

Manutenzione Predittiva in Aziende ceramiche

Giuseppe Adriani – Mecoil Diagnosi Meccaniche, Firenze

Sommario

Anche le macchine richiedono cure _____	4
La storia delle macchine si conserva sottoforma di infinitesimali trasformazioni dell'olio, sono segnali deboli, ma la valutazione di questi dati analitici consente di formulare precise diagnosi sullo stato di salute dei principali componenti. _____	4
Oli lubrificanti _____	7
L'olio svolge molte funzioni all'interno delle macchine: il raffreddamento, la lubrificazione, la rimozione di polveri e la protezione delle superfici metalliche dagli agenti ossidanti, pertanto è un componente vitale per le macchine in ogni industria moderna. _____	7
Test di riferimento _____	13
Test di riferimento ASTM e ISO, Test comparativi, Test innovativi _____	13
Bibliografia _____	17

Milano, 15-16 Settembre 2004

Riassunto

Le aziende coinvolte nel settore ceramico sono tra quelle che hanno subito in periodi relativamente brevi le trasformazioni più profonde.

La grande maggioranza dei gruppi attualmente operanti nel campo delle piastrelle per pavimenti e rivestimenti ceramici, è frutto dell'aggregazioni di piccole industrie operanti sin dalla prima metà degli anni '70, a livello di comprensorio.

Le fasi produttive di quell'epoca si basavano sullo stampo o trafilatura di pezzi in argilla essenzialmente in "pasta rossa", che una volta cotti venivano consegnati alla smalteria per la fase di decoro.

Si trattava di prodotti in "bicottura" dove la manualità ed una residua artigianalità risultavano preponderanti. I forni a muffola, poi sostituiti dai "tunnel", sfornavano quantità pur sempre limitate di prodotto, con contenuti prevalentemente artistici.

Poi con gli anni '80 si è passati alla monocottura, con la fase indispensabile di essiccazione ed atomizzazione dell'impasto (inizialmente si lavoravano argille rosse, per poi prediligere sempre più il caolino o "pasta bianca") a monte del processo.

Presse idrauliche sempre più grandi hanno permesso lo sviluppo di formati davvero ragguardevoli, mentre i forni a rulli consentono la perfetta cottura degli smalti, in tempi estremamente rapidi.

Il mercato ha richiesto, per gli enormi spazi coperti dei centri commerciali in crescita ovunque nel mondo, piastrelle di grande formato, con requisiti di durezza e robustezza superficiale inimmaginabili solo venti anni addietro!

Per raggiungere simili traguardi commerciali, entro budget di spesa contenuti, si è provveduto a rinnovare più volte il sistema produttivo, aggiungendo o sostituendo in tempi brevi gran parte del parco macchine esistente in azienda.

Le macchine che oggi troviamo in funzione in un moderno complesso industriale del comprensorio ceramico di Sassuolo, sono prevalentemente automatizzate, con grande presenza di robot e linee di produzione a controllo remoto.

Ciò prevede un grande consumo di aria pulita (per i sistemi pneumatici) fornita da parchi di compressori (per lo più macchine

rotative che operano 24h/24) ed energia in generale, per far fronte alle necessità degli enormi mulini e delle presse necessarie per la realizzazione dei manufatti.

Per ovviare alle carenze della rete Enel, molte ceramiche si sono dotate di centrali di cogenerazione, con installazione di turbine aeroderivate, che uniscono i vantaggi dell'autonomia elettrica alla disponibilità di grandi quantità di vapore e calore per la produzione.

Quindi ciò che un tempo non molto lontano sembrava appannaggio dell'uomo, del "maestro ceramista" in grado di capire da un insieme di tanti segnali se e come era il momento di rimuovere la chiusura della muffola, diventa un impulso scatenato da un microprocessore, che risente delle temperature registrate online da una miriade di termocopie, e decide se indirizzare un determinato prodotto verso l'area "A", piuttosto che l'area "B".

Grande risparmio di mano d'opera, per migliaia di metri quadrati sfornati giornalmente!

Anche le macchine richiedono cure

La storia delle macchine si conserva sottoforma di infinitesimali trasformazioni dell'olio, sono segnali deboli, ma la valutazione di questi dati analitici consente di formulare precise diagnosi sullo stato di salute dei principali componenti.

In una moderna industria ceramica sono presenti una moltitudine di specie di macchine; alcune, particolarmente complesse, risultano il frutto delle personalizzazioni richieste dalla specificità del processo in corso.

