

Metodi e misure degli oli lubrificanti, in un'ottica di «condition monitoring»

Si illustrano i metodi di misura e analisi degli oli lubrificanti come strumento di definizione dei piani di manutenzione preventiva «on condition»

G. Adriani, A. Paccagnini, Mecoil Diagnosi Meccaniche, Firenze

Negli ultimi tempi, in occasione di numerosi incontri promossi da Aiman, ho avuto modo di ascoltare brillanti relazioni di tecnici preposti al monitoraggio di macchine strategiche, che illustravano i progressi compiuti nel campo della prognostica, al fine di evitare, o comunque gestire al meglio, il guasto meccanico di un impianto. L'approccio in chiave predittiva – l'unico accettabile, alla luce dei fatti, dall'industria moderna – delle procedure manutentive risulta essere frutto di continue ricerche e scambi di opinioni, tra i gestori, a qualunque livello essi si trovino a operare. Si percepisce una vera e propria «fame» di informazioni, su quanto viene sperimentato da altri colleghi e in tali consessi realmente democratici non esistono barriere tra ranghi e funzioni diverse; ingegneri e periti si confrontano amichevolmente – talvolta con animosità – e si trasmettono notizie preziose per il miglioramento degli step manutentivi. Il filo conduttore comune talvolta si spezza quando, scendendo nel concreto, si cerca di definire parametri comuni – o comunque condivisibili dalla grande maggioranza degli addetti. Nella selva di norme e procedure si corre il rischio di rispettare formalmente un certo capitolato tecnico, senza centrare il vero scopo del progetto.

Breve excursus sui metodi Iso/Astm. La necessità di procedere alla formalizzazione di determinati metodi interni a una realtà aziendale, trasformandoli in un progetto normativo sovranazionale, corredato di linguaggio comune e riferimenti tecnici riconosciuti dalla maggioranza degli addetti ai lavori, appartiene alla metà del XIX secolo. Scaturisce dal bisogno di poter confrontare risultanze analitiche, provenienti da laboratori sparsi sull'intero globo, con notevoli difficoltà di comunicazione tra essi. I mezzi di trasporto sono adeguati per l'epoca, ma pur sempre lenti per le realtà industriali emergenti;

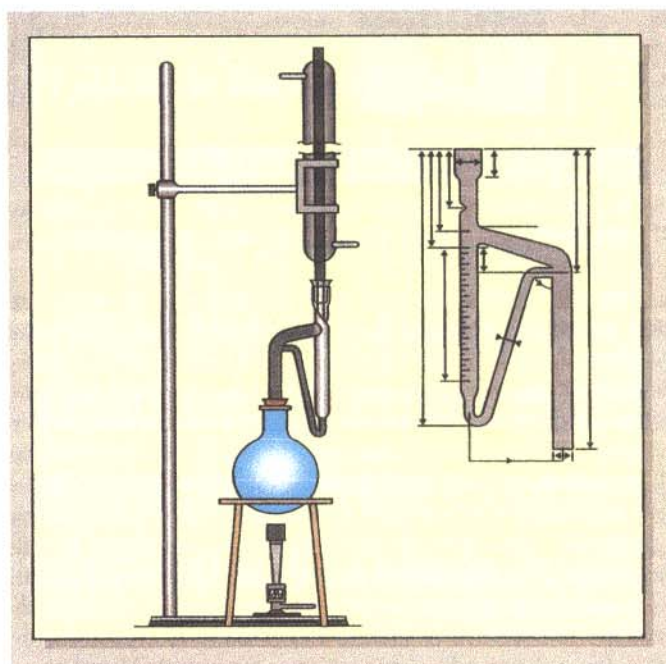


Fig. 1. Apparato per la determinazione del combustibile in olio, per distillazione (da raccolta Nom).

