



Il consulente per l'olio



Il sinonimo per manutenzione degli olio

Indice

Indice	Pag.	Indice	Pag.
Introduzione - Le misure per la cura dell'olio necessarie, perché ...	2	Viscosità - metodi di test	26
1° capitolo: Tipologie di contaminazioni, cause e conseguenze	3	Contenuto di acqua - metodi di test	27
Misure preventive	3	Valutazione visiva	27
Particelle solide nell'olio	4	Metodo Karl-Fischer	27
Test McPherson	4	Prolungare la durata dei componenti tramite riduzione del contenuto di acqua	28
Lo spessore della pellicola d'olio	5	Indice di acidità / di basicità - metodi di test	29
Le tipologie di usura più frequenti provocate dalla presenza di particelle nell'olio	6	Altre importanti possibilità di analisi	30
Acqua nell'olio	7	Analisi elementi	30
Limiti di saturazione di vari oli idraulici e lubrificanti	8	Indice PQ	31
Le tipologie di usura più frequenti provocate dalla presenza di acqua nell'olio	8	Test MPC	32
Prodotti di invecchiamento nell'olio	10	RULER	33
Acidi nell'olio	11	Proprietà di separazione dell'acqua	33
Aria nell'olio	12	Proprietà di separazione dell'aria	33
2° capitolo: Prelevare correttamente i campioni di olio	14	Comportamento schiumogeno	33
Campioni di olio	14	Additivi	34
Prelievo del campione	15	4° capitolo: Tipologie di filtrazione per la rimozione di contaminazioni	36
Prelievo del campione dal flusso principale	15	Filtrazione flusso principale e secondario (filtro per flusso di aspirazione, flusso di pressione, di ritorno, di bypass, secondario)	36
Prelievo del campione dal serbatoio del sistema	16	Filtrazione flusso principale e secondario confronto	37
Prelievo del campione da un filtro di flusso secondario	16	Metodi per la separazione di acqua	39
Documento di accompagnamento del campione	17	Metodi per i prodotti di invecchiamento	41
3° capitolo: Analizzare e valutare i campioni di olio	18	Metodi per la neutralizzazione di acidi	43
Analisi dell'olio	18	Valutare efficienza filtrante o grado di separazione	44
Contenuto di particelle - metodi di test	19	- Test Multipass	44
Procedura gravimetrica	19	Finezza filtro assoluta e nominale	46
Conteggio microscopico delle particelle	19	Capacità di trattenimento dello sporco	46
Conteggio automatico delle particelle	20	5° capitolo: Particolarità per tipi speciali di olio	48
Contenuto di particelle - sistemi di classificazione	21	Liquidi idraulici difficilmente (HFA, HFB, HFC, HFD)	48
Classificazione a norma ISO 4406	21	EAL / Oli biodegradabili	50
Classificazione a norma SAE AS 4059	22	Oli isolanti	50
Classificazione a norma NAS 1638	23	6° capitolo: Gestione di oli	51
Differenze tra ISO 4406, SAE AS 4059 e NAS 1638	23	Aspetti importanti per la gestione di oli	51
Classificazione delle classi di purezza	24	Gestione responsabile dell'ambiente	52
Prolungare la durata dei componenti di sistema tramite riduzione delle particelle	25	7° capitolo: Glossario	53

Si vieta la diffusione delle immagini senza autorizzazione delle fonti di provenienza.

Introduzione

Le norme per la cura dell'olio sono necessarie,

perché quasi l'80 % dei costi di riparazione e manutenzione è riconducibile ai liquidi di esercizio contaminati. Ciò è dimostrato dalle indagini indipendenti su sistemi con oli idraulici e lubrificanti (fonte: Noria Corporation/ Oelcheck / SKF).

Conseguenze delle contaminazioni nell'olio:

- Alcune contaminazioni quali presenza di particelle, acqua, prodotti di invecchiamento dell'olio e acidi modificano la proprietà dell'olio e ne compromettono le caratteristiche, quali: trasmissione di energia o forza, capacità lubrificante, potenza refrigerante, protezione dalla corrosione, protezione dall'usura, proprietà di separazione dell'acqua e dell'aria.
- Acqua e particelle (per es. ferro, rame e alluminio) accelerano l'invecchiamento dell'olio e il consumo di additivi.
- La durata dell'olio si riduce e sono necessarie frequenti sostituzioni dello stesso.
- L'usura dei componenti della macchina aumenta e può provocare gravi danni.
- I guasti improvvisi e i tempi di fermo delle macchine provocano una riduzione della stabilità del processo e il calo della produzione.
- L'aumento dei costi a causa di tempi di fermo macchina, le riparazioni e le sostituzioni dell'olio, ecc. riducono il margine di contribuzione e i rendimenti.
- Spreco delle risorse e maggiore sollecitazione ambientale dovuti
 - a) al maggior fabbisogno di olio nuovo, di pezzi di ricambio e di mezzi di esercizio, ma anche di energia necessaria per la produzione.
 - b) all'aumento delle emissioni di CO₂, in quanto per lo smaltimento termico di 1 litro di olio esausto si formano ca. 2,6 kg di gas serra nocivi.

Ogni macchina in cui la trasmissione della forza, la lubrificazione o la combustione avviene tramite l'azione dell'olio è dipendente dalle condizioni dell'olio stesso. L'olio giunge in contatto con componenti di sistema sensibili e pertanto deve essere considerato il componente più importante, proprio come accade per il sangue nel corpo umano.

1

Tipologie di contaminazioni, cause e conseguenze

Misure preventive

Per contrastare l'aumento delle contaminazioni e dunque degli effetti negativi, si consiglia di minimizzare la presenza delle contaminazioni stesse nel sistema di lubrificazione. Di seguito si riportano alcuni suggerimenti preziosi:

- Conservazione dell'olio in contenitori chiusi e in ambienti idonei
- Lavaggio del sistema di lubrificazione prima della messa in funzione
- Filtrazione accurata dell'olio prima del riempimento nel relativo sistema, l'olio nuovo spesso non soddisfa la purezza dell'olio richiesta (finezza filtro di 3 micrometri (μm) consigliato ► $1 \mu\text{m} = 1/1000 \text{ mm}$)
- In fase di installazione e sostituzione di componenti macchina, controllare che siano puliti.
- Individuare potenziali fonti di contaminazione, quali per es. perdite, mancanza di tenuta e ventilazioni dei serbatoi senza filtro.
- Se si passa all'uso di un altro tipo di olio, svuotare, lavare completamente e pulire con cura il sistema di lubrificazione e il serbatoio.

Una volta che i contaminanti sono giunti nel sistema di lubrificazione, possono essere rimossi soltanto tramite un metodo efficace per la cura dell'olio.

Particelle solide nell'olio

Le particelle solide sono la causa più frequente di guasti e anomalie nel sistema di lubrificazione.

Non si può evitare la contaminazione di particelle ma può la si può limitare. Le particelle solide sono per es. particelle di polvere, sabbia, metalli e plastica che giungono dall'esterno nel sistema di lubrificazione o che possono formarsi anche all'interno del sistema stesso.

Fonti: Produzione di componenti, montaggio, olio nuovo (fino a 100 ml particolato/fusto da 200 litri), ambiente, ventilazione, procedure di rabbocco, manutenzione e riparazione, esercizio (usura, prodotti di reazione dovuti per es. ai processi di combustione)

Alcune misurazioni come il test MacPherson mostrano chiaramente che soprattutto le particelle < 5 µm possono avere un effetto molto dannoso sui componenti del sistema. Proprio la concentrazione di tali particelle sottili nell'olio è molto elevata. Nei sistemi di lubrificazione mediamente sollecitati è presente la seguente suddivisione delle particelle (vedere fig. 1):

- ca. il 75 % delle particelle è compreso tra 1 - 5 µm

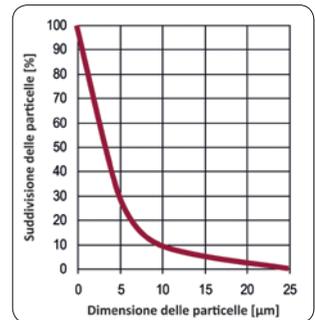


Fig. 1: Suddivisione per dimensioni delle particelle

Il Test MacPherson:

Il grafico si basa su un test effettuato su 10 cuscinetti a sfera. Il lubrificante è stato sollecitato in modo controllato con l'attrito provocato da un ingranaggio. Sono stati sottoposti a test i filtri con varie unità filtranti ed è stato provato il relativo effetto sulla durata del cuscinetto a sfera (vedere fig. 2).

Il test di MacPherson mostra in modo chiaro che la rimozione di particelle ≤ 10 µm raddoppia la durata del cuscinetto e la rimozione di particelle ≤ 3 µm prolunga di quasi 6 volte la durata dello stesso. Il filtraggio molto accurato, prolunga la durata.

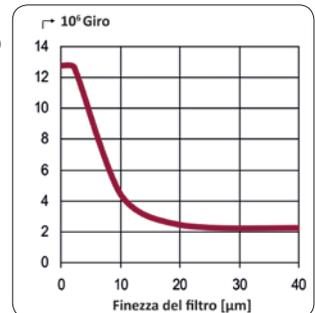


Fig. 2: Grafico di MacPherson

1

Tipologie di contaminazioni, cause e conseguenze

Lo spessore della pellicola d'olio:

I sistemi lubrificanti lavorano con dimensioni di spazio che rientrano nell'intervallo dei micrometri. Le tolleranze dinamiche in un sistema lubrificante sono estremamente rigorose. In alcuni sistemi (vedere fig. 3, esempio di albero) le forze agenti provocano un'ulteriore restringimento delle dimensioni dello spazio. In particolare le particelle che hanno dimensioni uguali o simili al meato, provocano l'usura e di conseguenza dei guasti alla macchina. Già alcune particelle abrasive molto piccole quali sabbia o polvere che penetrano nel sistema e attraverso l'olio vengono trasportate ai componenti critici della macchina, possono restare incastrate nello spazio ristretto tra le parti mobili. Si possono formare delle micro-fratture superficiali che si dilatano ulteriormente in presenza di sollecitazione sotto la superficie e provocano asportazione del materiale e frattura comminuta (abrasione, usura da fatica).

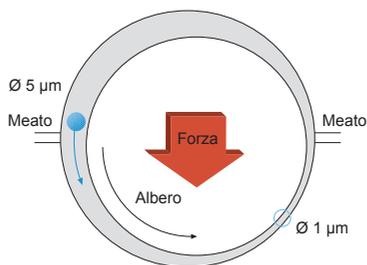
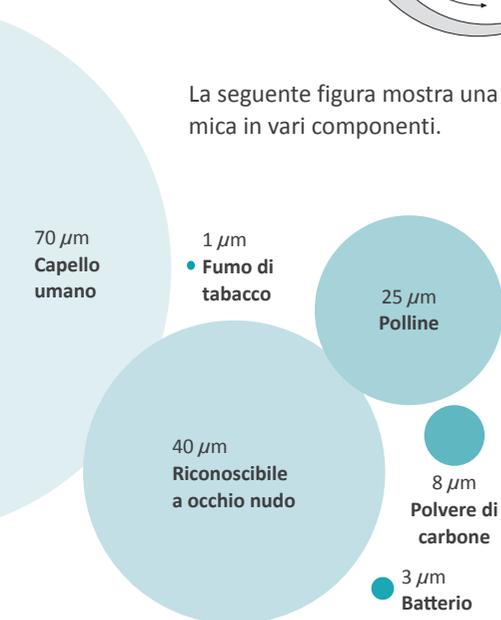


Fig. 3: Pellicola d'olio dinamica di un albero con spessore variabile dovuto alla forza agente
Fonte: Noria Corporation

La seguente figura mostra una panoramica dello spessore della pellicola d'olio dinamica in vari componenti.



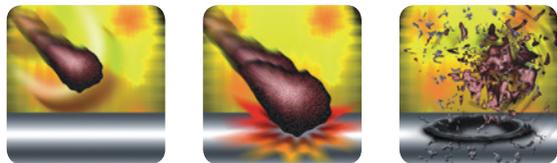
Componenti	Spessore pellicola d'olio [µm]
Cuscinetto portante e cuscinetto radiale	0,5 - 100
Cilindro idraulico	5 - 50
Motori, anelli / cilindri	0,3 - 7
Servovalvole e valvole proporzionali	1 - 3
Pompe	0,5 - 5
Cuscinetti a rulli e a sfera	0,1 - 3
Ingranaggi	0,1 - 1
Guarnizioni dinamiche	0,05 - 0,5

1 micrometro (µm) = 1/1000 mm

Le tipologie di usura più comuni provocate dalla presenza di particelle nell'olio:

Effetto sabbatura

Le particelle sottili presenti negli oli che scorrono rapidamente si posano sulle superfici o sui bordi di controllo e provocano la rottura di altri componenti.