Si possono comunque ricondurre ad alcune categorie principali, tra queste troviamo: Compressori (rotativi od alternativi), Riduttori (collegati ad agitatori, estrusori, o semplici rinvii) Turbine e Pompe per vuoto, oltre alle Centraline e grandi Presse oleodinamiche per lo stampaggio.

Tutte queste macchine sono lubrificate attraverso circuiti più o meno complessi, con sistemi a sbattimento, o sottopressione, con o senza filtrazione.

La storia di queste macchine rimane confinata all'interno di ognuna, e si conserva sottoforma di quelle infinitesimali trasformazioni che l'olio subisce, mentre giornalmente ne lubrifica tutti i più reconditi meandri.

Sono segnali deboli, talvolta appena rilevabili, mediante strumentazioni molto sofisticate, in grado di apprezzare pochi p.p.m. di metalli (parti per milione o grammi su Tonnellata di olio) o il Codice ISO/NAS di contaminazione.

La valutazione di questi dati analitici - in assoluto, o come variazione percentuale nel tempo, il cosiddetto trend - consente di formulare precise diagnosi sullo stato di salute dei principali componenti, e permette di decidere con notevole tempismo, come e quando intervenire per cautelarsi dall'insorgere di un danno meccanico.

Il parallelo con la fisiologia umana e le molteplici funzioni svolte dal sangue circolante è molto evidente.

Così come risulta indispensabile per un serio progetto di medicina preventiva, il far ricorso alla diagnostica clinica, altrettanto essenziali divengono le risultanze analitiche che scaturiscono da un campione di olio sottoposto ai controlli tribologici di routine, per poter prendere tutte quelle decisioni correttive realmente necessarie per la manutenzione corrente.

In fase di rodaggio ed assestamento, dopo una brusca impennata iniziale, i parametri relativi al rilascio di particolato metallico decrementano, fino ai limiti fisiologici.

Ben diversa è la situazione che si prospetta all'approssimarsi di un guasto meccanico. Grazie ad alcuni indici alterati, è possibile formulare una precisa diagnosi sulla vita utile residua del macchinario e del lubrificante oggetto di indagine.

Per ogni tipologia di componente del ciclo produttivo, esistono specifici segnali analitici, da monitorare con attenzione, proprio per indirizzare al meglio l'intervento di prevenzione.

Tutti i compressori sono estremamente sensibili alla contaminazione da acqua. È sufficiente una minima quantità, poche centinaia di ppm di acqua nell'olio circolante, per causare emulsioni e morchie, con possibili ostruzioni nel circuito di lubrificazione, e danneggiamenti di bronzine e

cuscinetti. In tali casi, il danno meccanico (come ultimo e più evidente risultato, purtroppo) non è altro che una conseguenza inevitabile della scarsa cura prestata ai famosi segnali deboli che l'olio sarebbe stato in grado di trasmetterci con ampio margine d'anticipo.

La temperatura di esercizio troppo elevata compromette la durata della carica di lubrificante; nei motoriduttori è importante eseguire una verifica delle temperature dei principali componenti, magari con una semplice termografia.

Dato lo scarso volume di olio in gioco, talvolta la sua degradazione procede in maniera molto accelerata, innescando fenomeni ossidativi, che ne compromettono la lubrificabilità.

Nei diesel di emergenza, o comunque in tutti i generatori endotermici, in molti casi sottoposti per motivi di sicurezza a frequenti avviamenti, con scarso o nullo carico, si osservano fenomeni di decremento di Viscosità, collegati agli inevitabili trafileggi di combustibile.

Paradossalmente, quando viene sottoposto a questi cicli di impiego sporadici, l'olio invecchia e si denatura più in fretta che nell'uso gravoso ma continuativo, in vista del quale vengono progettati i motori diesel ed i lubrificanti per questi formulati.

Se non vengono presi provvedimenti, quali talvolta la sostituzione della carica totale (nel caso in cui questa raggiunga una Viscosità inferiore del 30% rispetto a quella nominale, in conseguenza di una contaminazione da combustibile a livelli del 3.0 o 4.0%) si rischia il danneggiamento della macchina per grippaggi in fase di avviamento, con grave rischio di incendio (per la diminuzione del Punto di Infiammabilità dell'olio) proprio quando questi generatori di emergenza debbono dare il meglio di sé!

