Le discontinuità per essere rilevate devono avere andamento parallelo alla direzione delle radiazioni ionizzanti.</p> <p>Lavorare a temperature eccedenti i 50°C diviene critico e necessitano particolari accorgimenti.</p>
Ultrasonoro	UT	1-2	<p>A - B; Strutture grossolane (es. fusioni o saldature austenitiche) creano problemi, non sempre risolvibili, di attenuazione. La preparazione superficiale deve essere molto accurata.</p>

			Temperature massime delle superfici di esame 180-200°C.
Ultrasuono a caldo	EMA	2	A - Solo spessimetrici. Temperatura massima della superficie d'esame 750°C.
Magnetoscopico	MT	1	A - B; Esame eseguibile solo su materiali ferromagnetici. Temperatura massima della superficie d'esame 300°C.
Liquidi Penetranti	PT	1	A - B; Occorre saper valutare i sistemi più adeguati di pulizia delle superfici. Temperatura massima della superficie d'esame 200°C.
Correnti indotte (Eddy Current)	ET	1	B - Controllo influenzato da molteplici variabili, per cui la sensibilità va verificata caso per caso. Il controllo di materiali ferromagnetici risulta spesso critico
Emissione Acustica	AE	1-2-3	A - B Vengono rilevati solo difetti in fase dinamica. Difficoltà a discriminare i diversi segnali. Il componente deve essere comunque sollecitato.
Termografico	TT	1	A - Le aree di indagine devono essere visibili. Oggetti a bassa emissività sono di difficile indagine.
Ricerca di fughe (Leak Test)	LT	3	B - Su componenti di grandi dimensioni diventa critico creare un accettabile grado di vuoto. La pulizia del componente, soprattutto riguardo all'umidità, rappresenta una condizione critica del lavoro.
Esame visivo	VT	1	A - B Le zone da esaminare devono essere accessibili.
Metodo elettrico	ME	1	A - B La forma e orientamento delle discontinuità può influire sulla precisione del controllo.
Metodi scintillometrici	MS	1	B - Sono effettuabili solo su materiali non conduttori applicati su un supporto metallico.
Analisi chimiche metallurgiche e di durezza)	AM	1	A - B La superficie da esaminare deve essere accessibile e preparata adeguatamente.

5 Tipologia delle anomalie più probabili riscontrate su impianti industriali e PpD più idonee a rivelarle

Riportiamo di seguito un elenco, che è lungi dall'essere esaustivo, delle anomalie che si riscontrano più frequentemente in impianti industriali (chimici, petrolchimici, generazione di energia, ecc), e si accenna brevemente alle PnD più idonee al loro rilevamento.

a. Deformazione: è il risultato di una sovrasollecitazione termica e/o meccanica. Può essere accompagnata da variazioni delle caratteristiche metallurgiche, da riduzione di spessore e dalla formazione di cricche.

PnD previste:

- VT: è la prima e importante fonte di informazione e deve precedere ogni altro tipo di esame.
- UT: esami spessimetrici con sonde doppie e diftoscopici con sonde angolate.
- PT: per ricerca di difetti superficiali.
- MT: per ricerca di difetti superficiali e subsuperficiali.
- AM: repliche metallurgiche e durezza per rilevare eventuali variazioni nelle strutture.

b. Blistering (bugne da idrogeno): sono dovute alla diffusione dell'idrogeno atomico, liberatosi da reazioni chimiche all'interfaccia metallo-fluido.

In tal modo, per le sue dimensioni, penetra nel materiale e, dove vi è presenza di microcavità o, particolarmente, segregazioni, si modifica trasformandosi in idrogeno molecolare, esercitando forti pressioni (ordine migliaia di atmosfere) e creando il distacco del materiale con formazione di bugne.

PnD previste:

- VT: l'esame è possibile solo se le bugne si formano sul lato visibile.
- UT: indispensabile per delimitare l'area interessata al fenomeno e verificare la presenza di fessurazioni in seno a giunti saldati.

c. Surriscaldamenti: particolarmente pericolosi se avvengono su componenti sollecitati meccanicamente, a causa del decadimento delle caratteristiche tensili. Possibilità di scorrimento viscoso più elevato del previsto ed eventuali accentuazioni di fenomeni corrosivi.

PnD previste:

- VT: fornisce il quadro esatto del fenomeno.
- TT: con tale tecnica è possibile, anche a distanza, individuare i punti surriscaldati, solo però se il surriscaldamento è in atto. Si determina anche l'esatta temperatura. Non si hanno informazioni sullo stato del metallo.
- EMA: controlli spessimetrici fino a 750°C.
- AM: eventuale analisi metallografica con replica per stabilire l'entità del degrado.

d. Corrosione o erosione uniforme: sono causate da particolare aggressività del fluido contenuto, pH, conducibilità, alta velocità, ecc.