Abrasione

Le particelle dure tra le parti mobili danneggiano la superficie con conseguente perdita di materiale.



Usura da fatica

Le particelle dure s'incestrano tra le parti mobili. Si formano delle micro-fratture superficiali che in presenza di sollecitazione si allargano e provocano dei guasti in superficie.

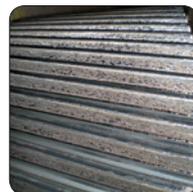


Decomposizione dell'additivo e invecchiamento dell'olio

Una quantità elevata di particelle riduce il contenuto di additivo. In particolare le particelle provocate dall'usura del ferro, del rame e dell'alluminio accelerano l'invecchiamento o la disgregazione dell'olio. Entrambe le situazioni influiscono sulle proprietà e sulla durata dell'olio.



*Fig. 4:
Gusci di cuscinetto
con graffi provocati
dall'abrasione*



*Fig. 5:
Ingranaggio con
formazione di
pitting
e usura fianco*

La circolazione di particelle nel sistema di lubrificazione genera altre particelle, per cui si scatena una reazione a catena in termini di usura!

1

Tipologie di contaminazioni, cause e conseguenze

Acqua nell'olio

L'acqua è la seconda causa più comune per guasti e problemi in un impianto di lubrificazione, dopo la contaminazione di particelle rigide.

La contaminazione dell'acqua nell'olio può essere evitata soltanto con difficoltà.

Fonti: olio nuovo (per es. conservazione errata), condizioni ambientali (oscillazioni di temperatura, umidità), ventilazione, procedure di rabbocco, perdite del liquido refrigerante, manutenzione e riparazione, lavori di pulizia, produzione (per es. industria cartaria).

L'acqua è presente nell'olio in forma sciolta, emulsionata o libera.

Acqua disciolta	Acqua libera	Emulsioni
Per il momento non problematico	Problematico	Problematico
Assimilati nella struttura molecolare	Non assimilati nella struttura molecolare	Emulsione di acqua nell'olio
Nessuna goccia d'acqua	Gocce d'acqua presente, si determinano due fasi	Miscela accuratamente distribuita di goccioline d'acqua nell'olio
Si forma in seguito allo scambio costante con l'aria ambiente umida, contenuto dipendente da pressione e temperatura	Si forma in seguito alla condensa, oscillazioni di temperatura, contributo esterno	Si forma in presenza di una pessima separazione dell'acqua o di scarse proprietà demulsionanti dell'olio e contemporaneo elevato apporto di acqua
In presenza di oscillazioni di pressione e temperatura si può sprigionare l'acqua disciolta	Pericolo di corrosione, l'effetto lubrificante è compromesso, cavitazione, formazione di schiuma, invecchiamento di olio accelerato	Pericolo di corrosione, l'effetto lubrificante è compromesso, cavitazione, formazione di schiuma, invecchiamento di olio accelerato

Quanta acqua un determinato tipo di olio è in grado di trattenere in soluzione (limite di saturazione) e per quanto tempo dipende dall'olio di base, dal pacchetto di additivi, dalla temperatura e dalla pressione. Gli oli appositamente sviluppati posseggono la capacità di trattenere grandi quantità di acqua in soluzione.

Se aumenta il contenuto di acqua attraverso il limite di saturazione dell'olio, l'acqua è presente in forma di gocce (acqua libera o emulsione).



Fig. 6:
Olio idraulico
senza acqua (sx),
emulsione (dx)



Fig. 7: Acqua libera (2 fasi)

Limiti di saturazione di vari oli idraulici e lubrificanti in ppm a 20 °C:

Oli idraulici:

H 100 - 150 ppm	HLP 150 - 300 ppm	HEES 800 - 1.400 ppm	HFD-U 1.200 - 1.800 ppm	HFD-R 1.500 - 3.000 ppm	PAG 5.000 - 7.000 ppm
-----------------------	-------------------------	----------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-----------------------------

Oli lubrificanti:

CL / TD 50 - 150 ppm	CLP 400 - 800 ppm	PAO 400 - 2.000 ppm	HD / Oli motore 800 - 2.000 ppm	Esteri sint. 1.000 - 2.000 ppm	PAG 10.000 - 20.000 ppm
----------------------------	-------------------------	---------------------------	---------------------------------------	--------------------------------------	-------------------------------

Le tipologie di usura più comuni provocate dall'acqua nell'olio:

Usura dovuta a cavitazione

La cavitazione è scatenata da oscillazioni di pressione come quelle che si verificano negli ingranaggi e nei cuscinetti. Durante il calo di pressione si formano bolle di vapore acqueo che implodono in caso di aumento di pressione. Se ciò accade in prossimità delle superfici, avviene l'asportazione di tipo erosivo del materiale e micro-pitting puntiforme. Le bolle di vapore acqueo che implodono provocano inoltre la demolizione della pellicola d'olio lubrificante, per cui il metallo può trovarsi a contatto diretto con altro metallo, con conseguente danno della superficie. In corrispondenza di aumento della temperatura aumenta in modo esponenziale il rischio di formazione di bolle di vapore.

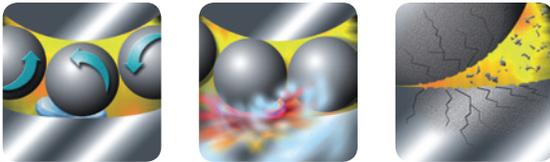


Fig. 8:
Formazione di pitting su un cuscinetto a sfera

Usura provocata da corrosione ed erosione

La presenza di acqua nell'olio provoca la corrosione di idrogeno e la formazione di ruggine che danneggia i componenti delle macchine. Quando delle particelle entrano in contatto con queste superfici corrosive, si generano altre particelle. Inoltre si può verificare infragilimento da idrogeno, un'ulteriore conseguenza della corrosione, che è simile alla fatica del materiale ed ha come conseguenza la formazione superficiale di crepe nel metallo.

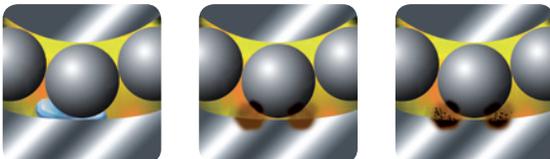


Fig. 9:
Corrosione su un cuscinetto a rulli

1

Tipologie di contaminazioni, cause e conseguenze

Le tipologie di usura più comuni provocate dall'acqua nell'olio:

Invecchiamento dell'olio e decomposizione dell'additivo

L'acqua agisce da catalizzatore sull'invecchiamento dell'olio perché accelera l'idrolisi e l'ossidazione dell'olio. La rapida decomposizione di antiossidanti e di altri additivi genera la formazione di prodotti da reazione insolubili, che si depositano (resine, fanghi, varnish).

Riduzione della capacità lubrificante

L'acqua riduce la capacità lubrificante dell'olio, in quanto ne riduce la viscosità e possiede al contempo una capacità portante ridotta. L'acqua inoltre peggiora le proprietà di separazione dell'aria, per cui aumenta il pericolo di formazione della schiuma. Di conseguenza l'effetto lubrificante risulta compromesso e la tipologia di lubrificazione è lacunosa.

Crescita di batteri

Soprattutto negli oli diesel l'acqua favorisce la diffusione di microrganismi (batteri, funghi, lieviti). Il biofango che si forma può provocare problemi di funzionamento in un motore, in quanto il filtro di sistema e le linee del carburante s'intasano. Col numero crescente degli microrganismi aumenta inoltre il rischio di danni per corrosione sul serbatoio e nell'impianto del carburante. In veicoli e in generatori di emergenza con motore diesel il rischio è molto elevato se restano fermi per lunghi periodi di tempo.



*Fig. 10:
Crescita di batteri
nel serbatoio dell'olio*

*Colonie di
batteri*



*Fig. 11:
Diesel con acqua e
batteri*

Particolarità dell'olio isolante vedere capitolo 5, pagina 50

Prodotti di invecchiamento nell'olio

I prodotti di invecchiamento nell'olio sono un problema diffuso negli impianti idraulici e di lubrificazione. La velocità dell'invecchiamento dell'olio dipende dal tipo di olio (tipo olio base e pacchetto additivi), dalla temperatura di esercizio e da fattori con azione catalitica. Ossidazione (ossigeno), idrolisi (acqua) e pirolisi (decomposizione termica), e le reazioni chimiche con particelle di rame, ferro e alluminio derivanti dall'usura dei componenti accelerano il processo di invecchiamento dell'olio. La decomposizione dell'olio di base e degli additivi (antiossidanti) modifica le proprietà dell'olio e provoca la formazione dei seguenti prodotti di invecchiamento dell'olio:

- fango, resine e varnish

Queste impurità sono presenti sia disciolte che no nell'olio in funzione della solubilità dell'olio di base, della temperatura velocità del flusso o scorrimento. I prodotti della reazione non disciolti formano degli agglomerati e determinano depositi nel sistema, di preferenza su valvole, radiatori, filtri di flusso principale, cuscinetti, tubature, pareti di serbatoio, ossia nelle zone di sollecitazione e in zone di prive di flusso. A causa della dipendenza dalla temperatura, nei sistemi di lubrificazione con funzionamento di tipo avvio-arresto, ossia in presenza di temperatura < 40 °C per molte ore se non giorni, si verifica una precipitazione dei composti sciolti e di conseguenza dei depositi più intensi. Mentre i depositi fangosi sono morbidi e lavabili i depositi di cera e di materiale simile alla tintura (varnish) formano uno strato solido e adesivo su cui aderiscono le particelle provocando un effetto analogo alla carta vetrata e l'usura aumenta rapidamente.

Conseguenze:

- Funzionamento difettoso delle valvole, scarsa controllabilità
- Variazione della geometria del meato presso i gusci dei cuscinetti
- Usura e costi di manutenzione aumentati
- Efficacia in calo del radiatore / dello scambiatore di calore
- Affidabilità della macchina ridotta, guasti improvvisi
- Filtro di scorrimento principale otturato, sostituzione frequente del filtro
- Saturazione delle tubazioni e relativi ugelli per l'olio
- Aumento della viscosità e dell'indice di acidità
- Capacità lubrificante ridotta
- Durata dell'olio ridotta



Fig. 12:
Varnish su un
cuscinetto liscio



Fig. 13:
Fango di olio su un
coperchio di
ingranaggi



1

Tipologie di contaminazioni, cause e conseguenze

Acidi nell'olio

Sia gli oli minerali che gli oli sintetici, posseggono, tranne in alcune rare eccezioni, un valore del pH pari a 7 e sono quindi di tipo neutro. Tuttavia la presenza di alcuni additivi quali quelli contro l'usura e la corrosione, provocano già una variazione del valore del pH dell'olio nuovo. Se si tratta del primo utilizzo dell'olio, il valore del pH cala costantemente. La causa di tutto ciò è il costante invecchiamento dell'olio. Infatti, se l'olio è in uso da lungo tempo, la temperatura di esercizio è più alta e maggiore è la presenza di impurità, per cui il processo di acidificazione provocato dall'ossidazione è più rapido. In aggiunta a ciò il processo di acidificazione è dovuto anche ai prodotti della decomposizione degli additivi quali i sali metallici che si formano dalla reazione con le superfici del metallo.

Particolarità degli oli esteri

Le temperature elevate ($> 80^{\circ}\text{C}$) per un periodo di tempo prolungato, i picchi di temperatura e la presenza di acqua determinano in questi fluidi l'idrolisi, in seguito alla quale le molecole vengono scisse nei loro componenti originali, la percentuale di alcol e acidi (per es. esteri fosforici (fluido HFD) nei circuiti di controllo delle turbine). Se l'idrolisi procede in modo molto intenso, altrettanto rapidamente avverrà l'ulteriore disgregazione dell'estere, laddove l'indice di acidità e quindi il rischio di conseguenze negative aumenta in modo esponenziale.

Particolarità degli oli per motori

Gli acidi aggressivi che si formano dalla combustione del carburante possono giungere nell'olio motore attraverso i gas di ricircolo e provocare entro pochissimo tempo una forte acidificazione. Per contrastare questo processo gli oli possiedono un elevato contenuto di additivi con azione basica.

Conseguenze:

- Accelerazione dell'ossidazione e invecchiamento dell'olio
- Aumento della viscosità in seguito all'ossidazione dell'olio
- Perdita della capacità lubrificante
- Corrosione dovuta agli acidi liberi su tutte le superfici impregnate di olio (per es. metalli non ferrosi, ferro)
- ridotta durata dei materiali in caucciù e gomma (per es. guarnizioni)
- utilizzo accresciuto di additivi (per es. antiossidanti, additivi contro l'usura e la corrosione, additivi alcalini per oli motore)
- Aumento del numero di particelle (le particelle si posano sulle superfici corrose e formano altre particelle)
- Durata ridotta di olio e componenti

Aria nell'olio

Nell'olio minerale è disciolto già il 9 Vol.-% di aria.