la produzione a ciclo continuo richiede fonti di approvvigionamento di materie prime, virtualmente illimitate, e quando i paesi esportatori di tali prodotti risultano lontani dai paesi trasformatori, ecco che nasce il bisogno di una figura «terza», di un certificatore che si faccia carico di garantire la conformità delle merci in partenza, molto tempo prima che queste raggiungano il porto di arrivo. Si conviene di utilizzare la lingua commerciale più diffusa al momento; inizialmente si adotta il francese, per poi convergere, con il vertiginoso sviluppo delle tecnologie informatiche nel mondo anglosassone, verso l'inglese. Oggi diverse di queste barriere geografiche e fisiche sono state superate dai nuovi sistemi di trasporto, e grazie allo sviluppo di internet alcune delle necessità dei primi tempi sono divenute meno pressanti, se non addirittura superflue. Una volta convenuto che l'inglese tecnico (per la sinteticità d'uso) è la lingua di riferimento, si deve decidere a quale categoria di norme (Uni/Iso/Astm/Din) vogliamo adeguarci, sia per quanto concerne le necessità produttive delle industrie manifatturiere, sia per ciò che riguarda la manutenzione.

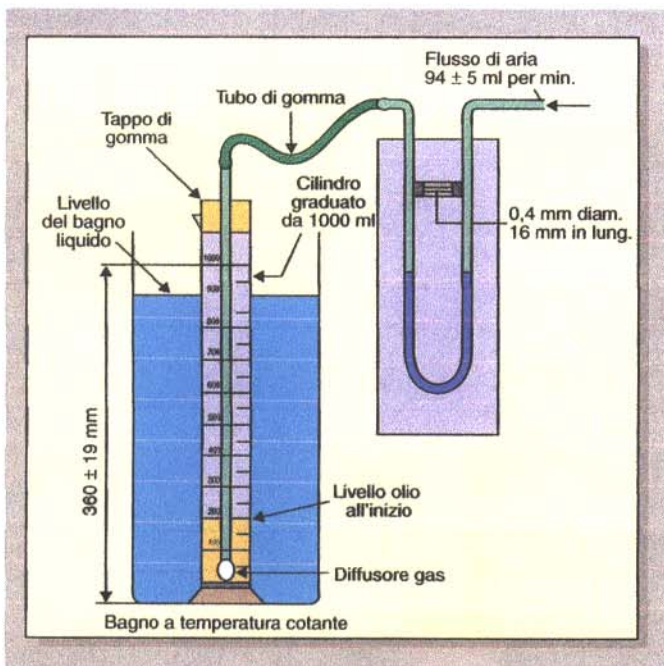


Fig. 2. Apparato per lo schiumeggiamento (tratto da Annual Book of Astm standards).

La manutenzione «su condizioni» e la ricerca dei segnali deboli.

Tra le possibili forme di prevenzione del danno, la prognostica e i benefici che scaturiscono dall'applicazione delle procedure di condition monitoring risultano uno degli approcci contemporanei più apprezzato dai tecnici e dai responsabili dell'ingegneria di manutenzione di un impianto. Traggono origine dalle ben conosciute procedure di Manutenzione preventiva (quella ciclica) e cercano di eliminarne i costi talvolta ridondanti, puntualizzando dove e come intervenire (e solo quando è realmente necessario) grazie a un insieme di esami e controlli non distruttivi. I dati che occorre gestire (talvolta preziosi in assoluto, ma generalmente valutabili come trend) provengono da diverse fonti e analogamente alle indagini cliniche a cui noi uomini ci sottoponiamo per prevenire gli «acciacchi della vecchiaia», hanno bisogno del conforto integrato di più metodiche per diagnosticare l'entità della anomalia in atto.

Questi segnali di allarme (tanto più deboli, quanto più precocemente verranno captati) richiedono strumenti di amplificazione e trasformazione per renderli comprensibili e gestibili da parte degli addetti. In funzione delle tipologie di macchine coinvolte e del contesto industriale in cui esse operano, si privilegeranno alcuni sistemi d'indagine piuttosto di altri. Le attuali, più diffuse tecniche possono comunque essere ricondotte a tre categorie principali:

- strutturali/statiche, prevedono collaudi funzionali «in loco» e intervengono a livello di metallurgia e progettualità, mediante radiografie, liquidi penetranti, misure di tensione
- dinamico/operative macroscopiche (performance test, sbilanciamenti, vibrazioni emissioni, termografia)
- dinamiche microscopiche (analisi tribologiche degli oli, analisi di spettro, Spm).