PnD previste:

- UT: controlli spessimetrici secondo criteri legati all'estensione e ubicazione del fenomeno corrosivo-erosivo.
- ET: controlli spessimetrici per spessori fino a 10 mm. Particolarmente utilizzate nel controllo di fasci tubieri di scambiatori di materiale sia amagnetico che ferromagnetico.
- RT: tale metodo è impiegato sui tubi per avere una visione d'insieme dello spessore della sezione.

e. Corrosione localizzata (pitting o crateri): dovuto ad agenti specifici o particolari situazioni di corrosione.

PnD previste:

- UT: esame con sonde piane doppie emittenti-riceventi. Tale controllo è, efficace nel dimensionamento delle anomalie, mentre per l'individuazione diviene lungo e costoso.
 - RT: esame valido pur se richiede tempi relativamente lunghi.
- La valutazione della gravità delle corrosioni avviene per confronto fra zone a diversa densità radiografica.
- MT: oltre alle tecniche che impiegano le particelle magnetiche, si utilizzano metodologie a ricerca di flusso disperso con sonde di Hall per il controllo rapido di superfici molto estese (es. piping e fondi di serbatoi).
 - PT: tale metodo è, a volte, l'unico possibile quando si debbano controllare superfici molto estese.

f. Superfici a contatto con selle e sostegni vari: la presenza di selle e sostegni può compromettere o degradare le protezioni contro la corrosione del componente, favorendo accumuli di umidità, specie aggressive, che possono raggiungere il metallo.

PnD previste:

- VT: serve ad evidenziare fenomeni macroscopici di degrado.
- UT: si effettuano sulla superficie del metallo opposta a quella con le selle e sostegni. Nel caso di tubi, il controllo è da effettuarsi internamente sfruttando apparecchiature automatizzate.

g. Superfici a contatto con diaframmi (fasci tubieri di scambiatori): la presenza dei diaframmi (baffles) negli scambiatori può indurre tre tipiche anomalie sui tubi sottostanti:

1. Ammassature prodotte dalle vibrazioni e relativi sbattimenti.
2. Ammassature prodotte da un aumento di volume degli ossidi generati tra tubo e diaframma (denting).
3. Fenomeni erosivi-corrosivi localizzati, dovuti alla presenza di fluidi in fase mista liquido-gas.

PnD previste:

- ET: utilizzando la tecnica a multifrequenza è possibile rilevare i difetti, eliminando i segnali di disturbo provocati dalla massa metallica del diaframma stesso.

h. Anomalie dei rivestimenti refrattari: danneggiamento prodotto da cause meccaniche e termiche; causa disperdimento energetico e surriscaldamento.

PnD previste:

- TT: è l'unico modo possibile per rilevare tali anomalie in modo rapido e a distanza.
- VT: possibile solo con impianti fermi.

i. Anomalie delle coibentazioni: danneggiamento prodotto da cause meccaniche, termiche o chimiche; causa dispersione energetica e infiltrazioni di umidità ed agenti aggressivi.

PnD previste:

- TT: efficacissimo per rilevare le zone interessate dal danneggiamento, non fornisce alcuna informazione sullo stato del metallo.
- VT: permette di verificare la presenza di eventuali corrosioni.
- UT: permette di quantificare le corrosioni.

l. Anomalie di rivestimenti non conduttori: per rivestimenti non conduttori si intende verniciature protettive, smaltature, ebanitature, ecc.

Le cause di degrado di tali rivestimenti possono essere shocks termici, meccanici e attacchi chimici.

PnD previste:

- VT: sempre utili per individuare i casi più appariscenti.
- PT: da impiegare nella ricerca di piccole fessurazioni.
- MS: con tale metodo si verifica anche se il rivestimento, pur senza apparente rottura, può aver perso le sue caratteristiche dielettriche.
- ET: rileva lo spessore del rivestimento non conduttivo se applicato su superfici conduttrici.

m. Anomalie di rivestimenti conduttori, placcature: normalmente i materiali impiegati per rivestimenti o placcature sono gli acciai della serie AISI 300 o 400 leghe di rame o piombo. In fase di esercizio tali rivestimenti possono criccarsi, staccarsi o corrodersi per l'azione di shocks termici, meccanici e attacchi chimici.