L'aria disciolta nell'olio minerale è sprigionata in caso di calo di pressione e al successivo aumento di pressione viene nuovamente disciolta, ma la velocità con cui vengono sprigionate le bolle d'aria è ovviamente maggiore di quella con cui vengono ridissolte. L'aria è presente nell'olio in forma sciolta o libera.

Aria disciolta	Aria non disciolta / Aria libera
Per il momento non problematico	Problematico
Assimilati nella struttura molecolare	Non assimilati nella struttura molecolare
Assenza di aria "libera", ossia assenza di bolle	Presenza di aria "libera", ossia di bolle d'aria
Si forma al contatto con l'aria ambiente, contenuto dipendente soprattutto da pressione e temperatura	Si forma in seguito all'introduzione di bolle d'aria, per es. per immersione di parti di macchina, per il ritorno dell'olio nel contenitore di raccolta, per aspirazione di bolle d'aria, ecc.
Le oscillazioni di pressione e temperatura provocano lo sprigionamento dell'aria disciolta. Si forma aria o bolle d'aria non disciolte	L'olio diventa comprimibile, l'effetto lubrificante e la potenza di raffreddamento sono compromessi (possibile anche lubrificazione difettosa), ossidazione dell'olio accelerata, cavitazione (di gas), (vedere p. 8), effetto diesel (vedere p. 13), potenza di trasporto in calo nelle pompe, usura di guarnizioni, fuoriuscita di olio in schiuma (perdita di olio, inquinamento ambientale) ecc.

Per questo motivo le proprietà di separazione dell'aria e il comportamento in termini di formazione di schiuma dell'olio sono di importanza fondamentale.

Proprietà di separazione dell'aria

Velocità (tempo in minuti) con cui le bolle d'aria salgono al di sotto della superficie dell'olio o vengono separate dall'olio.

La proprietà di separazione dell'aria dipende anche dalla viscosità e quindi dalla temperatura e dalle dimensioni delle bolle d'aria. Se le bolle d'aria sono molto grandi e l'olio più fluido, esse salgono più rapidamente e di conseguenza migliorano le proprietà di separazione dell'aria.

Comportamento schiumogeno

Le bolle d'aria risalite, che sono circondate da una "pelle" di olio e non scoppiano o scoppiano solo lentamente in corrispondenza della superficie limite tra olio e aria, formano la schiuma. La predisposizione alla formazione di schiuma dipende tra le altre cose dalla viscosità e quindi dalla temperatura e dalla quantità e dalla tipologia di aria introdotta, ma anche dalla tensione superficiale dell'olio.

1 Tipologie di contaminazioni, cause e conseguenze

Le proprietà di separazione dell'aria e la predisposizione alla formazione di schiuma sono influenzate negativamente dalle contaminazioni come quelle provocate da particelle, da prodotti di invecchiamento dell'olio e dall'acqua, per es. in seguito all'aumento della viscosità provocato dall'ossidazione dell'olio e dal consumo di additivo. Tuttavia anche la mescolanza di tipi di olio differenti influenza le proprietà di separazione dell'aria e la predisposizione alla formazione di schiuma, per esempio apportando additivi non compatibili.

Nella seguente tabella sono riportati i valori limite dei requisiti delle norme classiche. Questi requisiti minimi vengono ulteriormente intensificati a seconda delle esigenze dei produttori di apparecchiature originali (Original Equipment Manufacturers (OEM)) in termini di direttive interne, specifiche e condizioni di omologazione. Spesso si stabiliscono anche dei valori limite per oli esausti (per es. nelle centrali elettriche a cura del VGB).

Proprietà di separazione per oli nuovi (in minuti)						
ISO VG	32	46	68	100	150	> 320
Olio per turbine	5	5	6	-	-	-
Olio idraulico HLP, HM	5	10	13	21	32	-
Olio lubrificante CLP/CKC	-	-	-	-	-	-

Effetto diesel

L'effetto diesel si forma in caso di introduzione elevata di aria non disciolta in forma di bolle d'aria nell'olio, per es. in seguito a mancanze di tenuta o di proprietà di separazione dell'aria degradate come conseguenza dell'invecchiamento dell'olio, di forti contaminazioni o di mescolanza di diversi tipi di olio.

Le bolle d'aria si surriscaldano e in presenza di forte compressione si auto-incendiano. Questo processo dipende dalle dimensioni delle bolle d'aria e dalla velocità di aumento della pressione. Tra l'ossigeno delle bolle d'aria e gli idrocarburi dell'olio si verificano delle piccole reazioni di tipo esplosivo (in modo analogo a quanto accade in un motore diesel). A causa del ridotto contenuto di ossigeno nelle bolle d'aria, la combustione avviene solo parzialmente, provocando la formazione di particolato carbonioso che conferisce la tipica colorazione grigio-scura.

Campioni di olio

I campioni di olio servono per la documentazione delle curve di tendenza e per la verifica del contenuto di purezza dell'olio richiesto per componenti macchina sensibili. Contaminazione, contenuto di additivi, indice di acidità, viscosità, ecc. delineano le condizioni dell'olio e consentono il riconoscimento anzitempo di usura e della necessità di eseguire i controlli per stabilire se è necessario sostituire l'olio o adottare altre contromisure quali per es. una filtrazione accurata, aggiuntiva in controcorrente. Soltanto con una purezza dell'olio rispondente al tipo di applicazione è possibile ottenere livelli ottimali in termini di prestazioni e affidabilità dell'impianto e mantenere al minimo i costi di manutenzione.

La capacità predittiva delle analisi dell'olio dipende dalla correttezza del prelievo e dalla gestione del campione di olio. In caso di prelievo di campioni non idoneo i risultati che ne derivano sono privi di validità.

Nelle pagine seguenti sono descritte tre modalità diverse di prelievo per ottenere dei campioni di olio rappresentativi che consentano una predizione affidabile sulle condizioni effettive della macchina.

**Il prelievo del campione deve essere sempre svolto quando il sistema è a temperatura di funzionamento.
(Eccezione: fermo della macchina per guasto)**

**La capacità predittiva del risultato delle analisi dell'olio dipende dalla correttezza del prelievo e dalla gestione del campione di olio!
In caso di prelievo di campioni non idoneo i risultati che ne derivano sono privi di validità!**

**Prima di prelevare i campioni stabilire quale test (quali test) si deve eseguire (si devono eseguire)!
La quantità di olio da prelevare dipende dal tipo di test.**

Prelievo del campione

1. Prelievo del campione dal flusso principale:

Per ottenere un campione di olio rappresentativo il punto di prelievo deve trovarsi nel migliore dei casi prima del filtro in linea (filtro di ritorno) nella linea di ritorno tra macchina e serbatoio di sistema.

Essenziale per il prelievo del campione di olio:

- Bottiglie in vetro o plastica privo di particelle (200 ml)
- Panno, eventualmente detergente
- Recipiente di raccolta con una capacità di min. 2 l
- Etichetta, modulo di accompagnamento e penna

Istruzioni:

1. Posizionare il recipiente sotto la valvola.
2. Pulire la superficie esterna della valvola prima del prelievo con panno e detergente.
3. Aprire e chiudere la valvola 4 - 5 volte e lasciarla aperta.
4. Lavare la valvola, ossia scaricare min. 1 litro di liquido dell'impianto nel recipiente di raccolta.
5. Svitare il tappo di chiusura del contenitore per il prelievo del campione, ma non sollevare dal contenitore per evitare contaminazioni.
6. Avvicinare il contenitore di prelievo al getto di olio e togliere il tappo di chiusura. Per evitare il pericolo di contaminazione tenere il tappo in mano, senza appoggiarlo altrove.
7. Riempire ca. l'80 % del contenitore di prelievo con olio.
Nota: Durante questa operazione non toccare o muovere la valvola.
8. Chiudere immediatamente il contenitore di prelievo col tappo.
9. Chiudere la valvola.
10. Scrivere l'etichetta e attaccarla al contenitore di prelievo, compilare il modulo di accompagnamento.
11. Inviare il contenitore di prelievo col modulo di accompagnamento.
12. Smaltire l'olio presente nel recipiente di raccolta nel rispetto delle norme ambientali (consigliato) o reintrodurlo nel sistema.

**Alcuni oli e fluidi provocano dei vapori aggressivi.
Durante il prelievo del campione occorre osservare anche la temperatura.
Adottare opportune misure protettive.**

2. Prelievo del campione dal serbatoio del sistema:

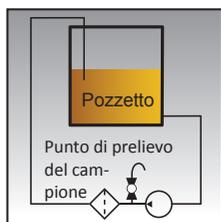
Essenziale per il prelievo del campione di olio:

- Per es. kit per il prelievo di campioni di Karberg & Hennemann formato da siringa per il prelievo e tubo (3 m)
- Contenitore in vetro o plastica privo di particelle (200 ml)
- Panno, eventualmente detergente
- Etichetta, modulo di accompagnamento e penna

NOTA:

1. Il campione di olio deve essere prelevato a ca. 10 cm sopra il punto più basso al centro del serbatoio di sistema.
2. Durante il prelievo del campione non toccare le pareti o la base del serbatoio.
3. Per facilitare il posizionamento del tubo flessibile fissarlo a un'astina di livello o strumento simile
4. L'astina di livello deve essere 10 cm più lunga del tubo flessibile per evitare il contatto del fondo del serbatoio
5. Il tubo flessibile e la siringa per il prelievo del campione dopo l'uso devono essere smaltiti secondo le norme vigenti.

3. Prelievo del campione da un filtro di in circuito secondario:



Se è installato un filtro nel circuito secondario si può usare il rubinetto di prelievo campioni tra pompa e filtro.

Materiale necessario e istruzioni per il prelievo
- vedere pagina 15.

Per prelievo del campione si possono usare idonei contenitori per il prelievo come anche il kit di prelievo per il serbatoio di sistema.

2

Prelevare correttamente i campioni di olio

Documento di accompagnamento del prelievo

La correttezza delle informazioni sulla macchina e sull'olio utilizzato sono fattori decisivi per la valutazione dell'analisi dell'olio. Per cui si consiglia di compilare il documento di accompagnamento in maniera molto precisa. L'etichetta per il contenitore del campione serve per associare correttamente i vari campioni di olio al rispettivo contenitore in caso di invio multiplo.

The image shows two forms used for oil sampling. The first form, titled 'MODULO DI ACCOMPAGNAMENTO DELL'OLIO', is divided into three main sections: 'DATI DI MACCHINA', 'DATI DI OLIO', and 'DATA DI CONTATTO'. Each section contains several lines for handwritten information. The second form, titled 'ETICHETTA PER IL FLACONE DEL CAMPIONE DI OLIO', is a smaller label with five lines for identifying the sample, including 'Società:', 'Data:', 'Tipo di olio / marca:', 'Volume di olio', and 'Applicazione:'. Both forms are tilted slightly to the right.

Quante più informazioni sono rese note al laboratorio di analisi, tanto migliore e precisa sarà la valutazione dei risultati.

Altre informazioni utili:

- Motivo dell'analisi
Es. campione regolare per prevenzione, irregolarità, danni, durata del filtro molto breve
- Durante l'ultima sostituzione dell'olio è stato riutilizzato lo stesso tipo o si è passati all'uso di un altro tipo di olio?
- Durante l'ultima sostituzione dell'olio è stato sostituito l'intero volume o solo una parte? Quanto olio nuovo è stato rabboccato?

Analisi dell'olio

La durata residua di utilizzo di un tipo di olio può essere stabilita mediante analisi dell'olio osservando l'olio di base e il pacchetto di additivi. Monitorando la tendenza si può verificare se è necessario adottare ulteriori contromisure per migliorare la purezza dell'olio oppure se sono sufficienti le misure già adottate.

Per stabilire il contenuto di additivi e la purezza dell'olio si consiglia un campione di riferimento di olio nuovo. Tale accorgimento ha senso anche perché l'olio nuovo spesso non corrisponde al livello di purezza richiesto dai produttori di componenti sensibili delle macchine o per l'applicazione specifica.

L'entità dell'indagine dipende dal tipo di olio e dall'applicazione.

In caso di sistemi di lubrificazione con una forte inclinazione alla generazione di varnish (sistemi di controllo di turbine, impianti idraulici ad alta pressione, ecc) si dovrebbe eseguire anche un test MPC (Membrane Patch Colorimetry) per il conteggio delle particelle.

In caso di oli diesel e per motori avrebbe senso un test per il rilevamento di diluizioni, per il rilevamento del contenuto di fuliggine o dell'indice di basicità.