Noi di Mecoil vorremmo provare a portare un contributo, approfondendo temi legati all'ultima di queste ca-

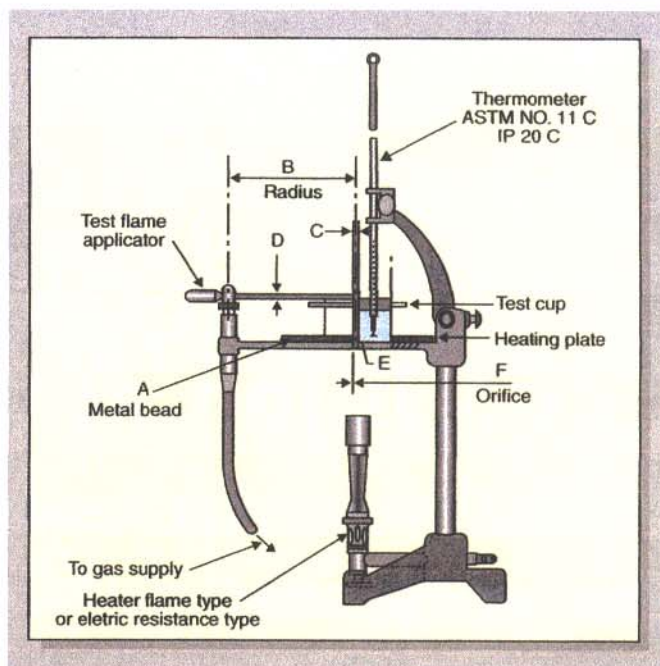


Fig. 3. Apparato Coc per la determinazione del punto di infiammabilità a vaso aperto (tratto da Annual Book of Astm standards).

tegorie, in quanto, a nostro parere, capace di portare i frutti migliori, con investimenti assai contenuti (fig. 2).

Quali unità di misura? A seconda delle reali dimensioni (della potenza applicata, del n° dei giri, dei rapporti e del modulo degli ingranaggi) delle macchine su cui sono previsti i controlli, tenuto conto delle condizioni ambientali in cui esse operano ($T^{\circ}C$, polveri, umidità...) le attenzioni del manutentore evoluto saranno focalizzate sui segnali realmente utili, trascurandone al tempo stesso altri, capaci soltanto di creare magari una catena di «falsi allarmi» nella struttura aziendale. Come già detto le principali normative internazionali di riferimento traggono origine da presupposti storici assai eterogenei; le attuali norme sono necessariamente figlie di tali bisogni, ma forse non sempre la loro puntuale applicazione può dare risposta ai quesiti di un tecnico alle prese con un problema di mal funzionamento di una delle sue macchine più strategiche. Accade assai spesso che a seguito di un'evidente avaria, nell'inevitabile smembramento dei pezzi meccanici che ne consegue, finalizzato alla ricerca della «cause prime» (leggasi responsabilità) del danno, si assista a tutta una serie di diatribe sul cosa o come quel determinato componente abbia fallito. I controlli strutturali (a «bocce ferme») effettuati dall'ente preposto (la famosa «parte terza» addetta alla certificazione) elencano in generale i seguenti risultati: gli ingranaggi presentano la durezza prevista, la potenza applicata risulta adeguata, temperature operative nei limiti, lubrificante entro le specifiche, ecc., ma il danno ha comunque avuto luogo. Nel tentativo di districarsi tra questi segnali contrastanti, tra l'evidenza del guasto e quanto viene puntualmente certificato, il manutentore perde talvolta la fiducia nei fornitori abituali, cercando rimedi e soluzioni improbabili (lubrificanti miracolosi, apparecchi diagnostici «intelligenti»). Sappiamo bene come un solo insuccesso, nel campo della prevenzione sia in grado di annullare

lare i benefici di decine di casi felicemente risolti (anche perché non altrettanto conclamati e quindi ben difficilmente ponderabili). Dove e come è quindi possibile intervenire? Premesso che le macchine alla corretta manutenzione delle quali si deve provvedere abbiano ottemperato ai requisiti operativi, nel rispetto delle specifiche del costruttore, i gestori si devono premurare che il contesto in cui operano sia adeguato e che gli output (segnali deboli) in fase dinamica diano indicazioni di un corretto funzionamento di tutti gli organi coinvolti. Alcuni di questi stessi segnali hanno col tempo cambiato di importanza, mentre alcuni altri sono stati integrati a vario livello in tests più complessi. Ad esempio, nel settore delle analisi degli oli lubrificanti si è sempre più andato

