



Associazione Italiana di Manutenzione  
XX Congresso Nazionale  
**Strumenti e Partners per una Manutenzione di Eccellenza**  
Bologna, 20-21 Febbraio 2003

# Dalla misura delle particelle alla loro descrizione morfologica

---

Le analisi dell'olio per una prognostica efficace.

Giuseppe Adriani – Mecoil Diagnosi Meccaniche Srl, Firenze.

## Sommario

<b>Le analisi dell'olio</b>	<b>3</b>
Cenni storici e novità.	3
<b>Bibliografia</b>	<b>8</b>

Bologna, 20-21 Febbraio 2003

## Premessa

Nel momento in cui si imposta un progetto di conditions' monitoring per valutare lo "stato di salute" delle proprie macchine strategiche, ci poniamo come target primario la valutazione delle caratteristiche operative dei componenti meccanici, oltre al corollario di fluidi (lubrificanti e refrigeranti) e di meccanismi accessori, che a tali macchine sono collegati.

I controlli dei principali parametri operativi del lubrificante (genericamente definiti come stato chimico/fisico di un olio) prevedono un'ulteriore suddivisione nei livelli di analisi.

Si è convenuto che al campo della vera e propria "prognostica", delle procedure cioè collegate con la Manutenzione Proattiva, si ascrivono alcuni test ben conosciuti, quali: Viscosità, Numero di Neutralizzazione, Contenuto di Acqua, Contaparticelle...

Certi che se il fluido controllato risulta pulito, esente da "sporco" di qualsivoglia natura (Acqua, Polveri, Fibre...) e le temperature operative rimangono all'interno delle specifiche del costruttore, la formazione di morchie e lacche sarà certamente procrastinata, e l'operatività del macchinario mantenuta ai massimi livelli per lunghi periodi.

Al livello della Manutenzione Predittiva appartengono quegli esami (non sempre di routine per laboratori non specializzati) mirati a comprendere i "segnali deboli", cioè le fasi precoci di eventuali anomalie; per valutare l'usura di un componente oltre ai tests menzionati in precedenza, è raccomandabile la Spettrometria elementare (per la determinazione qualitativa e quantitativa dei metalli/additivi presenti) e la Ferrografia, un esame in grado di fornire forma e dimensioni delle particelle metalliche presenti nell'olio.

## Le analisi dell'olio

Cenni storici e novità.

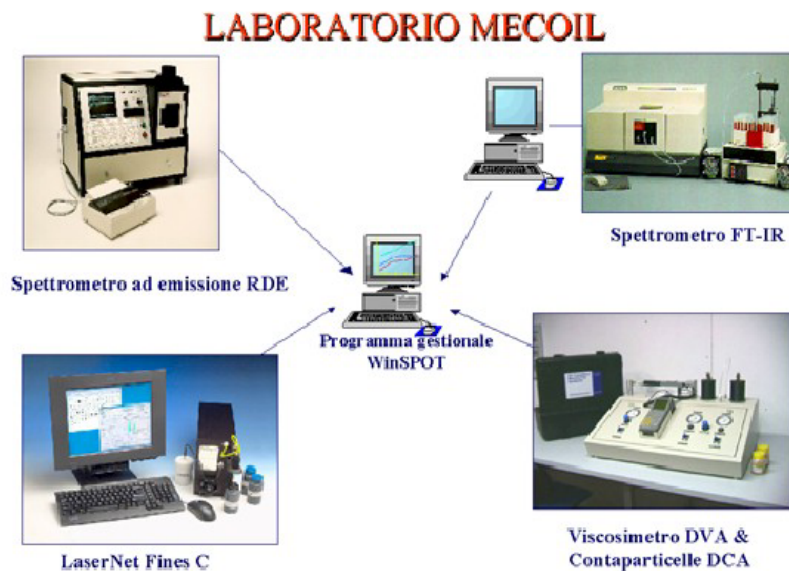


Figura 1 – Schema del laboratorio MECOIL

Le analisi dell'olio sono da decenni un valido supporto del Manutentore, impegnato quotidianamente ad ottemperare ai dettami della produzione, pur nel rispetto delle necessità operative dei macchinari aziendali.