Tipi di applicazioni differenti richiedono analisi differenti. In questo capitolo sono riportati in breve i tipi di analisi più importanti.

La quantità delle analisi:

Il vantaggio maggiore si ottiene da un programma di analisi dell'olio, con prelievo di campioni ad intervalli regolari (sarebbe ottimale min. una volta al mese) e dalla rappresentazione e dal confronto dei risultati di tutti i test svolti con andamento temporale.

In questo caso i campioni di olio dovrebbero essere prelevati dallo stesso impianto di lubrificazione e nelle stesse condizioni.

Per il rilevamento della tendenza è importante disporre di un campione di riferimento di olio nuovo. Si dovrebbero stabilire valori di avviso e allarme.

Per ogni sistema lubrificanti si dovrebbero protocollare singolarmente i risultati delle analisi. I risultati documentati dovrebbero riguardare informazioni circa il tipo di olio, gli intervalli di sostituzione, i guasti, le classi di purezza ISO richieste e i risultati delle analisi.

Contenuto di particelle - metodi di test

Le particelle solide sono la causa principale di guasti alle macchine, per cui il monitoraggio della quantità delle particelle è essenziale.

I metodi di test per la determinazione del contenuto di particelle sono per es.:

Procedura gravimetrica

Questa procedura costituisce il metodo più semplice per la determinazione quantitativa delle particelle fisse. Una determinata quantità di olio viene posta sopra una membrana di test (finezza del filtro: di solito $0,8 \mu\text{m}$). La membrana viene pesata prima e dopo la preparazione. La differenza tra i due risultati di misurazione corrisponde alla massa delle particelle. Spesso questo risultato è sufficiente per una verifica generale della purezza. Tuttavia essa non fornisce informazioni sulla distribuzione e sulla dimensione delle particelle.

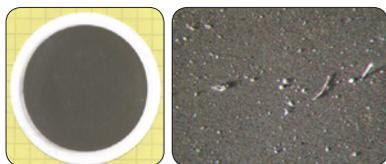


Fig. 14:

Foto (sx): Membrana filtrante

Foto (dx): Segmento della membrana

filtrata con una parte rappresentativa delle contaminazioni di 30 g di olio ingrandita ca.

80 volte

Per la determinazione del tipo di contaminazioni la membrana è ingrandita notevolmente al microscopio.

Conteggio microscopico delle particelle

In questa procedura l'olio è diluito con un solvente e posto sopra la membrana di test (finezza del filtro: di solito $0,45 \mu\text{m}$). Le particelle che restano sulla membrana filtrante vengono contate a mano o in modo automatico.

A mano:

- La membrana è suddivisa in singole zone quadrate
- Conteggio di singole zone rappresentative o in base ai riferimenti comparativi
- Si contano particelle > 5 e $> 15 \mu\text{m}$

In modo automatico:

- La membrana è sottoposta a scansione
- Riconoscimento delle particelle e valutazione tramite software di riconoscimento delle immagini

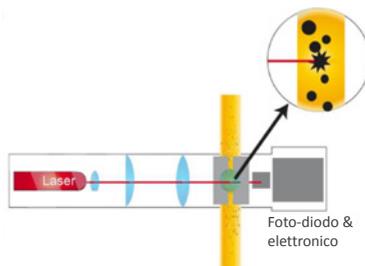
Questo metodo permette di stabilire la distribuzione delle particelle (dimensioni e quantità). Fattori di influenza sono la scelta del solvente e il personale addetto alla valutazione. Il solvente influisce sui prodotti di invecchiamento, sugli additivi e sulle percentuali di acqua per cui la misurazione deve essere svolta in presenza della diluizione minore.



Conteggio delle particelle automatico (in laboratorio oppure online)

In questa procedura le particelle sono contate tramite laser. Le particelle provocano uno scurimento della fotocellula quando bloccano la luce del raggio laser. Gli scurimenti vengono valutati a livello elettronico.

Questo metodo permette di stabilire la distribuzione delle particelle (dimensioni e quantità). I contatori automatici di particelle misurano particelle > 4 , > 6 e $> 14 \mu\text{m}$ (i contatori di particelle moderni rilevano valori aggiuntivi per altre dimensioni).



Fattori di influenza sono:

- Tipo e condizione del fluido
- Gocce d'acqua, prodotti di invecchiamento dell'olio e additivi consumati, che vengono contate come particelle
- Posizione delle particelle in quanto le particelle non sono sempre tonde e in base a tale posizione il laser registra la superficie più piccola o più grande delle particelle
- Bolle di aria (si possono evitare durante la preparazione del campione)
- Componenti dell'olio non disciolti come oli siliconici (antischiuma)

NOTA:

Le particelle di fuliggine (per es. in oli lubrificanti per motori) e strie nell'olio provocate da acqua e/o altri liquidi estranei introdotti che non si disciolgono nell'acqua sono problematici in fase di conteggio delle particelle. In caso di un elevato contenuto di fuliggine il conteggio delle particelle non è possibile a causa della colorazione scura ma anche per l'agglomerazione delle particelle più sottili, inoltre le strie interrompono il fascio di luce. Il contatore di particelle inoltre non considera la durezza delle particelle osservati, ossia se si tratta di particelle altamente abrasive o contaminazioni morbide in seguito all'invecchiamento dell'olio o alla disgregazione degli additivi.

Il conteggio di particelle online durante il funzionamento è più preciso in termini di misurazione delle particelle solide. Il motivo di ciò è il fatto che i prodotti di invecchiamento dell'olio alla temperatura di esercizio sono presenti per lo più disciolti nell'olio e non influenzano il conteggio delle particelle. Essi si presentano alla riduzione della temperatura e vengono considerati nel conteggio. I prodotti di invecchiamento dell'olio tuttavia sono una fonte di informazione importante sulle condizioni dell'olio per cui si consiglia di associare alla misurazione online quella offline.

3

Analizzare e valutare i campioni di olio

Contenuto di particelle - sistemi di classificazione

Classificazione a norma ISO 4406 (International Organization for Standardization)

La procedura a norma ISO 4406/1999 per la codifica della quantità delle particelle solide è un sistema di classificazione, in cui dal contenuto di particelle rilevato si stabilisce una classe ISO (classe di purezza dell'olio).

Secondo la norma ISO 4407 i valori rilevati in corrispondenza di > 5 e $> 15 \mu\text{m}$ dal conteggio di particelle manuale devono essere confrontati con i valori rilevati in corrispondenza di > 6 e $> 14 \mu\text{m}$ dal conteggio di particelle automatico, se il contatore di particelle è tarato a norma ISO 11171.

Conteggio automatico delle particelle

Si determinano le quantità delle particelle $> 4 \mu\text{m}$, $> 6 \mu\text{m}$ e $> 14 \mu\text{m}$ ogni 100 ml. Le tre quantità di particelle rilevate vengono associate ai numeri di codice, che indicano la classe di purezza dell'olio.

Esempio - Codice ISO 19/17/14
(tipico per la qualità dell'olio pulito):

da 250.000 a 500.000 particelle $> 4 \mu\text{m}$,
da 64.000 a 130.000 particelle $> 6 \mu\text{m}$ e
da 8.000 a 16.000 particelle $> 14 \mu\text{m}$
in 100 ml di olio analizzato.

Conteggio microscopico delle particelle

Si conta solo la quantità delle particelle $> 5 \mu\text{m}$ e $> 15 \mu\text{m}$. Il codice ISO per particelle $> 2 \mu\text{m}$ non è preso in considerazione, perché questa grandezza di particelle è scarsamente valutabile al microscopio.

Esempio - Codice ISO 17/14
(tipico per la qualità dell'olio pulito):

da 64.000 a 130.000 particelle $> 5 \mu\text{m}$ e
da 8.000 a 16.000 particelle $> 15 \mu\text{m}$
in 100 ml di olio analizzato si trovano.

Quantità delle particelle > grandezza indicata		
oltre e	fino a	Codice ISO
8.000.000	16.000.000	24
4.000.000	8.000.000	23
2.000.000	4.000.000	22
1.000.000	2.000.000	21
500.000	1.000.000	20
250.000	500.000	19
130.000	250.000	18
64.000	130.000	17
32.000	64.000	16
16.000	32.000	15
8.000	16.000	14
4.000	8.000	13
2.000	4.000	12
1.000	2.000	11
500	1.000	10
250	500	9
130	250	8
64	130	7

(Estrapolato dalla norma attualmente in vigore ISO 4406)

La classificazione ISO si basa su logaritmi, ossia l'aumento della classe ISO di un valore indica il doppio del contenuto di particelle.

Classificazione a norma SAE AS 4059 (Society of Automotive Engineers, Aerospace Standard)

In questo sistema di classificazione le particelle sono suddivise in 6 classi di grandezza (A - F). Per classe di grandezza si calcola la quantità di particelle presente in 100 ml. I valori così rilevati delle singole classi di grandezza sono associati a una corrispondente classe di purezza dell'olio (000 - 12).

	Quantità massima di particelle per classe di grandezza (particelle/100 ml)					
Taratura a norma NAS 1638	> 1 µm	> 5 µm	> 15 µm	> 25 µm	> 50 µm	> 100 µm
Taratura a norma AS 4059	> 4 µm	> 6 µm	> 14 µm	> 21 µm	> 38 µm	> 70 µm
Classe di grandezza	A	B	C	D	E	F
000	195	76	14	3	1	0
00	390	152	27	5	1	0
0	780	304	54	10	2	0
1	1.560	609	109	20	4	1
2	3.120	1.220	217	39	7	1
3	6.520	2.430	432	76	13	2
4	12.500	4.860	864	152	26	4
5	25.000	9.730	1.730	306	53	8
6	50.000	19.500	3.460	612	106	16
7	100.000	38.900	6.920	1.220	212	32
8	200.000	77.900	13.900	2.450	424	64
9	400.000	156.000	27.700	4.900	848	128
10	800.000	311.000	55.400	9.800	1.700	256
11	1.600.000	623.000	111.000	19.600	3.390	512
12	3.200.000	1.250.000	222.000	39.200	6.780	1.024

(Estrapolato dalla norma attualmente in vigore SAE AS 4059)

Esempio - SAE AS 9A/8B/7C/6D/ 6E/7F (tipico per la qualità dell'olio nuovo):

In 100 ml di olio analizzato si trovano

200.000 a 400.000 particelle > 4 µm = classe di purezza 9A

38.900 a 77.900 particelle > 6 µm = classe di purezza 8B

3.460 a 6.920 particelle >14 µm = classe di purezza 7C

306 a 612 particelle > 21 µm = classe di purezza 6D

53 a 106 particelle > 38 µm = classe di purezza 6E

e 16 a 32 particelle > 70 µm = classe di purezza 7F

In linea di principio si indica soltanto la classe con la quantità più elevata di particelle o la classe di purezza dell'olio peggiore (in questo caso: 9A).

3

Analizzare e valutare i campioni di olio

Classificazione a norma NAS 1638 (National Aerospace Standard)

In questo sistema di classificazione (precedente al SAE AS 4059) le particelle vengono suddivise in 5 gruppi di grandezze. Per gruppo di grandezza si calcola la quantità di particelle presente in 100 ml. I valori così rilevati dei singoli classi di grandezza sono associati a una corrispondente classe di purezza dell'olio (00 - 12).

Gruppi di grandezza	Quantità massima di particelle per classe di grandezza in 100 ml										
	00	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
5 - 15 μm	125	250	500	1.000	2.000	4.000	8.000	16.000	32.000	64.000	128.000
15 - 25 μm	22	44	88	178	356	712	1.425	2.850	5.700	11.400	22.800
25 - 50 μm	4	8	16	32	63	126	253	506	1.012	2.025	4.050
50 - 100 μm	1	2	3	6	11	22	45	90	180	360	720
> 100 μm	0	0	1	1	2	4	8	16	32	64	128

(Estrapolato dalla norma attualmente in vigore NAS 1638)

Esempio (tipico per la qualità dell'olio nuovo):

In 100 ml di olio analizzato si trovano

- 8.000 a 16.000 particelle di dimensione 5 - 15 μm = NAS 6
- 712 a 1.425 particelle di dimensione 15 - 25 μm = NAS 5
- 63 a 126 particelle di dimensione 25 - 50 μm = NAS 4
- 11 a 22 particelle di dimensione 50 - 100 μm = NAS 4
- 1 a 2 particelle di dimensione > 100 μm = NAS 3

In linea di principio si indica soltanto la classe con la quantità più elevata di particelle o la classe di purezza dell'olio peggiore (in questo caso: NAS 6).