PnD previste:

- PT: il metodo più rapido e migliore per superfici di grande estensione.
- UT: il controllo può essere eseguito sia lato placcato che lato mantello. Determinante per la sensibilità del controllo la struttura del rivestimento. Per strutture grossolane si devono utilizzare trasduttori ad onde longitudinali a fascio angolato.
- ET: il metodo è utilizzabile solo lato placcatura e per difetti affioranti e subsuperficiali.
- RT: rilevabili solo difetti non planari.

n. Cricche di varia natura (tensiocorrosione, fatica, fatica termica, etc.): risultano, alcune, dall'azione combinata di sollecitazioni termiche o meccaniche e un mezzo corrosivo critico, altre, da stress eccessivo.

PnD previste:

- PT: occorre utilizzare metodologie ad elevata sensibilità con tempi lunghi di penetrazione del rivelatore.
- MT: a causa delle dimensioni anche minime che possono avere le cricche, deve essere particolarmente curata la procedura di controllo. Solo sui materiali ferromagnetici.
- UT: è necessario utilizzare frequenze più alte possibili e angolazioni diverse dei trasduttori. Talvolta, specialmente le cricche di tensiocorrosione, possono presentare superfici di frattura così ravvicinate, da risultare non rilevabili ultrasonoricamente.
- ME: si riesce a determinare con buona precisione la profondità delle cricche, affioranti in superficie.
- ET: tale metodo è molto efficace per ispezionare zone poco accessibili come, ad esempio filettature, sedi di chiavette, fori, etc.
- RT: cercare di utilizzare raggi X, se possibile, per migliorare la sensibilità del controllo, tecnica a parete singola e pellicole a grana fine.

p. Depositi interni in tubazioni (forni, caldaie): la presenza di depositi interni su tubi di forni e/o caldaie, mentre ostacola lo scambio termico, fa elevare notevolmente la temperatura portando a rottura i tubi stessi.

PnD previste:

- RT: è possibile rilevare e misurare lo strato di deposito, ma solo con forno fermo. inoltre non è possibile un controllo intensivo.
- TT: consente di individuare i depositi col forno in marcia, estensivamente su tutti i tubi. I forni ovviamente devono essere predisposti al controllo, con apposite finestrelle praticate sulle pareti.

q. Attacco da idrogeno: processo degenerativo provocato dall'idrogeno ad alta temperatura su materiali in acciaio al carbonio e bassoalegati. Si manifesta con generazione di macro e microcricche.

PnD previste:

- UT: in funzione della struttura del materiale si possono utilizzare le normali metodologie e se la struttura è

particolarmente grossolana, si utilizza la tecnica in trasparenza basandosi sull'attenuazione che subisce il fascio ultrasonoro. Alta velocità d'esame.

- RT: sensibile per difetti di una certa dimensione, è inoltre un metodo relativamente lento.

r. Processi di carburazione: causati dalla diffusione di carbonio sulla matrice metallica ed accentuati da surriscaldamenti che possono comportare anche riduzioni di spessore. I componenti più soggetti a tale fenomeno sono i tubi di forni cracking.

PnD previste:

- ET: metodo rapido per verificare l'estensione della carburazione su materiali tipo HK40 o 25Cr35Ni. Utile anche per la misura degli spessori residui, effettuata in continuo lungo diverse generatrici.

- UT: le misure di spessore possono essere influenzate dai prodotti di corrosione. Critico l'accoppiamento.

s. Difetti in saldatura: i giunti saldati, come fonti di tensioni, alterazioni strutturali e discontinuità, sono punti preferenziali di formazione di cricche di varia origine (tensiocorrosione, fatica termica, etc.).

Le PnD consigliate sono pertanto quelle relative all'individuazione di cricche (punto n?). Si vuole qui solo ricordare che, nel caso di saldature di acciai austenitici, gli esami tradizionali con UT, eseguiti con onde trasversali, sono poco significativi, si fa quindi ricorso a trasduttori ad onde longitudinali a fascio angolato, che permettono migliori definizioni.

6 Esami globali dell'impianto o del componente

Si descrive, brevemente, le tecniche non distruttive che permettono un esame complessivo sullo stato del componente (per maggiori dettagli vedere i capitoli relativi precedenti).

a. Prova di tenuta o ricerca di fughe (LT)

Per valutare la sicurezza di un componente, specie se contenente fluidi tossici, la verifica della tenuta rappresenta una condizione indispensabile per la messa in esercizio.