Mediante tali controlli, effettuati secondo scadenze concordate, il tecnico evoluto acquisisce preziose informazioni sul come e quando intervenire; ad esempio sostituendo la carica di lubrificante (solo nel momento in cui tale operazione sia realmente necessaria, compatibilmente con le attività produttive), modificando le procedure di filtraggio (se utili alla salvaguardia dell'integrità dei macchinari), approfondendo eventuali allarmi (in fase assai precoce, quando siamo ancora in presenza dei cosiddetti "segnali deboli"), prima del danno conclamato.

Sino a pochi anni fa veniva ricercata, in particolare (ed è rimasta quasi esclusivamente relegata a questo campo) per gli impianti oleodinamici la "Classe di Contaminazione" secondo ISO 4405, un esame in grado di fornire un'indicazione generica sul livello di contaminazione dei fluidi idraulici.

Un tipo di test ritenuto essenziale per giudicare, a livello "passa/non passa" la bontà di un fluido oleodinamico.

Ancora oggi, con gli aggiornamenti del caso, risulta un elemento chiave per l'accettazione, in sede di produzione di determinati prodotti industriali.

La necessità di verificare la pulizia di tali sistemi, in cui l'olio svolge molteplici funzioni, ma principalmente è impegnato nella trasmissione di moto/potenza, è divenuta una cogente necessità, per la miniaturizzazione degli impianti e dei componenti coinvolti e l'incremento delle pressioni operative.

Fino agli anni '80 la suddivisione in Classi (di ampiezza crescente in funzione dei numeri assoluti, per compensare le difficoltà intrinseche in una vera e propria "conta") teneva conto dell'inevitabile errore strumentale, caratteristico di apparecchi ancora analogici strutturati in modo prettamente meccanico,

senza un adeguato supporto informatico, dove il rapporto luci/ombre era analizzato da un rilevatore ottico, non molto dissimile da un esposimetro fotografico.

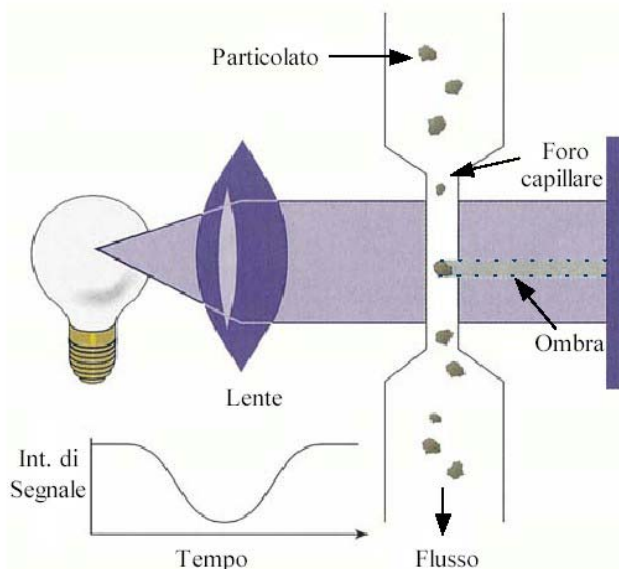


Figura 2 – Schema di un Contaparticelle ottico

Anche oggi nei contatori ottici il fluido da controllare (con caratteristiche di limpidezza e viscosità adeguate) viene fatto scorrere attraverso una camera trasparente di minimo spessore; il fascio di luce (in origine prodotto da una semplice lampada, e successivamente sostituito da un laser...) attraversa la cella, ed in funzione del tempo e della velocità di flusso del campione, eccita il sensore tante più volte, quanto più pulito risulterà il campione stesso.

La quantità di luce intercettata sarà direttamente proporzionale al numero di particelle opache che si sono interposte con la sorgente di luce.

Mediante campioni con sospensioni di particolato a titolo noto, è possibile procedere ad una correlazione/calibrazione strumentale.

Tra le possibili fonti di interferenza ed errori di lettura si annoverano la presenza di bolle d'aria (per insufficiente degassificazione del campione) e gocce d'acqua.

In entrambi i casi si ingenerano false interpretazioni, ed i valori per eccesso che ne risultano possono indurre a valutazioni erranee.

Tale metodo risulta inoltre inapplicabile nel caso di oli particolarmente pigmentati od opachi, come gli oli diesel, ma anche dei più comuni lubrificanti industriali, ad elevata viscosità, abitualmente impiegati nei motoriduttori.

Si possono risolvere tali problemi ricorrendo a contaparticelle meccanici, del tipo "pore blockage" o a decadimento di flusso, insensibili alla reale trasmittanza del campione, così come alla presenza di gocce di altri fluidi.