Nei meccanismi con raffreddamento ad acqua, la presenza di Sodio, Boro, Silicio, rilevabile mediante spettroscopia, permette di diagnosticare con ampio margine di sicurezza l'insorgere di problemi a carico del circuito di raffreddamento e scambiatori di calore; in molti sistemi complessi l'acqua che trafila, data l'alta temperatura del lubrificante, evapora rapidamente, ma lascia comunque tracce del suo passaggio, sottoforma di residui salini.

Un'ispezione dei "fasci tubieri" in questa fase precoce, non rileva altro che minuscoli crateri per corrosioni galvaniche o cedimenti di eventuali orings; siamo ancora ben lontani da un probabile devastante allagamento e possiamo correggere con poca spesa queste piccole anomalie, ripristinando la completa efficienza dell'insieme.

Sono quindi molteplici le tipologie di esame a cui viene sottoposto il campione di olio, mentre nel laboratorio di diagnosi meccaniche Mecoil, si provvede a "dissezionare" il fluido, alla ricerca dei segnali più utili per il Cliente; l'incrocio tra esami complementari, assieme alla conoscenza storica, patrimonio del Manutentore, è in grado di risolvere la grande maggioranza dei problemi tecnici di un impianto.

Le tipologie di macchine coinvolte a vari livelli nella produzione ceramica si possono raggruppare come appartenenti a quattro grossi reparti: il "crudo", con la preparazione dell'impasto (atomizzato) e dei pigmenti/smalti, che poi confluiscono verso le presse, mediante tramogge. La smalteria. La zona cottura attraverso i forni rapidi a rulli. La scelta ed immagazzinamento del prodotto finito che nelle aziende più moderne è automatizzato.

Mecoil Diagnosi Meccaniche ha già avuto la possibilità di fornire utili indicazioni gestionali ai responsabili della manutenzione delle macchine coinvolte nella prima parte del processo. Le nostre analisi tribologiche degli oli lubrificanti, integrate con altri sistemi diagnostici precoci, si sono rivelate assai preziose per mantenere al meglio:

- **Compressori;** (con indicazioni su come è meglio gestire le cariche di olio e filtri, a fronte di elevati livelli di contaminazione ambientale).

- **Turbine delle centrali di cogenerazione;** (sono in genere di macchine aeroderivate, sottoposte a cicli produttivi molto onerosi; opportuno valutare il degrado delle cariche, con ampio margine di anticipo, per evitare la formazione di lacche o principi di usura a carico dei cuscinetti).
- **Riduttori di mulini ed estrusori;** (trattandosi di macchine sottoposte a carichi disomogenei, in ambienti molto contaminati, si rilevano spesso fenomeni di usura a carico degli ingranaggi, che se presi per tempo possono essere ben arginati).
- **Presse idrauliche;** (siamo in presenza di macchine di grandi dimensioni, con cariche di fluido oleodinamico importanti. La presenza di polveri abrasive ambientali si riflette negativamente sulla durata dei componenti meccanici. Talvolta un semplice intervento di filtrazione off-line delle cariche può raddoppiare la vita utile dei meccanismi e dell'olio).

Oli lubrificanti

L'olio svolge molte funzioni all'interno delle macchine: il raffreddamento, la lubrificazione, la rimozione di polveri e la protezione delle superfici metalliche dagli agenti ossidanti, pertanto è un componente vitale per le macchine in ogni industria moderna.

Per definizione l'olio è una miscela di molecole appartenenti alla famiglia delle paraffine, di peso molecolare medio alto.

E' per sua natura un fluido non miscibile con l'acqua, a differenza di questa leggermente comprimibile, mentre le sue caratteristiche chimico/fisiche sono legate alla formulazione caratteristica.

Può comunque soppiantare l'acqua in diverse funzioni meccaniche, quali ad esempio il trasferimento di energia termica o meccanica; non a caso si parla ancora spesso di sistemi idraulici, quando quasi ovunque un olio molto fluido, o miscele a base di glicole, hanno sostituito l'acqua nei sistemi più propriamente definiti oleodinamici.

Le molte funzioni che l'olio svolge all'interno di un "sistema macchina" quali il raffreddamento, la lubrificazione, la rimozione di polveri e la protezione delle superfici metalliche dagli agenti ossidanti, lo rendono un componente vitale per le macchine in ogni industria moderna.

Paradossalmente l'olio usato, ai fini della Prognostica, non è più solo uno scomodo fluido di cui devo provvedere allo smaltimento, bensì un prezioso veicolo d'informazioni sullo stato di salute dei componenti meccanici lubrificati, anche i più reconditi.