Differenze tra ISO 4406, SAE AS 4059 e NAS 1638:

- La norma NAS conta gruppi di particelle differenzia da 5 - 15, 15 - 25, 25 - 50 e > 100 μm (le norme ISO e SAE effettuano un conteggio cumulativo).
- Le classi di purezza NAS non sono confrontabile con classi di purezza ISO e SAE a causa delle differenti modalità di conteggio. (sono disponibili tabelle di correlazione)
- Le norme ISO e SAE sono misurabili in termini di tempo in quanto soprattutto le particelle < 5 μm rivestono un ruolo fondamentale per le condizioni dell'olio e della macchina.

Classificazione delle classi di purezza

Per ogni impianto di lubrificazione e per ogni componente di sistema il produttore specifica un grado max. di contaminazione o una classe di purezza olio. Il rispetto di tali valore non è un fattore discriminante per l'affidabilità della macchina bensì in termini di garanzia. La seguente tabella illustra la classe di purezza consigliata a norma ISO 4406 per impianti idraulici e di lubrificazione e per gli ingranaggi (fonte: Noria Corporation).

Codice ISO	Descrizione	Indicato per
ISO 14/12/10	olio molto pulito	tutti i sistemi di lubrificazione
ISO 16/14/11	olio pulito	servosistemi e gruppi idraulici ad alta pressione, ingranaggi critici
ISO 17/15/12	olio lievemente	impianti idraulici e lubrificanti, ingranaggi standard
ISO 19/17/14	olio nuovo	sistemi a bassa e media pressione, ingranaggi non critici
ISO 22/20/17	olio molto contaminato	non indicato per impianti di lubrificazione e ingranaggi

COMMENTI:

Nell'olio nuovo è ammissibile fino al 5% di sostanze non disciolte (DIN 51 524, parte 2), ossia in un contenitore da 200 litri possono essere contenuti fino a 100 ml di particolato.

Eccezione: Prestazioni delle pompe: 200 l/min, tempo di funzionamento 8 ore/giorno, 230 giorni/anno
 Ossia al minuto sono pompate 100 ml di sporco ► ogni ora sono pompate 6 l di sporco ►
 al giorno sono pompate 48 l di sporco ► all'anno sono pompate 11.040 l di sporco nel sistema.

In funzione della classe di purezza varia la durata dei componenti di impianti idraulici e di lubrificazione e degli ingranaggi.

22 / 20 / 17	19 / 17 / 14	17 / 15 / 12	16 / 14 / 11	14 / 12 / 10
metà durata	0,75 volte la durata	normale durata	1,5 volte la durata	doppia durata

RIASSUNTO:

- L'olio nuovo spesso non corrisponde alla classe di purezza consigliata per la maggior parte delle applicazioni.
- La durata dei componenti di sistema diminuisce in presenza delle tipiche classi di purezza dell'olio nuovo (ISO 19/17/14) già del 25 %.

3

Analizzare e valutare i campioni di olio

Prolungare la durata dei componenti di sistema

La seguente tabella descrive il prolungamento probabile della durata di vari componenti quando si migliora la purezza dell'olio o si riduce il contenuto di particelle (fonte: Noria Corporation).

Purezza dell'olio superiore = durata dei componenti maggiore																				
	21/19/16		20/18/15		19/17/14		18/16/13		17/15/12		16/14/11		15/13/10		14/12/9		13/11/8		12/10/7	
24/22/19	2	1,6	3	2	4	2,5	6	3	7	3,5	8	4	>10	5	>10	6	>10	7	>10	>10
	1,8	1,3	2,3	1,7	3	2	3,5	2,5	4,5	3	5,5	3,5	7	4	8	5	10	5,5	>10	8,5
23/21/18	1,5	1,5	2	1,7	3	2	4	2,5	5	3	7	3,5	9	4	>10	5	>10	7	>10	10
	1,5	1,3	1,8	1,4	2,2	1,6	3	2	3,5	2,5	4,5	3	5	3,5	7	4	9	5,5	10	8
22/20/17	1,3	1,2	1,6	1,5	2	1,7	3	2	4	2,5	5	3	7	4	9	5	>10	7	>10	9
	1,2	1,05	1,5	1,3	1,8	1,4	2,3	1,7	3	2	3,5	2,5	5	3	6	4	8	5,5	10	7
21/19/16			1,3	1,2	1,6	1,5	2	1,7	3	2	4	2,5	5	3	7	4	9	6	>10	8
			1,2	1,1	1,5	1,3	1,8	1,5	2,2	1,7	3	2	3,5	2,5	5	3,5	7	4,5	9	6
20/18/15					1,3	1,2	1,6	1,5	2	1,7	3	2	4	2,5	5	3	7	4,6	>10	6
					1,2	1,1	1,5	1,3	1,8	1,5	2,3	1,7	3	2	3,5	2,5	5,5	3,7	8	5
19/17/14							1,3	1,2	1,6	1,5	2	1,7	3	2	4	2,5	6	3	8	5
							1,2	1,1	1,5	1,3	1,8	1,5	2,3	1,7	3	2	4	2,5	6	3,5
18/16/13									1,3	1,2	1,6	1,5	2	1,7	3	2	4	3,5	6	4
									1,2	1,1	1,5	1,3	1,8	1,5	2,3	1,8	3,7	3	4,5	3,5
17/15/12	Idraulici e motori diesel				Cuscinetti a sfera						1,3	1,2	1,6	1,5	2	1,7	3	2	4	2,5
											1,2	1,1	1,5	1,4	1,8	1,5	2,3	1,8	3	2,2
16/14/11													1,3	1,3	1,6	1,6	2	1,8	3	2
													1,3	1,2	1,6	1,4	1,9	1,5	2,3	1,8
15/13/10					Ingranaggi e altro										1,4	1,2	1,8	1,5	2,5	1,8
															1,2	1,1	1,6	1,3	2	1,6

Fonte: Noria Corporation

Per ogni intervallo di valori si indicano i fattori di prolungamento per 4 differenti componenti di sistema:

- Settore in alto a sinistra = componenti idraulici e motori diesel
- Settore in alto a destra = cuscinetti a sfera
- Settore in basso a sinistra = cuscinetti portanti e radiali
- Settore in basso a destra = ingranaggi e componenti, che non rientrano nella definizione degli altri intervalli

Esempio:

Grazie al miglioramento della classe di purezza dell'olio da ISO 20/18/15 a ISO 15/13/10 ci si può attendere che la durata di un ingranaggio si prolunghi del fattore 2 (si raddoppi) e la durata dei componenti idraulici si prolunghi del fattore 4 (si quadruplichi).

Viscosità - metodi di test

La viscosità è la proprietà fisica più importante di un olio lubrificante o idraulico e descrive la capacità di scorrimento. Essa è l'elemento caratteristico decisivo per la capacità di un olio di formare una pellicola lubrificante stabile. Anche gli oli idraulici necessitano di una determinata proprietà di scorrimento per consentire la trasmissione di forza desiderata.

Anche solo una variazione della viscosità tra 5 - 15 % può avere come conseguenza funzionamenti difettosi della macchina e gravi condizioni di usura. In caso di applicazioni sensibili come nel caso della lubrificazione di turbine i valori di allarme sono addirittura più bassi.

La viscosità dipende molto dalla temperatura, con valori di temperatura in calo l'olio è più sciolto (viscosità elevata) mentre all'aumentare della temperatura è più denso (viscosità più bassa). Per questo motivo l'indicazione della temperatura in corrispondenza della quale si misura la viscosità è necessaria obbligatoriamente.

Motivi per le variazioni di viscosità:

- Ossidazione dell'olio
- Prodotti di invecchiamento dell'olio quali acidi, resine, fanghi
- Ruggine, polvere, acqua o residui di altri tipi di olio
- Decomposizione degli additivi per migliorare l'indice di viscosità
- Pressione d'esercizio (> 400 bar)

Viscosità dinamica:

Misura la resistenza allo scorrimento in un liquido.

Unità di misura: cP (Centi-Poise) o mPas (Milli-Pascal-Secondo)

Unità SI: kg/m*s segno = μ

Viscosità cinematica:

Si misura il tempo necessario all'olio per scorrere in un determinato tragitto a una determinata temperatura (40 e 100°C) sotto l'azione della forza di gravità. Essa descrive il rapporto viscosità-densità.

Unità di misura: cSt (Centistoke)

Unità SI: mm²/s segno = ν

Indice di viscosità:

Il indice di viscosità descrive la dipendenza dalla temperatura della viscosità cinematica di un olio lubrificante. Oli con un indice di viscosità basso mostrano una variazione di viscosità dipendente dalla temperatura, maggiore di quelli con un indice di viscosità elevato.



*Fig. 15:
Foto (in alto):
Olio nuovo
Foto (in basso):
Variazione della
viscosità in segui-
to all'invecchia-
mento dell'olio.
Fonte: Oelcheck
GmbH, 2011*

3

Analizzare e valutare i campioni di olio

Contenuto di acqua - metodi di test

Considerato che l'acqua è la seconda causa più importante dei guasti che si verificano alle macchine, è altresì essenziale un monitoraggio del contenuto di acqua.

Valutazione visiva:

Una valutazione visiva consente di stabilire delle conclusioni sul contenuto di acqua. Fasi di torbidità, presenza di striature sono dei segni inequivocabili di un quantitativo molto elevato di acqua nell'olio.



Fig. 16:

Campioni di olio idraulico con differenti quantitativi di acqua
da sinistra: 0,01 % - 0,03 % - 0,06 % - 0,1 % - 0,2 % - 2 % acqua nell'olio



Fig. 17:

Fase olio-acqua
(acqua libera)

I metodi di test per la determinazione del contenuto di particelle sono per es.:

Titolazione Karl-Fischer (KF), colorimetrica:

Nella colorimetria si genera lo iodio in modo elettrochimico usando un elettrodo di generatore in una soluzione contenente ioduro. Lo iodio che si forma reagisce immediatamente secondo la reazione Karl Fischer con l'acqua. Non appena nella cella di titolazione non è più presente l'acqua, restano soltanto iodio e ioduro uno accanto all'altro e formano una coppia di redox reversibile. In tal modo si può misurare la corrente che rileva la fine della titolazione. Grazie alla colorimetria è possibile rilevare quantità di acqua molto ridotte nell'olio.

Limiti: 10 ppm - 50.000 ppm

Titolazione Karl-Fischer (KF), volumetrica:

In questa procedura si aggiunge costantemente tramite una buretta a pistone, ad alta precisione, lo iodio disciolto nell'alcol. L'unica differenza con la colorimetria è il tipo di dosaggio del reagente di titolazione, lo iodio. Non appena l'acqua ha reagito completamente, lo iodio resta inutilizzato nella soluzione, la titolazione è conclusa. Il contenuto di acqua è stabilito in base ai volumi usati della soluzione di titolazione.

Limiti: 100 - 1 Mio. ppm

Prolungare la durata dei componenti di sistema

La seguente tabella descrive il probabile prolungamento della durata di sistemi meccanici con fluidi a base minerale, quando si riduce il quantitativo di acqua (fonte: Noria Corporation).

Minore quantitativo di acqua = durata dei componenti maggiore									
Attuale quantitativo di acqua, ppm	Fattore								
	2	3	4	5	6	7	8	9	10
50.000	12.500	6.500	4.500	3.125	2.500	2.000	1.500	1.000	782
25.000	6.250	3.250	2.250	1.563	1.250	1.000	750	500	391
10.000	2.500	1.300	900	625	500	400	300	200	156
5.000	1.250	650	450	313	250	200	150	100	78
2.500	625	325	225	156	125	100	75	50	39
1.000	250	130	90	63	50	40	30	20	16
500	125	65	45	31	25	20	15	10	8
260	63	33	23	16	13	10	8	5	4
100	25	13	9	6	5	4	3	2	2

Fonte: Noria Corporation

Esempio:

Una riduzione del contenuto di acqua da 2.500 a 156 ppm comporta un prolungamento della durata dei componenti del sistema e della macchina moltiplicata per il fattore 5.

L'unità di misura ppm si riferisce all'espressione inglese "parts per million" e corrisponde all'italiano "parti per un milione" (la milionesima parte). Per motivi di migliore comprensione l'unità ppm è convertita spesso in percentuale.

Conversione in percentuale:

1.000.000 ppm = 100 % 1.000 ppm = 0,1 %
 100.000 ppm = 10 % 100 ppm = 0,01 %
 10.000 ppm = 1 % 10 ppm = 0,001 %

Indice di acidità / indice di basicità - Metodi di test

Se l'olio è molto sollecitato dalla presenza di acidi si devono intraprendere immediate contromisure.

I metodi di test per la determinazione del contenuto di acidi sono per es.:

Rilevamento dell'indice di acidità o dell'indice di neutralizzazione

Si tratta di un metodo idoneo per tutti i tipi di olio e fluidi. L'indice di acidità o anche indice di neutralizzazione viene rilevato tramite titolazione, in cui alla miscela olio-solvente si aggiunge come base idrossido di potassio. È indicata la quantità necessaria di idrossido di potassio (KOH) in mg, per legare gli acidi liberi contenuti in 1 g del fluido. Dunque l'olio è caratterizzato da una forte presenza di acidi quanto maggiore è l'indice di acidità o neutralizzazione rispetto all'olio nuovo.