Solo e soltanto le particelle solide saranno intercettate dalle apposite membrane, fornendo, grazie a specifici algoritmi, i codici di contaminazione ISO/NAS richiesti.

Ma anche in questo caso ci troviamo a parlare di "sporco" generico, e di particelle in numero di "X" per Classe, senza distinguere tra quelle "dure" (come cristalli, carbonati, silicati, o vere e proprie scaglie metalliche generate da usura endogena), o "morbide" (quali polimeri, fibre, morchie).

Per una migliore comprensione del fenomeno in atto, una volta scattato l'allarme, per un codice di contaminazione elevato, occorre far ricorso al microscopio ottico (meglio se di tipo metallurgico, con illuminazione trasmessa/riflessa) ed esaminare campioni filtrati su membrana, a granulometria adeguata, oppure dei veri e propri ferrogrammi.

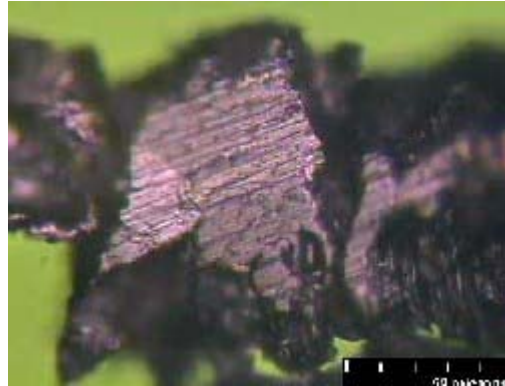


Figura 3 – Scaglie di acciaio in un ferrogramma

In entrambi i casi siamo in presenza di tecniche di indagine lunghe, riservate a veri e propri "esperti della materia", in grado di identificare forma e dimensioni delle particelle presenti, riconducendole ad anomalie superficiali ed alle principali tipologie di usura in atto.

Ci impegniamo in esami non di routine, i cui costi incidono grandemente sulle analisi tribologiche, di per sé altrimenti non troppo onerose.

La tendenza è, in generale, quella di omettere questa fase di approfondimento, risparmiando gli aggravii conseguenti, per il laboratorio ed il cliente.

La risposta più comune in tali casi, risulta: "Elevati codici di contaminazione ISO/Nas, raccomandabile immediata sostituzione della carica".

Solo alcuni enti di certificazione più responsabili, si spingono ad aggiungere suggerimenti del tipo: "Provvedere ad adeguata filtrazione off-line del fluido", per la rimozione dello "sporco", specie nel caso in cui l'olio in esame non dimostri ulteriori segni di degrado funzionale.

La filtrazione di grandi cariche, mediante cartucce speciali, o sistemi a vuoto, è una procedura che consente di recuperare appieno l'integrità di un fluido lubrificante, ed è l'unica capace di garantire quell'efficace opera di flussaggio della macchina, non sempre ottenibile mediante il semplice drenaggio.

Inoltre l'esame del particolato che si addensa nei filtri, o fuoriesce dagli spurghi, consente di farsi un'idea su cosa stia realmente accadendo all'interno dei meccanismi; si tratta di preziose informazioni "storiche" da non gettare via in maniera superficiale, all'interno di fusto anonimo destinato allo smaltimento.

Da un paio di anni si è reso disponibile sul mercato, grazie all'abbinamento di un contaparticelle a diodo-laser pulsante con un sistema ottico ad alta risoluzione, il Laser Net Fines.



Figura 4 – Laser Net Fines

Tale strumento, dotato di processori estremamente celeri, tra sè collegati mediante reti neurali, risulta in grado di riconoscere le silhouettes della grande maggioranza di particelle presenti all'interno di un olio, sia questo un prodotto oleodinamico, che un lubrificante anche molto "scuro".

Siamo di fronte alla concreta possibilità di "vedere" in tempo reale la formazione di particelle metalliche e non, all'interno dell'olio in circolo; mediante analisi assolute e di trend, è quindi possibile controllare l'evoluzione numerica e dimensionale di tali particelle, costruendo ipotesi di lavoro realistiche, per monitorare in maniera efficace le eventuali modalità di usura in atto.

Lo strumento è estremamente compatto, diremmo anche elegante nel design; di uso assai facilitato, non richiede calibrazioni successive al collaudo.