Sappiamo bene come un solo insuccesso, nel campo della prevenzione sia in grado di annullare i benefici di decine di casi felicemente risolti (anche perché non altrettanto conclamati e quindi ben difficilmente ponderabili).

tra in un range tra i 28,80 e i 35,00 cSt a 40 °C. Un'evidente alterazione (leggasi un incremento o decremento dell'ordine del 20%) di questo parametro è indice di un qualche tipo di contaminazione o degrado del fluido capace di riflettersi sul buon funzionamento della macchina. Oggi (secondo Astm D445/97) si prevede di esaminare, e dare conseguentemente importanza, anche al secondo decimale, grazie allo sviluppo di sofisticati bagni termostatici, per cui la riproducibilità del dato è tutelata. Potrebbe nascere il caso di un prodotto con viscosità ampiamente nei limiti, ma con un'evidente alterazione di alcuni altri dati significativi, quali l'additivazione «Ep» indispensabile per garantire il funzionamento di ingranaggi, proteggendoli da fenomeni di usura. Il problema

trascurando quello che attiene alla struttura organolettica del fluido (odore, colore, acidità totale, punto di scorrimento...) indirizzando le attenzioni degli analisti verso le modificazioni chimiche «profonde» delle molecole, indice di un degrado per surriscaldamento o stress meccanico. La viscosità di un olio è il primo dei riferimenti normativi a cui si rivolge chi deve garantirsi dell'idoneità di un lubrificante a effettuare con efficacia la funzione prevista. Un lubrificante Iso Vg 32 è un prodotto la cui Viscosità cinematica (come dato medio ricavato dalle specifiche fornite dai costruttori) rientra

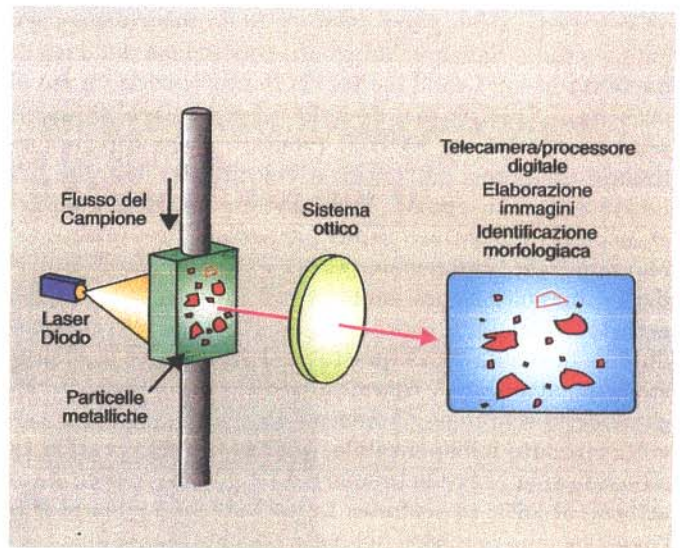


Fig. 4. Descrizione schematica di Laser Net Fines.

si presenta in caso di erronei reintegri o sostituzioni di oli con prodotti oleodinamici (cosiddetti fluidi idraulici); solo un attento esame contro una reference spettrale in Ir può dare garanzie di una situazione sotto controllo.