Valori indicativi:

Segnalazione: Indice di acidità in olio nuovo più 0,5 mg KOH/g

Critico: Indice di acidità in olio nuovo più 1,0 mg KOH/g

Rilevamento dell'indice di basicità

Negli oli lubrificanti per motori gli acidi che si formano nel processo della combustione sono neutralizzati innanzitutto dall'alcalinità propria dell'olio. Per cui in questi oli si misura l'indice di basicità per controllare il contenuto degli additivi con effetto di neutralizzazione degli acidi. L'indice di basicità è rilevato tramite titolazione in cui alla miscela di olio - solvente è aggiunto acido perclorico, finché la miscela non diventa neutra. L'indice di basicità è indicato analogamente in mg KOH/grammo e quindi è indicata la quantità di idrossido di potassio (KOH) in mg, che corrisponde alle proprietà di neutralizzazione degli agenti alcalini contenuti in 1 g di olio (additivi) Un olio per motori è caratterizzato da un contenuto maggiore di acidi tanto più elevato è il calo della presenza dell'indice basico rispetto all'olio nuovo.

Valori indicativi:

Segnalazione: Indice di basicità in olio nuovo meno 50 %

Critico: Indice di basicità in olio nuovo meno 70 %

In entrambi i metodi di test è estremamente importante conoscere il valore di riferimento dell'olio nuovo per poter valutare su tali basi l'indice di acidità o basicità.

Altre importanti possibilità di analisi

Analisi elementi

Si utilizza la spettroscopia di emissione atomica per rilevare il tipo e il contenuto di additivi (legami metallo-organici, non: antiossidanti), elementi di usura e contaminazioni nell'olio. A seconda della taratura è possibile determinare tutti gli elementi del sistema di periodi. Il tipo di metalli provocati dall'usura permette di trarre conclusioni su quali componenti della macchina potrebbero essere interessati dall'usura. Un elevato contenuto di elementi con azione catalitica (rame, ferro e alluminio) accelera rapidamente il processo di invecchiamento dell'olio. Il contenuto di additivi permette di stabilire per quanto ancora l'olio è utilizzabile o con quale rapidità avviene il consumo di quali additivi. Anche in questo caso si dovrebbe osservare costantemente l'andamento della tendenza. I valori di riferimento relativi al pacchetto additivi originario dell'olio nuovo sono obbligatori in quanto valori indicativi.

Problematica:

La spettroscopia di emissione atomica determina soprattutto particelle e additivi solubili in acqua che sono < 5 µm. Particelle di usura di dimensioni maggiori, per es. in seguito ad usura per abrasione, non vengono conteggiate. Ossia nell'olio potrebbe trovarsi un numero maggiore di particelle di usura di quelle rilevate dalla spettroscopia di emissione atomica. Per poter formulare una asserzione più precisa, sono necessari test più approfonditi come per es. il conteggio di particelle o il rilevamento del contenuto di ferro magnetizzabile (Particle-Quantifier-Index). Inoltre si deve distinguere tra le analisi degli elementi e non tra additivi usati e attivi.

Unità di misura: mg/kg o ppm
 (1.000 mg/kg = 1.000 ppm = 0,1 pond.%)
 Intervallo valori: 0 - 30.000 ppm

	Sull'elemento può verificarsi		
	Usura	Contaminazione	Additivo
Aluminio	•	•	
Bario		•	•
Piombo	•		•
Boro		•	•
Cromo	•		
Ferro	•		
Potassio		•	
Calcio		•	•
Rame	•		•
Magnesio		•	•
Molibdeno	•		•
Sodio		•	•
Nichel	•		•
Fosforo			•
Silicio		•	•
Zinco	•	•	•
Stagno	•		•
Argento	•		
Titanio	•		
Vanadio	•		•
Tungsteno	•		
Litio		•	
Zolfo		•	•

Panoramica degli elementi riscontrati con maggiore frequenza e relativa, possibile origine. Fonte: Oelcheck GmbH

3

Analizzare e valutare i campioni di olio

Indice PQ (Particle-Quantifier-Index)

Grazie all'indice PQ, rispetto all'analisi degli elementi, in cui non è possibile rilevare presenza di particelle di ferro $> 5 \mu\text{m}$, si determinano tutte le particelle provocate da usura che sono magnetizzabili, indipendentemente dalle relative dimensioni.

In altre parole, l'indice PQ si riferisce alla quantità totale di ferro magnetizzabile*.

Unità di misura: senza dimensione, in quanto indice

Intervallo di valori dell'indice: 25 - 30.000

Entrambi i valori (contenuto di ferro mg/kg dall'analisi degli elementi e indice PQ) sono valutati insieme e forniscono informazioni esaurienti relativamente a procedure di usura anomale / acute:

1. Un indice di PQ maggiore, indipendentemente dal valore del ferro in mg/kg, indica sempre procedure di usura acute.
2. Un indice PQ basso in combinazione con un valore di ferro in mg/kg elevato è indice di usura di tipo corrosivo (ruggine).

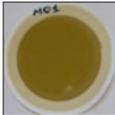
** ferro magnetico = particelle abrasive provocate dai processi di usura*

ferro non magnetico = ossido di ferro (ruggine), solfuro ferroso (additivi)

Test MPC (Membrane Patch Colorimetry)

Si mischiano 50 ml dell'olio da analizzare e 50 ml di eptano filtrato e portati in condizioni di vuoto tramite la membrana di test (finezza del filtro: 0,45 µm).

Dopo la conseguente asciugatura della membrana si esegue la valutazione colorimetrica. In tal caso i residui sulla membrana sono analizzati con sensore spettrale. I depositi assorbono o riflettono la luce per intero o in parte. Le differenze tra luce inviata e riflessa e l'intensità del colore in corrispondenza dei relativi intervalli spettrali permettono di calcolare un indice MPC. A un indice MPC elevato corrisponde una variazione molto intensa del colore del filtro a membrana e quindi un potenziale molto maggiore di formazione di depositi dell'olio. In altri termini nell'olio sono presenti particelle morbide in aumento, - prodotti dell'invecchiamento dell'olio disciolti e non -, che a causa della loro elevata polarità formano lievi depositi presso tutti i componenti ricoperti di olio.

0 - 10	11 - 25	26 - 30	31 - 45	46 - 50	51 - 55	56 - 60
Consigliabile	Monitorare	Attenzione	Critico	Problematico	Sostituzione olio	Pulizia del sistema
Normale invecchiamento dell'olio	Valore limite per formazione di depositi raggiunto in fretta	Molte contaminazioni morbide, inizio di depositi su cuscinetti e punti più freddi nel sistema di lubrificazione	Alto quantitativo di contaminazioni morbide, formazione di depositi in cuscinetti, valvole e / o serbatoi	Decomposizione additivi, ossidazione dell'olio, temperature dell'olio elevate e impiego prolungato dell'olio oltre particelle, che formano depositi	Decomposizione additivi e ossidazione dell'olio molto avanzata, depositi in cuscinetti, valvole e serbatoi	Olio non più utilizzabile, depositi in tutto il sistema
						
Indice MPC 2	Indice MPC 19	Indice MPC 35	Indice MPC 41	Indice MPC 49	Indice MPC 53	Indice MPC 60

Applicazione:

Il test MPC è stato sviluppato per oli per turbine, ma può essere applicato anche per l'analisi di oli idraulici.

Il test non è indicato per oli con un elevato contenuto di particelle solide, in quanto le particelle influenzano il colore della membrana di test e quindi l'indice MPC.

Unità di misura: senza dimensione, in quanto indice

RULER (resistenza all'ossidazione)

Con questo metodo di test si rilevano gli antiossidanti (additivi) ancora presenti nell'olio rispetto ad olio nuovo. Se nell'olio non sono più presenti antiossidanti si verificano l'ossidazione dell'olio (l'invecchiamento dell'olio) e le conseguenze negative correlate. Per questo motivo è importante conoscere il contenuto di antiossidanti soprattutto degli oli ad elevata sollecitazione, quali per es. gli oli per turbine, compressori, ingranaggi, motori a gas e diatermico, per poter trarre delle conclusioni sulla durata residua dell'olio (RULER = Remaining Useful Life Evaluation Routine).

Proprietà di separazione dell'acqua (proprietà demulsionanti)

In base alla proprietà di separazione dell'acqua è possibile testare la capacità dell'olio di separare l'acqua dall'olio. Questa proprietà dipende dal tipo di olio, dalla viscosità e dalla temperatura. Le contaminazioni e gli additivi influenzano questa proprietà di separazione.

Se non è più possibile legare l'acqua nell'olio (possibile solo fino al limite di separazione) e l'acqua è presente nell'olio non disciolta, dovrebbe separarsi dall'olio molto rapidamente. L'acqua libera (fase olio - acqua) può essere rimossa più facilmente e più rapidamente, adottando opportune contromisure, di quanto non accada nelle emulsioni. A causa del campo di impiego gli oli motore e gli oli idraulici del tipo HLP-D costituiscono un'eccezione, agiscono in modo dispersibile e detergente e non demulsionante.

Proprietà di separazione dell'aria

L'aria e le bolle d'aria non disciolte nell'olio si separano molto rapidamente dall'olio. Grazie alle proprietà di separazione dell'aria si misura l'intervallo di tempo in minuti, con cui l'olio separa l'aria non disciolta in esso.

Questa proprietà dipende dal tipo di olio, dalla viscosità e dalla temperatura. Contaminazioni quali particelle, acqua, prodotti di invecchiamento dell'olio e acidi influenzano queste proprietà di separazione. Le proprietà di separazione dell'aria dell'olio usato rispetto all'olio nuovo consentono di prevedere un ulteriore utilizzo dell'olio.

Comportamento schiumogeno

Durante questa procedura di prova si controlla quanto tempo occorre affinché la schiuma generata artificialmente in laboratorio si distrugga. Da ciò è possibile valutare il comportamento in fase applicativa. La formazione di schiuma può essere ridotta tra l'altro usando additivi antischiuma siliconici. Tuttavia l'olio siliconico riduce sensibilmente le proprietà di separazione dell'aria con effetti controproducente (vedere pagina 34).

Additivi

Gli additivi sono prodotti chimici aggiunti utilizzati per ottimizzare in modo mirato le proprietà dell'olio. La combinazione di additivi diversi, con azioni differenti è detta pacchetto di additivi (additivazione) che è composto appositamente per i singoli campi di impiego o tecnologie. La conoscenza del tipo e della quantità di additivi contenuti nell'olio nuovo è importante perché serve come valore di riferimento per le analisi di laboratorio.

Gli additivi attivi sono presenti nell'olio in forma disciolta, ossia fanno parte della struttura molecolare (eccezione: silicio come additivo antischiuma). Gli additivi usati o i relativi prodotti di reazione sono presenti invece in forma non disciolta come particelle morbide o solide. Queste sollecitano l'olio e provocano l'usura e la formazione di depositi. Per questo motivo è importante rimuovere i prodotti di reazione o gli additivi usati tramite filtrazione accurata dell'olio.

L'aggiunta a posteriori di additivi in base all'uso di determinati additivi è consigliabile solo in parte e deve essere svolta in cooperazione col produttore di olio, altrimenti si possono annullare le condizioni della garanzia.

Proprietà dell'olio	Spettro delle prestazioni degli additivi
Comportamento al freddo	I riduttori del punto di scorrimento (Pourpoint) provocano un miglioramento della proprietà di scorrimento a temperature più basse, evitando la cristallizzazione della paraffina contenuta nell'olio minerale.
Resistenza all'ossidazione	Gli inibitori dell'ossidazione (antiossidanti fenolici e amminici) rallentano l'ossidazione dell'olio (invecchiamento dell'olio) e la generazione di prodotti di invecchiamento. Essi neutralizzano i legami contenenti ossigeno, reattivi (radicali liberi).
Comportamento viscosità-temperatura	I miglioratori dell'indice di viscosità aumentano l'indice di viscosità dell'olio e ampliano l'intervallo delle temperature di impiego.
Anticorrosivo	Gli inibitori della corrosione generano un film protettivo sulle superfici metalliche in modo che l'acqua e l'ossigeno non possono reagire con la superficie e riducono la formazione di ruggine. Inoltre essi neutralizzano gli acidi in seguito alla disgregazione di attivi e all'ossidazione.
Proprietà di rilascio dello sporco	I detergenti sciolgono le contaminazioni maggiori (depositi di fango e varnish) in particelle sottili che vengono trasportate dai disperdenti.
Proprietà disperdenti	I disperdenti trattengono le contaminazioni disciolte dai detergenti in sospensione e fanno sì che non si depositino nuovamente e vengano trasportati via (per es. verso un filtro).
Proprietà EP (extreme pressure) Proprietà AW (anti-wear)	Gli additivi EP e AW (additivi per alta pressione e protezione dalla usura) formano sulle superfici degli strati sottili protettivi e riducono l'usura anche localizzata delle superfici di metallo.
Comportamento schiumogeno	Gli additivi anti-schiuma (ad es. oli siliconici) influenzano le forze di coesione fra le molecole dell'olio e riducono la tensione superficiale. La pellicola d'olio conseguentemente più sottile delle bolle d'aria scoppia più facilmente e si riduce la formazione di schiuma. Svantaggio: l'ossigeno si lega ai componenti polari, l'olio invecchia più rapidamente. La minore tensione superficiale rende più piccole le bolle d'aria sotto la superficie e conseguentemente peggiorano le proprietà di separazione dell'aria. Le bolle d'aria grandi hanno migliori proprietà di separazione dell'aria.