Per convezione si suole dire che l'intero mondo industriale poggia su di un film di olio non superiore ai 10 micron di spessore. Oggi sappiamo che la vita operativa di questo microscopico velo lubrificante può avere durata quasi illimitata, se gestito in maniera appropriata.

L'atteggiamento più diffuso, nei confronti del "problema lubrificanti" prevede di rifornirsi su piazza, secondo una tabella di riferimento del costruttore degli impianti, cercando di spuntare il prezzo migliore, per un prodotto tutto sommato "a perdere".

Se le specifiche previste (si tratta in genere di dare una semplice occhiata alla Viscosità nominale...) sono soddisfacenti, si provvede al suo reintegro, od alla sostituzione dell'intera carica, per poi attendere la data prevista per il successivo intervento.

Ciò che accade nell'intervallo, tranne un'occhiata ai livelli, non risulta degno di nota; ove necessario, si aggiunge quanto manca per ripristinare il fluido mancante, magari prelevandolo da un recipiente aperto, esposto agli agenti atmosferici (con possibile ingresso di acqua, polveri...) delegando la mansione a personale non qualificato.

Capita spesso di ottenere cocktails micidiali di oli idraulici, con altri prodotti magari non compatibili, creando tutti i presupposti di un potenziale danno meccanico da mancata lubrificazione.

Nelle industrie moderne, ove è prevista anche la figura del "Lubricista", è stata introdotta da poco la gestione degli oli, "su condizioni".

Non viene più ritenuto necessario provvedere alla intera sostituzione di ingenti volumi di lubrificante, se non in seguito all'alterazione di alcuni fondamentali dati chimico fisici, capaci di avvertire il gestore su quando e come è più opportuno intervenire.



Figura 1 – Tipologie di analisi di un fluido lubrificante

All'interno di una goccia d'olio si conservano tutte le informazioni, relative ai componenti da questa lubrificati.

Parametri da tenere sotto controllo in un olio lubrificante

Vediamo ora quali sono i parametri da tenere sotto controllo per costruire un programma di monitoraggio ottimale:

- Viscosità (come variazione % rispetto al dato nominale del fluido nuovo)
- Contaminazione da particolato solido (incremento della Classe ISO/NAS)
- Concentrazione di metalli da usura (variazione nel tempo, trend)
- Degradazione chimica-fisica dell'olio (confronto spettrale contro il fluido nuovo)
- Contaminazione da acqua (ponderazione del contenuto di H₂O in p.p.m.)
- TAN-TBN (determinazione della concentrazione di radicali acidi e basicità residua)

Variazioni della viscosità

La viscosità è l'attitudine che presenta un fluido a resistere al flusso.

Un olio ad alta viscosità, quindi, è in grado di separare meglio le superfici metalliche evitando che vengano tra loro in contatto, creando attriti dannosi; al tempo stesso un olio non deve essere troppo viscoso, altrimenti non riesce a penetrare negli spazi più sottili, specie nelle fasi più critiche, quali l'avviamento o i cicli transitori.

La viscosità di un lubrificante deve essere quindi selezionata in funzione della tipologia di macchina, la temperatura d'esercizio e l'onerosità d'impiego.

In generale la viscosità dipende dalla temperatura. Aumentando la temperatura a cui opera un fluido, si diminuisce la sua viscosità in quanto si formano polimeri e sottoprodotti d'ossidazione che cambiano le proprietà dell'olio.

La diminuzione di viscosità può risultare anche permanente nel caso in cui la temperatura troppo elevata venga mantenuta per un tempo prolungato. L'indice di viscosità di un olio indica quanto questo mantenga costante la viscosità al variare della temperatura.



Figura 2 – Tipo di lubrificazione

È senz'altro meglio, in caso d'impieghi onerosi, avere un olio con un alto indice di viscosità in quanto questo sarà meno suscettibile alle variazioni di temperatura.

La viscosità di un olio è influenzata, oltre che dalla temperatura, anche dalla presenza delle particelle, dalla sua formulazione chimica, dalla contaminazione da acqua, combustibile o di liquido refrigerante, tutti parametri che, come vedremo, sono utili per conoscere lo stato di salute di un olio e della macchina in cui esercisce.

La misura di questo parametro darà quindi informazioni utili, anche se indirette, sugli altri dati che ci interessano. La viscosità viene misurata da Mecoil con viscosimetri a capillare, secondo il metodo ASTM D445. È oggi possibile misurarla anche "sul campo" grazie al viscosimetro con capillare pneumatico ENTEC DVA.

Contaminazione da particolato solido.