Le tecniche più diffuse sono:

1. prova idraulica
2. prova pneumatica
3. ricerca di fughe con gas alogeni
4. ricerca di fughe con elio e spettrometro di massa

Tali prove si applicano principalmente ai contenitori in pressione ed agli scambiatori di calore con l'intento di:

- a. determinare la perdita complessiva.
- b. determinare e localizzare la singola perdita sui bocchelli o sulle saldature, specie quelle tra tubi e piastra tubiera.

b. Emissione Acustica (AE)

Tale metodo, che valuta le discontinuità, all'interno di un componente, in base ai segnali acustici prodotti quando queste sono in fase dinamica, richiede che il componente sia costantemente sotto sforzo.

Il maggior vantaggio di tale tecnica è la monitoraggio, per tempi anche lunghi, del componente nel suo insieme o di discontinuità, di cui si conosce la presenza, per seguirne l'evoluzione. Viene impiegata anche per la ricerca di perdite su serbatoi e tubazioni.

c. Termografia all'infrarosso (TT)

Tale tecnica viene impiegata nei seguenti campi:

- Manutenzione: si ricercano difetti che possono compromettere il funzionamento di un impianto o parte dell'impianto: esempio caduta localizzata di refrattari di un forno o di un reattore, ossidazione di un collegamento elettrico, etc.

- Energy Conservation: si verificano le perdite globali di energia da un componente per decidere, in base ai costi, se sia più conveniente intervenire a eliminare le perdite o continuare ad esercire il componente. Tali

considerazioni devono, naturalmente, essere supportate da calcoli precisi di dispersioni energetica e precise valutazioni dei costi.

- Verifica esecuzione lavori: dopo i lavori di riparazione delle anomalie riscontrate con indagine termografica, si dovrebbe verificare la bontà degli interventi del progettista e del responsabile dei lavori in opera. Da parte del committente, c'è ormai la tendenza a subordinare l'accettazione di un determinato lavoro, alla verifica termografica.

d. Analisi vibrazionale

Con tale tecnica si verificano le condizioni di funzionamento e di vincolo dei componenti con elementi dinamici (es. pompe, compressori, motori, etc.) con informazioni in ordine alla frequenza e ampiezza delle vibrazioni.

6 Conclusioni

La realizzazione di un valido programma di inservice inspection su impianti industriali, è frutto di una fattiva collaborazione fra le diverse unità preposte all'esercizio, alla manutenzione e alle ispezioni degli impianti stessi.

È indispensabile una seria pianificazione e programmazione di tutte le azioni necessarie alla realizzazione di un affidabile servizio di PnD.

Sarebbe, inoltre, sempre preferibile intervenire con impianto in esercizio per ridurre i tempi di fermata e per poter, più frequentemente, tenere sotto controllo i componenti più critici.

Particolare attenzione va prestata a tutte quelle operazioni che permettono ai tecnici di operare nel modo migliore, quali la preparazione delle superfici, l'accessibilità e l'agibilità dei componenti, etc.

Enorme importanza va conferita alla qualificazione del personale addetto alle PnD e all'impiego di adeguata strumentazione.

Da quanto detto se ne evince che un "buon" controllo non distruttivo in esercizio, è il risultato di una serie di azioni concomitanti e integrative le une delle altre e, pertanto, il suo buon esito può essere compromesso anche se una sola delle azioni previste non sia adeguata.

Concludiamo ricordando la massima sempre vera che:

"Un controllo o lo si fa bene o è meglio non farlo".

Bibliografia

1. ENEA (Comitato Nazionale per la Ricerca e per lo Sviluppo dell'Energia Nucleare e delle Energie Alternative), AIPND (Associazione Italiana Prove Non Distruttive): "Prove non distruttive" - Collana PnD - Ed. Settembre 1989
2. A. Maciga, C. Aiello: "Panoramica sull'applicazione e affidabilità delle PnD nella rilevazione di difetti tipici di esercizio." - Il Giornale delle Prove non Distruttive 3/85
3. A. Maciga: "Analisi ferrografica per la rilevazione preventiva dell'usura: Teoria e Pratica." - Il Giornale delle Prove non Distruttive 2/90
4. G. Adriani: "Spettrometria R.D.E. e R.P.S." - New letter MECOIL
5. ENEA, AIPND: "PnD Management" - Collana PnD - Ed. Settembre 1989
6. A. Belmondo, B. Giuggioli: "Interpretazione dei processi di usura con l'impiego della tecnica ferrografica" - Metallurgia Italiana 10/81

Autore: A. Maciga

Fonte: Manuale di manutenzione degli impianti industriali e servizi. A cura di L. Furlanetto - ed. FrancoAngeli