3

Analizzare e valutare i campioni di olio

Importanti analisi di laboratorio per additivi:

La verifica dell'efficacia degli additivi è a malapena possibile e solo utilizzando delle procedure molto costose. Utilizzando i seguenti tipi di analisi si possono formulare delle conclusioni sull'efficacia e sulla durata residua degli additivi sulla base di osservazioni delle tendenze.

Analisi elementi

Grazie alla spettroscopia di emissione atomica si possono rilevare additivi che si basano su legami metallo-organici (metalli additivi). Il confronto quantitativo dei valori rilevati con i valori di riferimento dell'olio nuovo fornisce informazioni sulla disgregazione degli additivi. Tuttavia occorre considerare che gli elementi possono avere anche un'altra origine e non appartenere obbligatoriamente al pacchetto di additivi.

Elementi	Efficacia come metallo additivo	Origine alternativa
Bario	Additivo EP o detergente e disperdente in oli per motori	Grasso per alte temperature, paste per il montaggio
Piombo	Attualmente non più utilizzato come additivo!	Cuscinetti radenti, leghe di metalli, metalli per saldature
Boro	Detergente e disperdente in olio motori, additivo per emulsioni e acqua refrigerante	Componente della lega di glicole
Potassio	Additivo per fluidi acquosi	Sale, acqua corrente
Calcio	Detergente (olio per motori diesel, olio idraulico) stabilità termica	Polvere di calcare, acqua fredda e acqua corrente
Magnesio	Stabilità termica (oli idraulici, per motori), riserva alcalina per oli motore	Acqua corrente
Sodio	Inibitore anticorrosivo (per es. fluidi acquosi)	Sale, aria salmastra, acqua corrente
Fosfore	Additivo EP (per lo più con zinco o zolfo)	Abrasioni di superfici
Silicio	Additivo anti-schiumogeno (olio silconico)	Polvere, condensa di gas (motori a gas), guarnizioni silconiche, grassi silconici o distaccante
Zinco	Additivo EP	Abrasioni di superfici, applicazioni di colore, ecc.

Elementi della spettroscopia di emissione atomica, fonte: Oelcheck GmbH

RULER (resistenza all'ossidazione)

Grazie al test RULER sono possibili predizioni sulla quantità degli antiossidanti e sulla durata residua dell'olio.

Indice di acidità e indice di basicità

Usando l'indice di acidità si stabilisce la quantità dei componenti acidi nell'olio (prodotti di reazione dell'effetto degli additivi, ossidazione, idrolisi) in base alla quale si può determinare il consumo di additivi.

L'indice basico permette di calcolare a quantità degli additivi con azione alcalina e di conseguenza la quantità degli acidi che possono essere neutralizzati.

Filtrazione flusso principale e secondario

Filtro di aspirazione

Il filtro di aspirazione si trova nella corrente principale prima della pompa del sistema e serve a proteggere la pompa dai danni provocati dalle particelle grossolane. La finezza del filtro è molto ridotta ed è di solito $> 25 \mu\text{m}$. Questo filtro non è indicato per proteggere i componenti. Inoltre non rimuovono l'acqua, per proteggere la pompa dalla cavitazione.

Filtro di pressione

Il filtro di pressione si trova nel flusso principale dietro la pompa di sistema e serve per proteggere la macchina e i relativi componenti dall'usura provocata dalle particelle solide. La finezza del filtro di solito è pari a $10 - 15 \mu\text{m}$. Elevate pressioni di esercizio, forti oscillazioni di pressione e portata elevata provocano una sollecitazione consistente con affaticamento del materiale e distruzione della struttura dei pori. Occorre effettuare con frequenza la sostituzione del filtro con elementi peraltro molto costosi. Come conseguenza aumentano i costi energetici, una filtrazione molto accurata infatti richiede la generazione di pressione aggiuntiva prima del filtro.

Filtro di ritorno

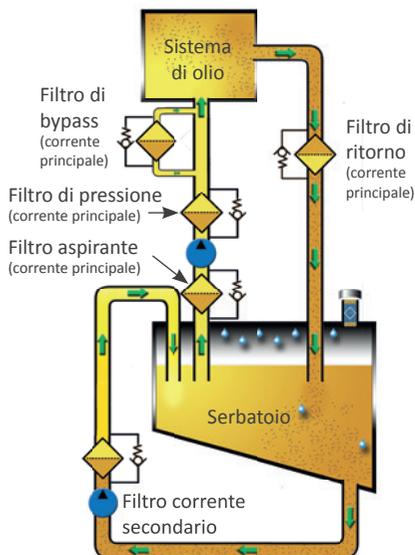
Quando presente, il filtro di ritorno si trova nel flusso principale, nella linea di ritorno o integrato nel serbatoio. Si può utilizzare una finezza elevata per il filtro tuttavia questa ha come svantaggio che le contaminazioni vengono rilevate soltanto in uscita dal sistema dell'olio lubrificante. Sono necessari eventualmente filtri grandi, in quanto la corrente di ritorno spesso è maggiore della corrente di mandata della pompa. In caso di elementi filtranti con stabilità di pressione ridotta si verifica anche in seguito alle pressioni pulsanti la distruzione dell'elemento filtrante.

Filtro di bypass

Il filtro di bypass lavora in un circuito secondario del flusso principale. La finezza del filtro è elevata e si trova di solito nell'intervallo di $3 \mu\text{m}$. In questo modello di filtro viene deviata e filtrata solo una quantità molto ridotta del flusso di portata principale.

Filtro flusso secondario

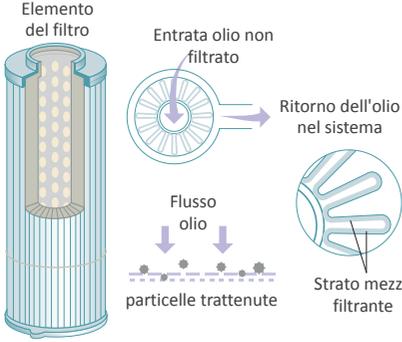
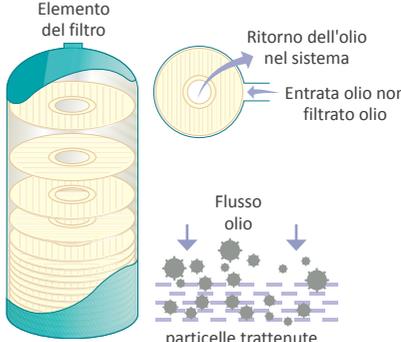
Il filtro di flusso secondario lavora in un circuito separato indipendente dall'esercizio della macchina (filtrazione 24/7). L'olio contaminato è aspirato dal punto più basso del serbatoio di sistema. La linea di ritorno dell'olio nel serbatoio di sistema si trova in prossimità della pompa principale di sistema. Grazie alla presenza di una pompa propria è possibile un adattamento ottimale della corrente del fluido, per cui si possono utilizzare cartucce del filtro basso con una finezza $< 1 \mu\text{m}$. In seguito al tempo prolungato di contatto tra materiale del filtro e fluido si ottiene un'efficienza elevata del filtro stesso. Per la sostituzione del filtro, al contrario rispetto ad altri filtri, non è necessario spegnere la macchina.



Una purezza dell'olio sempre elevata può essere ottenuta soltanto tramite una filtrazione accurata e continua nella corrente secondaria in aggiunta ai filtri del flusso principale.

Filtrazione flusso principale e secondario in confronto

Filtro flusso principale	Filtro flusso secondario
<p>Portata elevata e forti oscillazioni di pressione determinano rapido affaticamento del materiale e distruzione della struttura dei pori. Ciò provoca il passaggio di particelle più grandi attraverso il filtro oppure queste si disgregano all'urto con l'elemento del filtro in numerose particelle più piccole. Le oscillazioni di pressione (funzionamento start/stop), sprigionano nuovamente le particelle già trattenute che non possono essere legate in modo costante.</p> <p>Il tempo di contatto tra fluido e materiale del filtro è estremamente ridotto in seguito all'elevata portata.</p>	<p>Un circuito separato non provoca problemi con le oscillazioni di pressione. La pompa propria consente l'adattamento ottimale della portata, garantendo un tempo di contatto lungo tra fluido e materiale filtrante. Soltanto in tal modo è possibile ottenere classi di purezza eccellenti che vengono mantenute a lungo.</p>
<p>La pompa di sistema aspira l'olio solo dalla superficie del serbatoio, le contaminazioni nel pozzetto dell'olio non sono rilevate.</p>	<p>La pompa del filtro di flusso secondario aspira l'olio dal punto più basso del serbatoio di sistema, per cui è filtrato anche l'olio molto contaminato sul fondo del serbatoio (sedimentazioni, ecc.). La linea di ritorno dell'olio pulito si trova in prossimità della pompa del sistema principale per cui è alimentata sempre con olio pulito.</p>
<p>La filtrazione dipende dall'esercizio della macchina. Per una sostituzione del filtro è necessario spegnere la macchina.</p>	<p>Filtrazione continua indipendente dal funzionamento della macchina (24/7). Grazie al circuito secondario indipendente non è necessario spegnere la macchina per la sostituzione del filtro.</p>
<p>Microfiltrazione con filtri di pressione, di bypass e di ritorno possibile fino nel campo di 3 µm.</p> <p><u>Svantaggio per i filtri di pressione:</u> Più fine è la filtrazione, maggiori sono i costi energetici.</p> <p><u>Svantaggio per i filtri di ritorno:</u> Più fine è la filtrazione, maggiori sono le dimensioni di ingombro.</p>	<p>Filtrazione fine normalmente possibile a 3 µm assoluta e 1 µm nominale. Ma possibile anche < 1 µm nell'intervallo dei submicron. Grazie alla filtrazione fine nel flusso secondario il filtro del flusso principale è meno gravato. La finezza del filtro per filtro di mandata ed event di ritorno può essere ridotta, ottenendo non solo una riduzione dei costi energetici ma anche per quelli degli elementi del filtro (minori sostituzioni del filtro, finezza del filtro ridotta).</p>

<p>Filtro flusso principale per es. Filtro di superficie in fibra di vetro</p>	<p>Filtro flusso secondario per es. Filtro di profondità di cellulosa</p>
	
<p>I filtri di superficie posseggono in virtù della profondità ridotta e del minor volume una capacità reale di ricezione dello sporco molto bassa, per cui sono necessarie sostituzioni del filtro frequenti.</p>	<p>I filtri di profondità sono corpi formati da vari dischi. L'olio attraversa il filtro profondo in direzione radiale dall'esterno all'interno. Le contaminazioni sono trattenute nella profondità del materiale filtrante. La capacità di ricezione dello sporco è estremamente elevata come anche il tempo di conservazione o durata del elemento di filtro. In seguito al tempo di contatto prolungato del fluido col materiale del filtro, si ottiene un'efficienza filtrante molto elevata.</p>
<p>Rimuove solo particelle solide</p>	<p>Rimuove particelle solide, acqua, prodotti di invecchiamento dell'olio e neutralizza i componenti acidi nell'olio.</p>

La filtrazione è tanto più efficace quanto maggiore è il tempo di contatto tra il liquido di esercizio e il materiale del filtro. Le cartucce del filtro profondo sono caratterizzate da tratti filtranti lunghi.

Metodi per la separazione di acqua

Filtrazione con cellulosa

Le fibre di cellulosa posseggono la capacità di rimuovere tramite assorbimento sia l'**acqua libera che disciolta** da oli minerali, carburanti e fluidi sintetici anche quando sono presenti solo pochi ppm di acqua nell'olio. La capacità di assorbimento dell'acqua è molto elevata. In questa procedura l'olio deve attraversare il materiale filtrante lentamente, per cui essa è utilizzata soltanto in filtri per flusso secondario. Assorbimento significa che l'acqua viene assorbita nel volume libero della fase assorbente (cellulosa) senza che si verifichi una reazione chimica.