Le polveri ambientali, ed i residui di lavorazione (tipo la sabbia, il caolino e le scorie della conchiglia di fusione) in genere assai ricchi di silice, e sono la principale causa d'usura e conseguentemente perdita di tenuta per i sistemi oleodinamici, ma non solo.

Un livello di contaminazione NAS 10 (per convenzione equivalente ad oltre 150.000 particelle >5 micron contenute in un volume di 100 ml di olio) abitualmente tollerato da parte dei responsabili dei controlli, significa, da un punto di vista pratico, sottoporre i componenti volventi (cuscinetti, ingranaggi) al transito di una quantità di "sporco" abrasivo pari a circa 90 Kg per ogni anno di esercizio.

Sono proprio le particelle di diametro compreso tra i 10 e i 15 micron approssimativamente simile a quello del lume attraversato dal fluido, ad essere le responsabili dei danni maggiori. Da un'approfondita indagine risulterebbe che circa l'80% dei danni procurati a cuscinetti deve essere ricondotta a problemi di contaminazione ambientale.

Riuscire a migliorare la pulizia di un sistema, passando da una Classe ISO/Nas, a quella inferiore, magari ricorrendo ad unità di filtrazione off-line, permette quasi di raddoppiare la vita utile del lubrificante e del macchinario.

Concentrazione dei metalli

L'analisi qualitativa e quantitativa dei metalli presenti nell'olio risulta fondamentale per valutare in fase molto precoce, l'eventuale usura anomala dei macchinari (manutenzione produttiva).

Vediamo di seguito le più comuni fonti di metalli in funzione della macchina in esame. Questa tecnica permette di eseguire in pochi secondi un'analisi completa ed accurata di più di 20 elementi contemporaneamente.

Gli spettrometri in generale non forniscono però un'analisi quantitativa per particelle metalliche di dimensioni maggiori di 10 μm e, soprattutto, non possono fornire indicazioni sui processi d'usura che li hanno generati (abrasione, corrosione, attrito radente o volvente).

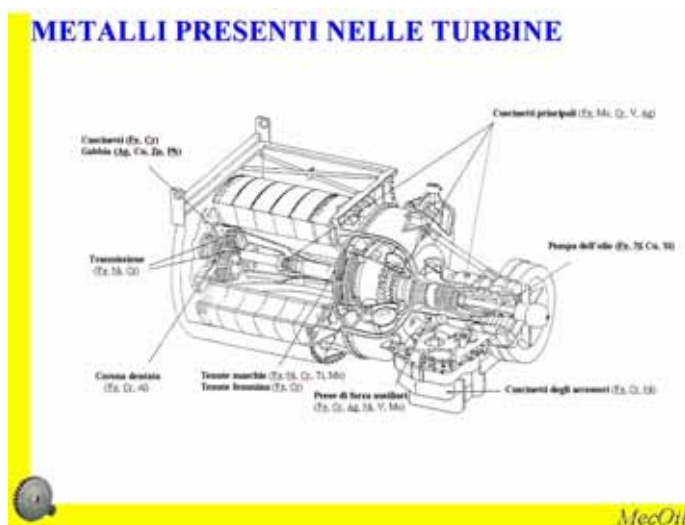


Figura 3 – Metalli presenti nelle turbine

Esiste una tecnica messa a punto da Spectro ITS che permette di sfruttare le qualità d'accuratezza e di semplicità d'analisi dello spettrometro ad emissione per la ricerca di particelle di dimensioni maggiori di 10 μm .

Questa tecnica prende il nome di RFS (Rotrode Filter Spectroscopy) e sfrutta il fatto che, essendo il disco di grafite poroso, esso può fungere da filtro se viene opportunamente predisposto un sistema sottovuoto.

Si filtra in questo modo una certa quantità d'olio, il che aumenta la sensibilità dell'analisi, si fa poi asciugare il disco e si ripete l'analisi spettroscopica utilizzando dell'olio standard o con lo 0 p.p.m.. Lo spettro d'emissione che si ottiene sarà dovuto esclusivamente alle particelle di dimensioni più grandi, rimaste "intrappolate" all'esterno del disco di grafite.

Nei casi in cui i valori del contaparticelle, dell'analisi RFS e l'insieme dei dati degli altri parametri misurati, indichino un processo d'usura, si può ricorrere all'analisi ferrografica.

In questo tipo d'analisi si fa scorrere il campione d'olio in un campo magnetico che blocca e allinea le particelle metalliche, soprattutto ferrose, su di un vetrino. Analizzando il vetrino con un microscopio ottico, è possibile risalire al processo d'usura in corso, descrivendo la forma e le dimensioni delle particelle metalliche.