Anche nella contaminazione Iso/Nas dei fluidi oleodinamici siamo pervenuti ad accuratissime misurazioni e a filosofiche dissertazioni su quale sia la dimensione oggettiva delle particelle presenti in un determinato volume di campione. Oggi il Codice Iso a 3 cifre 18/14/12, come output di un moderno contaparticelle ottico (Iso 4406:1999), è un esempio di grande accuratezza di un dato analitico, praticamente inutilizzabile da parte di manutentore non diplomato in Chimica. Un simile tipo di classificazione ha senso solo nel caso di prodotti nuovi, adeguatamente stoccati, per valutarne la bontà «alla fonte». Ben difficilmente si riuscirà a valutare l'impatto dei contaminanti sospesi sotto forma di particelle < 4 micron, e a ricondurle a qualche tipologia di fenomeno tribologico, degno di interesse per la grande maggioranza dei macchinari operanti in una tipica industria. Solo in sistemi oleodinamici molto sofisticati, operanti a pressioni elevate (tipica l'applicazione aeronautica) ha senso prendere caso della valutazione in seria considerazione un tale parametro; nella grande generalità dei casi è il particolato (di tipo metallico) > 14 micron quello di cui si deve valutare con attenzione l'evoluzione dimensionale nel tempo. A tale riguardo, i ben noti Insolubili in Pentano (Astm D893) non sono il meglio che possa offrire la ricerca, nel «pesare» la gravità dell'usura meccanica in atto. Grazie all'aggiunta di un solvente volatile (tossico e non facilmente smaltibile) si ottiene – per centrifugazione – un agglomerato di corpuscoli solidi inscindibili sul fondo della provetta; se ne valuta il volume totale, ma non forma e sostanza, assai più efficacemente diagnosticabili, mediante ferrografia, o morfospettrometria a laser. E che dire dell'Acidità di un fluido? Il cosiddetto «Tan» (per gli addetti ai lavori il Total acid number, Astm D664) per il quale si discetta, addentrandosi in meandri molecolari, e si attribuisce significato al II decimale? Il dato è in sé raggiungibile, ottemperando alle idonee procedure di laboratorio; un bravo tecnico sarà capace di interpretare il punto di flesso, ma da questo a offrire un servizio

utile e costruttivo per il gestore delle macchine passa molta strada. Senza un'adeguata conoscenza del dato di partenza (e oggi sono molteplici le applicazioni in cui si prescrivono oli totalmente sintetici il cui Tan, sin dall'inizio eccede 1,5 mg KOH/g) risulterà assai difficile formulare un'ipotesi sull'entità e velocità del degrado del lubrificante in esercizio. Proviamo a pensare ai guai arrecati dal maneggiare senza particolari precauzioni un olio minerale tradizionale (Tan < 0,2), travasandolo mediante un contenitore contaminato da un prodotto tipo estere; l'immediata «acidificazione» indotta, potrebbe indurre a falsi allarmi, se questo fosse il solo dato a cui prestassimo attenzione. Altrettanto dicasi della determinazione dello schiumeggiamento (Astm D892) un test talvolta ritenuto indispensabile, quando, all'atto pratico, la stessa norma prevede un margine di errore (ripetibilità) attorno al 25%; in sostanza tanto varrebbe basarsi sull'osservazione empirica del battente di schiuma formatosi «sul campo». Un altro caposaldo della diagnostica precoce, nel campo della contaminazione da combustibile (fig. 3), negli oli lubrificanti dei motori endotermici, considera determinante il risultato del «C.o.c.» o punto di infiammabilità a vaso aperto (Astm D92) in quanto capace di correlare la facile infiammabilità dei vapori superficiali con la corrispondente quantità di incombusti presente all'interno del fluido. Purtroppo non è un esame alla portata di tutti: le difficoltà di esecuzione della prova (si deve fare attenzione agli «aloni luminescenti» che precedono il vero e proprio «flash», ovviamente in condizioni di penombra, assenza di qualunque ventilazione, che potrebbe interferire, ma aiuterebbe ad allontanare i fumi tossici dalle nari dell'operatore...) si sommano ai problemi di interpretazione dei risultati, fino a rendere la prova estremamente incerta, e capace di dare adito ad azioni correttive non efficaci o inutili.

In conclusione. Occorre fare tesoro dei segnali premonitori che possiamo ricavare tramite tutte le tipologie di analisi degli oli lubrificanti; ma le soglie di allarme per determinati parametri debbono essere personalizzate, in funzione delle categorie di macchine e dell'impiego per cui sono programmate, mediante un processo di integrazione dati e un approfondito scambio di informazioni con il laboratorio a cui ci rivolgiamo per l'esecuzione dei test. Senza togliere significato alla precisione di un determinato controllo analitico, daremo il giusto peso e significato al livello di contaminazione da acqua, a seconda che si tratti di un compressore frigorifero, di una turbina a vapore o di un riduttore lento, con olio Iso Vg 320... Per quest'ultimo caso non ha certamente grande importanza un contenuto di H₂O pari a 300 ppm e non riteniamo economicamente vantaggioso un test tipo Karl Fischer, in grado di dosare fino a 20 ppm, con un certo dispendio di reagenti e tempo analitico. Di gran lunga più efficace, ed economica l'analisi Ftir per la valutazione quantitativa macroscopica del contaminante, porgendo magari una maggiore attenzione al contenuto di metalli «duri», nonché alla forma e dimensione delle particelle presenti. Oggi, grazie allo sviluppo di un contaparticelle ottico «intelligente», tipo Laser net fines (fig. 4), è divenuto possibile archiviare le immagini di tutto il particolato metallico presente in un fluido, distinguendo le modalità di usura in