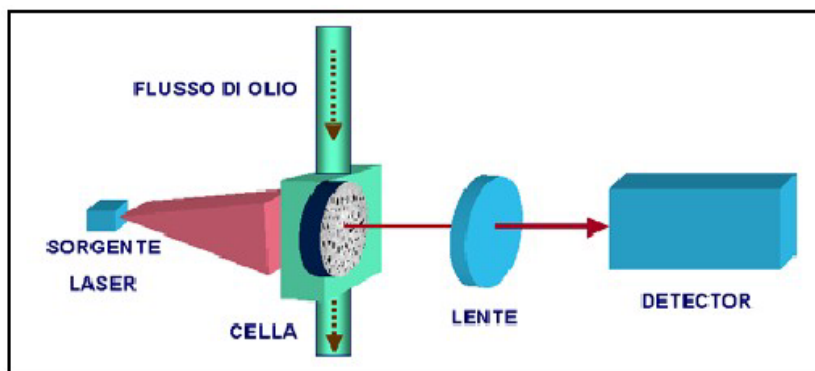


Figura 5 – Schema del Laser Net Fines

Il vantaggio nell'impiego quotidiano è innegabile, dato che il suo potere di risoluzione, e conseguentemente di analisi è intrinseco al sistema e dipende dalle dimensioni della cella di flusso, moltiplicati per la risoluzione del sistema ottico, costituito da lenti/telecamera.

Per processare un campione di olio (volume richiesto, 10 cc) occorrono circa 3 minuti; dall'analisi si ottiene una vasta massa di dati, raccolti in varie icone, sinteticamente riconducibili ai differenti sistemi di codifica esistenti nel mondo.

Oltre agli outputs numerici si possono visualizzare le particelle presenti nel campione, le cui dimensioni eccedano i 20 micron (una misura che per convenzione si pone come confine alla "zona allarme").

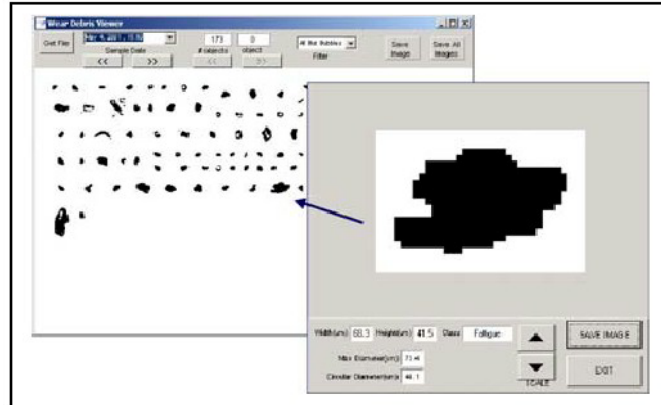


Figura 6 – Immagine del articolato presente nel campione

Una tale massa di informazioni, se gestita in maniera accorta, consente di superare il gap esistente tra un dato analitico molto spesso scarno (con difficoltà di comprensione da parte dei non specialisti), fornendo in tempi rapidi ed a costi contenuti, tangibili informazioni sul vero "stato di salute" dei propri macchinari.

## Bibliografia

- G. Adriani, *Manutenzione predittiva nell'industria chimica: un esempio di approccio*, ICP, Febbraio 2001, pp. 38-41.
- G. Adriani, S. Francalanci, *Applicazione della tribologia nella gestione d'impianti industriali*, Manutenzione, Marzo 2000, pp. 53-56.
- D.P. Anderson *A Quantitative Method for the Determination of Large Particles in Lubricating Oil Samples Using ICP Spectrometry*, 1989 Condition Monitoring and Preventive Maintenance Conference
- D. Babbo, *La prognostica nei sistemi complessi: aspetti metodologici e applicativi*, Università di Roma, "La Sapienza" 1999
- H. P. Bloch, *Practical Lubrication for Industrial Facilities*, The Fairmont Press Inc., Lilburn, Georgia, 2000.
- E. C. Fitch, *Proactive Maintenance*, FES Inc., Stillwater, Oklahoma, 1992.
- L. Furlanetto, *Manuale di manutenzione degli impianti industriali e servizi*, FrancoAngeli, Milano, 1998.
- P. Fusarpoli-M. Ciabini-F. Ulivi, *L'Ingegneria di manutenzione dell'Unità Tecnologie del Materiale Rotabile, come fattore strategico in ambito Trenitalia*, Convegno AIMAN, Sistema Trasporti su Gomma e Rotaia, Milano, 27 Novembre, 2002.