Contaminazione da acqua

L'acqua è una molecola fortemente polare e come tale non miscibile con le paraffine (e gli oli in generale). La contaminazione da acqua, ha effetti negativi sia sul lubrificante, che sull'intero sistema. Tra questi i più evidenti:

- Nell'olio estrae e decompone gli additivi antiusura (ZDDP), formando acidi quali il solfidrico e solforico, alimenta la formazione della flora batterica, favorisce la formazione di schiume e l'ingresso/trattenimento dell'aria;
- Nelle macchine promuove l'aggressione chimica, ossidando le superfici metalliche; nei compressori frigo ottura le valvole formando ghiaccio. Diminuisce la durata dei filtri (specie quelli a carta).
- L'acqua presente nell'olio non è rilevabile ad occhio nudo, per quantità che in un lubrificante si aggirano intorno ai 500-600 p.p.m. (punto di saturazione). La presenza di particolari additivi può emulsionare quantità di acqua notevoli superiori a 10000 p.p.m.. A questo punto la presenza d'acqua è visibile in quanto l'olio diviene opaco. Quando la quantità d'acqua aumenta ulteriormente, le particelle si aggregano formando una fase distinta (libera), che si deposita in fondo al serbatoio del lubrificante.

La metodologia adottata da MECOIL di routine per l'analisi della composizione chimica dell'olio è la spettroscopia in infrarosso con trasformata di Fourier (FTIR).

Questo metodo (MET-MEC003) si basa sul concetto che le molecole di natura organica assorbono una radiazione elettromagnetica nel campo infrarosso ad una lunghezza d'onda caratteristica, in funzione della massa degli atomi, della forza dei legami chimici, della geometria della molecola, e dalla presenza di elementi quali Ossigeno, Azoto o Zolfo.

Con questa tecnica è possibile valutare il grado d'ossidazione, nitrurazione e solfatazione dell'olio, oltre che la contaminazione da acqua, da combustibile o da liquido refrigerante.

Rispetto ad altre tecniche d'analisi presenta il vantaggio di essere multiparametrica, richiede tempi di esecuzione molto brevi, senza l'utilizzo di reagenti chimici. Lo spettrometro FTIR funziona in assoluto o per un confronto con un campione d'olio originale.

È quindi fondamentale che tutti i dati riguardanti il lubrificante (marca, tipo, ore), siano forniti in modo accurato dal committente.

L'analisi FTIR può essere integrata, all'occorrenza, da due ulteriori tests quali l'acqua secondo Karl-Fischer e la misurazione dei numeri di neutralizzazione (TAN e TBN).

Il metodo di Karl-Fischer è una metodologia coulombometrica molto sensibile, utile per rilevare e quantificare l'acqua eventualmente presente in un campione d'olio lubrificante. Il contenuto di acqua viene espresso in peso (ppm).

Nell'istogramma si può notare come la presenza di particolari contaminanti e, soprattutto, l'azione combinata di questi, possa aumentare la velocità d'ossidazione dell'olio.

Si comprende come la vita di un olio possa essere notevolmente estesa mediante il controllo e la riduzione dei livelli d'acqua e di metalli da usura.



Figura 4 – Effetti di catalizzatori metallici ed acqua sull'ossidazione

Acidità e Basicità nei fluidi lubrificanti

Il numero di neutralizzazione indica la concentrazione di radicali acidi (total acid number TAN) o di basi (total base number TBN) presenti in un olio lubrificante; talvolta questi due parametri in netto contrasto tra di loro, a livello di soluzioni acquose, possono convivere in un olio.

La conoscenza del valore iniziale di TAN e TBN nell'olio nuovo fornisce utili indicazioni:

- Una diminuzione lenta del valore di TAN a partire dal valore iniziale dell'olio nuovo, indica una degradazione progressiva degli additivi antiossidanti e in particolar modo dello ZDDP. Quando quest'ultimo è completamente scomparso si ha un rapido aumento del valore di TAN, indice di un rapido aumento del grado d'ossidazione dell'olio base. Un valore di TAN superiore a 3, indica la presenza di una notevole quantità di radicali acidi, causa di corrosione accelerata per le superfici della macchina.
- Una diminuzione, del valore di TBN, indica che si sta esaurendo la riserva d'alcalinità, presente inizialmente nel fluido lubrificante, a causa della formazione di acidi sottoprodotto della combustione o per degradazione degli additivi. Il valore di TBN, in un'ottica di "condition monitoring", non dovrebbe mai comunque scendere al di sotto del 50% del titolo iniziale.