atto, con l'ulteriore potenzialità di seguirne la progressione nel tempo. Il vantaggio pratico offerto da un simile strumento, in termini economici e di sicurezza gestionale appare evidente anche al profano. Di fronte a simili rivoluzioni, nel campo diagnostico, che possiamo definire «epocali» alcune diatribe su pochi millimetri di schiuma in più, o meno, ci appaiono prive di significato! ■

BIBLIOGRAFIA

- 1 - ASTM: "Annual Book of American Society for Testing and Materials"; section 5 (Volume 1/5) Petroleum Products, Lubricants and Fossil Fuel; W. Conshohocken, PA, 2001.
- 2 - G. Adriani, S. Francalanci; "Applicazione della tribologia nella gestione d'impianti industriali"; MANUTENZIONE - Tecnica e Management; marzo 2000, pp. 53-56.
- 3 - D. Babbo; "La prognostica nei sistemi complessi: aspetti metodologici e applicativi".
- 4 - W. Bisset; "Cost Effective In-Service Condition Monitoring of Large Steam Turbine/Generator Oil System"; International Tribology Conference, Perth, Australia, 5-8 dicembre 1994.
- 5 - H. P. Bloch; "Practical Lubrication for Industrial Facilities"; The Fairmont Press Inc., Lilburn, Georgia, 2000.
- 6 - E. C. Fitch; "Proactive Maintenance"; FES Inc., Stillwater, Oklahoma, 1992.
- 7 - L. Furlanetto; "Manuale di manutenzione degli impianti industriali e servizi"; FrancoAngeli, Milano, 1998.
- 8 - M. Lukas, D. P. Anderson; "Machine and Lubricant Condition Monitoring for Extended Equipment Lifetimes and Predictive Maintenance at Power Plants"; POWER-GEN '96 International Conference, December 4-6, 1996.
- 9 - M. Lukas, D.P. Anderson; "Lubricant Analysis for Gas Turbine Condition Monitoring"; Journal of Engineering for Gas Turbines and Power; October 1997, Vol. 119, pp. 863-869.
- 10 - A. Maciga; "Sistemi di monitoraggio, di diagnostica e controlli non distruttivi"; Gestire la Manutenzione Produttiva, SDA Bocconi, Milano, 13-15 marzo 2000.
- 11 - J. Reintjes, J.E. Tucker, A. Schultz, C. Lu, L.L. Tankersey, P.L. Howard, T. Sebok and Holloway; "Lasernet Machinery Monitoring Technology"; Università degli Studi di Pisa, II Simposio su «Condition Based Maintenance for Highly Engineered Systems»; Pisa, settembre 2000.
- 12 - D. D. Troyer; "Lubricant Condition Monitoring: a Proactive, Reliability Driven Approach"; International Maintenance Management Conference, Melbourne, Australia, August 27-28 1996.



Gli Autori

Giuseppe Adriani, dal '93 è responsabile commerciale di Mecoil Diagnosi Meccaniche srl, per la quale ha provveduto a realizzare diversi seminari e corsi di manutenzione predittiva, in collaborazione con Spectro Usa e Entek Ird presso aziende italiane ed estere. Laureato in biologia, dall'83 al '90 ha operato negli Stati Uniti come direttore marketing di aziende italiane.

A. Paccagnini, collabora da circa tre anni con Mecoil Diagnosi Meccaniche, fornendo il suo stimolante contributo di ricercatore, nell'applicare metodi di indagine diagnostica di tipo biochimico, al settore delle macchine, con grande successo ed efficacia.