I numeri di neutralizzazione vengono misurati attraverso una semplice titolazione acido-base dell'olio utilizzando una soluzione alcolica d'idrossido di potassio (per il TAN) o d'acido cloridrico (per il TBN).

Test di riferimento

Test di riferimento ASTM e ISO, Test comparativi, Test innovativi

Esistono diverse tipologie di esami, inseriti in tabelle normative di riferimento, che possiamo dividere in test quantitativi "assoluti", in grado di riportare pesi e volumi di sostanze in gioco, e test relativi o di confronto, che esprimono in valori percentuali lo scostamento del campione dal valore dell'olio nuovo, preso come riferimento.

Test di riferimento ASTM e ISO

Tra i metodi assoluti, più noti, possiamo elencare:

- **Viscosità:** (ASTM D445) un esame ben conosciuto, in cui entrano in gioco capillari tarati ed il tempo di scorrimento del campione. È uno degli elementi chiave da valutare, per comprendere la lubricità residua.
- **Pour Point:** (ASTM D97) punto di scorrimento; fa riferimento alla T°C minima a cui l'olio è ancora in grado di fluire. Si può collegare con la classificazione SAE in relazione agli oli multigradi.
- **Flash Point:** (ASTM D3828) punto di infiammabilità. Indica la T°C a cui un determinato lubrificante tende ad infiammarsi. Il test può essere condotto con "vaso aperto" o "vaso chiuso". È preferibile, nel caso degli oli usati impiegare il secondo metodo; indica, per confronto con il fluido nuovo, il diminuire della temperatura a cui il prodotto si infiamma. Può essere percentualmente correlato con la presenza di contaminanti, quali benzina o gasolio, trafilati in coppa. In alcuni lubrificanti di nuova generazione, assai fluidi, in cui l'infiammabilità è comunque bassa, risulta un esame dalle risposte talvolta dubbie.
- **Morchie e Lacche precipitabili:** (ASTM D893) permette di valutare la presenza di elementi derivati dalla combustione, sotto forma di polimeri ed aggregati, che trafilano in coppa, per effetto di sollecitazioni meccaniche e termiche del lubrificante ("blowby" nei motori diesel). Si separano mediante solventi volatili, e quindi si valutano in peso o percentuale. È un esame oneroso e richiede l'impiego di sostanze nocive; da preferire, nella routine, la contaparticellare ISO 4406.
- **H2O Karl Fischer:** (ASTM D1744) test finalizzato alla determinazione del contenuto in peso di acqua (ppm) in olio; è fondamentale per monitorare le cariche delle turbine o sistemi oleodinamici critici. È una metodica estremamente precisa, ma i risultati possono assai facilmente essere falsati dalla presenza di additivi polari; non indicato l'uso nel caso di oli diesel con alto TBN e fuliggini o morchie in sospensione.
- **Contaparticelle:** (ISO 4406) l'esame consiste nel contare, mediante interferenza di un raggio laser, il particolato sospeso all'interno di un determinato quantitativo di fluido lubrificante. Fornisce il numero totale, il raggruppamento per classi dimensionali, i codici ISO e NAS di contaminazione. Vantaggi: molto accurato con particelle anche piccole <5μ. Punti deboli: facilmente "ingannato" dalla presenza di bolle d'aria, o gocce d'acqua. Il raggio laser non attraversa fluidi opachi o scuri, in particolare oli diesel usati.

Test comparativi

Esiste la possibilità di effettuare dei test comparativi (di trend e confronto con il fluido nuovo) da eseguire secondo cadenze programmate, in maniera da inserire i dati ricavati all'interno di un

diagramma, finalizzando il tutto alla valutazione del degrado del potere lubrificante, oltre alla usura del meccanismo e/o efficacia della combustione.

Oltre ai test assoluti sopra elencati, la Mecoil raccomanda, per valutare sia lo stato dell'olio che l'efficienza del motore, i seguenti test comparativi:

- Spettrometria RDE (ASTM D6595), utile principalmente per una valutazione elementare dei metalli e degli additivi, al fine di individuare per tempo l'inizio di fenomeni di usura. Inoltre, l'identificazione in tempi rapidi della presenza di sostanze contaminanti (come Sodio, Boro, Silicio), permette di intervenire in maniera mirata, evitando di utilizzare motori con trafilaggi di liquido refrigerante, in sede di testate o scambiatori di calore.
- Parametri chimico-fisici (MET-MEC 011), per valutare il degrado degli additivi, e la formazione di radicali acidi (Ossidazione, Nitrificazione, Solfatazione...) e la presenza di Acqua, come % volume
- Viscosità (MET-MEC 007) mediante viscosimetro capillare pneumatico, per valutare la viscosità relativa in cSt/40°C.
- SOOT/Fuliggini (MET-MEC 011), per valutare l'efficienza della combustione e la formazione di morchie ed insolubili; si esprime in percentuale di attenuazione nello spettro IR, rispetto all'olio nuovo di riferimento.
- Gravitometria/Codice ISO (MET-MEC 006), contaparticelle meccanico a decadimento di flusso. I risultati non vengono compromessi dal passaggio di oli molto pigmentati o "neri" (per presenza di fuliggini).

Test innovativi

Negli ultimi anni, l'evolversi della tecnologia ha richiesto un più efficace livello di sicurezza. Prima incentivato dal JOAP Joint Anal. Program (Programma di Controlli interforze della Difesa Americana), ed in seguito anche dalle piccole e grandi industrie, ha reso più pressanti richieste per tecniche manutentive sempre più evolute, per un'efficace utilizzo dei macchinari e per la sicurezza stessa del lavoratore.

A questo scopo la Spectro, in collaborazione con la L. Martin, ha portato avanti un progetto che coniuga i dati del contaparticelle, integrandoli con lo studio morfologico del particolato stesso (Ferrografia).

Il LaserNet Fines (LNF), ormai in uso da diversi anni in America, è il risultato di un accurato studio di "imaging technology", che combina il classica conteggio del particolato con l'analisi ferrografica su vetrino.

Il LNF processa ed immagazzina migliaia di immagini, per ottenere una buona significatività statistica. Le particelle vengono misurate direttamente e suddivise in classi particellari (5-15 µm, 15-25 µm, 25-50 µm, >50 µm).

Il principio di funzionamento è basato sulla rilevazione diretta delle immagini del particolato.

A differenza dei comuni contaparticelle laser, le bolle d'aria possono essere ignorate ed il fascio laser pulsante è talmente potente da poter analizzare oli pigmentati, o con elevati contenuti di fuliggine (provenienti da motori diesel).



Figura 5 – Particolato presente nel lubrificante

Un'altra caratteristica del LNF è la capacità di riconoscere la forma di tutte le particelle più grandi di 20 μm , attraverso l'uso di un algoritmo a rete neurale.

L'algoritmo suddivide le particelle in 4 categorie, riconducibili alle principali categorie di usura, da "taglio, fatica, delaminazioni, ossidi".

Il software per il riconoscimento morfologico esclude sia le bolle d'aria che le gocce di acqua. Si tratta di un'autentica rivoluzione, nel campo della diagnostica precoce del danno, svincolata da tests di natura soggettiva, con elevata riproducibilità e restituzione grafica delle immagini, per il controllo ispettivo del trend.

Conclusioni

Per intervenire su di una simile varietà di macchinari (Compressori, Pompe, Sistemi oleodinamici, tra cui in particolare Presse di dimensioni enormi), facenti parte del patrimonio di un'azienda ceramica moderna, in un'ottica di risparmio gestionale, occorre poter integrare le competenze di varie discipline diagnostiche legate al mondo della "Predittiva" tra cui Vibrazioni, SPM, Analisi olio e Termografia, mediante un sistema informatico duttile ed "esperto".

Oggi è disponibile "www.permantenere.it" un contenitore di informazioni diagnostiche in tempo reale, in grado di dialogare col Manutentore, indirizzando le scelte strategiche, secondo le oggettive condizioni operative dei macchinari.

Non più quindi singole analisi talvolta slegate dal contesto, ma efficaci sintesi, per scegliere dove e quando è opportuno intervenire.

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.
- 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.
- A. Maciga, *Sistemi di monitoraggio, di diagnostica e controlli non distruttivi*, Gestire la Manutenzione Produttiva, SDA Bocconi, Milano, 13-15 Marzo 2000.
- D. D. Troyer, "Lubricant Condition Monitoring: A Proactive, Reliability Driven Approach", International Maintenance Management Conference, Melbourne, Australia, August 27-28 1996.
- J.E. Tucker, J. Reintjes, T.L. McClellan, M.D. Duncan, alias "Laser Net Fines Optical Debris Monitor" 1998 JOAP International Condition Monitoring Conference,