Coalescenza

La coalescenza è idonea per la separazione dell'**acqua libera** da carburanti e oli minerali e fluidi sintetici con buone proprietà demulsionanti (< 20 minuti). Per una prestazione ottimale di coalescenza prima dell'inizio della procedura vengono rimosse le contaminazioni solide che si trovano nell'olio o nel carburante tramite filtrazione fine. Le contaminazioni influenzano le proprietà demulsionanti in modo negativo, intasano eventualmente il filtro a coalescenza e ne possono ridurre l'efficienza. Nel filtro a coalescenza collegato a valle l'olio scorre in modo laminare attraverso l'elemento coalescente, laddove le goccioline di acqua vengono trattenute dalle fibre del coalescente in modo più intenso rispetto all'olio in seguito a forze di adesione superiori. Le goccioline d'acqua vengono spinte dallo scorrimento in modo lento lungo le fibre del coalescente, s'incontrano in punti di taglio con altre goccioline e diventano gocce più grandi. In seguito alla forza di gravità e allo spessore in aumento esse vengono infine liberate e separate in una zona di deposizione.

Centrifughe o separatori

Grazie alle centrifughe si può separare l'**acqua libera** presente nei carburanti, negli oli minerali e nei fluidi sintetici. Tuttavia il contenuto di acqua solo raramente è ridotto a meno di 1.000 ppm, poiché con questo metodo si possono separare solo gocce grandi. Le goccioline restano nell'olio. Le centrifughe separano varie fasi di spessore differente. La proprietà di separazione sono tanto migliori, quanto maggiore è la differenza di densità tra le fasi di separazione. Dato che la differenza di densità tra acqua e olio è minima, la procedura richiede delle impostazioni preliminari precise. Quanto maggiore nella pratica è la differenza dai parametri configurati, per es. della viscosità, tanto maggiore è il rischio che non venga centrifugata solo l'acqua ma anche l'olio, provocando un aumento del consumo dello stesso.

Desorbimento

La procedura di desorbimento è in grado di separare indipendentemente dall'additivazione e dalla viscosità l'**acqua libera e disciolta** dall'olio. In questo modo si possono asciugare gli oli minerali e i fluidi sintetici con una proprietà demulsionante scarsa (> 20 minuti) e persino le emulsioni stabili anche in presenza di un elevato quantitativo di acqua fino al 30 % o 300.000 ppm.

Il desorbimento si basa sul principio per cui l'aria scaldata può ricevere grandi quantità di acqua. L'olio riscaldato incontra l'aria fredda, asciutta in controcorrente. L'aria è scaldata dall'olio e riceve l'acqua fino al limite di saturazione prelevandola dall'olio. Nel successivo raffreddamento dell'aria, l'acqua condensa e l'aria asciutta è utilizzata nuovamente per asciugare l'olio.

Sistema del vuoto

Grazie al sistema del vuoto è possibile separare l'**acqua libera e quella disciolta** da oli minerali e fluidi sintetici. In seguito alle elevate quantità di energia necessarie (energia di evaporazione*) questa procedura di separazione tuttavia è conveniente soltanto per volumi ridotti di olio. Inoltre essa è limitata in presenza di contenuto di acqua ed aria elevati.

I differenti punti di ebollizione di olio e acqua da un lato e la dipendenza dalla pressione del punto di ebollizione dall'altro consentono in condizioni di vuoto una separazione facile tramite distillazione. L'olio è condotto in una camera per il vuoto, da cui vengono prelevati costantemente i gas tramite una pompa per il vuoto. La sottopressione che si ottiene in tal modo determina la riduzione del punto di ebollizione dell'acqua che evapora a temperature molto basse. A 0,1 bar la temperatura di ebollizione dell'acqua è 45 °C. Il vapore acqueo viene aspirato tramite la pompa per il vuoto.

** L'energia di evaporazione è la quantità di calore necessario per portare una determinata quantità di fluido da uno stato liquido a uno gassoso (evaporazione).*

NOTA SUL DESORBIMENTO E SUL SISTEMA DEL VUOTO:

In queste due procedure è rimosso soltanto H₂O. Se l'olio è contaminato con acqua salmastra si consiglia di combinare il sistema con un filtro (finezza del filtro 3 - 5 µm) per togliere i cristalli di sale che restano nell'olio. Il filtro ottimale è quello che non solo rimuove le particelle solide ma anche i prodotti dell'invecchiamento dell'olio.

Filtrazione con filtro molecolare

I filtri molecolari hanno una forte azione igroscopica (attragono l'umidità) e tramite adsorbimento rimuovono l'**acqua libera e quella disciolta** dagli oli minerali e dai fluidi sintetici. Essi sono presenti in natura in forma di zeoliti, ma possono essere prodotti anche in modo sintetico a partire da silicati di alluminio. Attraverso la produzione sintetica si possono ottenere strutture cristalline con spazi cavi di grandezza differente, che consentono di separare le molecole secondo le dimensioni. I filtri molecolari con una grandezza di pori tra 3 e 4 Å (Ångström) sono in grado di assorbire molecole di acqua. Adsorbimento significa che l'acqua viene trattenuta sulla superficie del filtro molecolare. Il filtro molecolare è in grado di ricevere quasi il 20 % del peso specifico sotto forma di acqua.

Metodi per i prodotti di invecchiamento dell'olio**Filtrazione con cellulosa:**

I prodotti di invecchiamento dell'olio sono polari e quindi possono essere prelevati con la cellulosa. Le fibre della cellulosa presentano nella propria struttura molecolare numerosi punti polari. Grazie alla combinazione di adsorbimento e assorbimento trattengono i prodotti di invecchiamento dell'olio e li legano in modo permanente. Le fibre di cellulosa presentano una superficie interna per grammo di 150 m², in altri termini per un peso di 3 kg la superficie interna dell'elemento filtrante corrisponde a 60 campi di calcio. La cellulosa possiede la facoltà di eliminare in modo permanente non solo i **prodotti di invecchiamento dell'olio non disciolti ma anche quelli disciolti**. In tal caso si rinuncia alla sollecitazione aggiuntiva dell'olio con sistemi energetici o chimici.

Electrophysical Separation Process (ESP)

Il sistema ESP rimuove i **prodotti dell'invecchiamento disciolti e non** tramite un filtro chimico in base al principio del chemiadsorbimento e dell'adsorbimento. Il chemiadsorbimento è una forma speciale di adsorbimento in cui i prodotti di invecchiamento dell'olio vengono legati al mezzo di adsorbimento e subiscono una variazione chimica.

Il filtro chimico è configurato a seconda del tipo di olio e del pacchetto di additivi ma anche delle circostanze che determinano i prodotti di invecchiamento dell'olio. Lo svantaggio in questo caso è costituito dal fatto che alla minima variazione dei parametri si deve riadattare il filtro.

Electrostatic Precipitation

Tutte le particelle di sporco non disciolto indipendentemente dalla forma, dal tipo di materiale o dalle dimensioni posseggono carica positiva o negativa oppure sono neutre (senza carica) e possono pertanto essere influenzate secondo il principio delle elettroforesi e dielettroforesi e separate tramite materiali e forme strutturali idonee dell'elemento di separazione (collettori). L'olio attraversa varie coppie di elettrodi. Tra queste sono disposti i collettori veri e propri dello sporco, su cui vengono trattenute le particelle.

Le particelle con carica positiva sono trattenute sugli elettrodi negativi, mentre le particelle con carica negativa aderiscono alle piastre collegate a massa. Le particelle neutre sono trattenute nell'area con l'intensità di campo maggiore (le pieghe nelle piastre del collettore).

Grazie a questa procedura è possibile rimuovere **particelle solide e contaminazioni morbide non disciolte (prodotti di invecchiamento dell'olio)** fino a $< 0,01 \mu\text{m}$. Il sistema non è idoneo per oli con elevato contenuto di acqua.

Balanced Charge Agglomeration (BCA)

Nel caso del Balanced Charge Agglomeration le contaminazioni sono caricate molto intensamente, laddove le particelle con carica negativa e positiva si attraggono reciprocamente in modo ancora più intenso. Esse diventano delle particelle più grandi (agglomerati) e pertanto sono filtrabili.

La corrente d'olio viene suddivisa e condotta in parallelo attraverso una serie di elettrodi polarizzati positivamente e una serie di elettrodi polarizzati negativamente. In tal modo s'intensifica la carica positiva o negativa, presente in tutte le contaminazioni di qualsiasi natura. Durante la conduzione successiva delle due correnti di olio ionizzate le particelle positive e negativa si attraggono così intensamente da diventare particelle più grandi e formare agglomerati, che possono essere filtrati in modo meccanico.

Grazie a questa procedura è possibile rimuovere **particelle solide e contaminazioni morbide non disciolte (prodotti di invecchiamento dell'olio)** fino a $> 0,1 \mu\text{m}$. Il sistema non è idoneo per oli con elevato contenuto di acqua. Anche gli oli con una conducibilità ridotta sono problematici poiché possono trasportare cariche elettriche che in fase di scaricamento generano scintille.

Metodi per la neutralizzazione di acidi

NOTA: Le proprietà di neutralizzazione degli acidi organici dipendente dalla struttura.

Filtrazione con resine a scambio ionico

Gli scambiatori ionici sono materiali con cui si possono sostituire gli ioni disciolti con altri ioni di uguale carica, generando uno scambio ionico.

Gli scambiatori ionici per la neutralizzazione di acidi sono scambiatori ad azione basica, che contengono gruppi amminici su cui si depositano gli anioni degli acidi liberi legandosi in modo reversibile. La basicità dello scambiatore è sufficiente per materiali deboli e medio basici. Come prodotto di reazione si forma acqua, pertanto è consigliabile utilizzare un filtro per la separazione dell'acqua.

Filtrazione con ossido di alluminio

L'ossido di alluminio attivato è un mezzo di adsorbimento, che insieme agli acidi reagisce come base e può essere utilizzato pertanto in modo ideale per la neutralizzazione di acidi anorganici e organici. Lo svantaggio tuttavia è caratterizzato dal fatto che nella reazione di acidi e ossido di alluminio si formano sali di alluminio e acqua. Tutti e due i prodotti di reazione accelerano l'invecchiamento dell'olio e devono essere rimossi tramite filtrazione.

Filtrazione con argilla smettica

L'argilla smettica (anche detta terre di Fuller) è un silicato di alluminio attivato a livello termico che può essere impiegato come mezzo di adsorbimento per vari scopi. Può essere utilizzato tra l'altro come neutralizzazione di acidi in oli e fluidi. Gli acidi (organici e anorganici) sono assorbiti sulle superfici attive dell'argilla smettica. Grazie al contemporaneo adsorbimento di prodotti di invecchiamento dell'olio l'olio viene sbiancato e si evita la formazione di altri acidi organici. Tuttavia sono assorbiti anche gli additivi, laddove in presenza di oli molto additivati, è inevitabile l'aggiunta di additivi se si utilizza l'argilla smettica. La procedura è indicata per oli isolanti, che vengono prodotti da un olio di base di qualità ottimale e che contengono pochi additivi.

Filtrazione con cellulosa

Le fibre di cellulosa sono caratterizzate dalla proprietà di assorbire l'acqua e di rimuovere i prodotti di invecchiamento dell'olio. Gli acidi anorganici (acido nitrico, acidi solforico, ecc.), che sono disciolti in acqua, vengono assorbiti dalla cellulosa insieme all'acqua. La formazione di acidi organici è minimizzata tramite la riduzione dei prodotti di invecchiamento dell'olio (preamplificatore).

Valutare efficienza filtrante o grado di separazione

Test multipass a norma ISO 16889

Per provare e confrontare vari filtri per oli idraulici è stata sviluppata una procedura di prova standardizzata. Il test multipass è una procedura di prova con passaggio multiplo (test di breve durata) i cui risultati forniscono informazioni sul grado di separazione o sull'efficienza filtrante di un filtro, sulle possibili capacità di ricezione dello sporco e sulle perdite di pressione previste.

Valore beta - grado di separazione o efficienza filtrante

Il **Valore Beta** descrive il rapporto delle particelle nel fluido prima e dopo il filtro. Il valore Beta è indicato in β_x laddove la "x" si riferisce alla dimensione delle particelle osservate.

Il valore Beta è stato stabilito attraverso la seguente formula:

$$\beta_x = \frac{\text{quantità delle particelle a partire dalla dimensione } x \text{ prima del filtro}}{\text{quantità delle particelle a partire dalla dimensione } x \text{ dopo il filtro}}$$

Il grado di separazione o l'efficienza filtrante in percentuale (%) è calcolata nel seguente modo:

$$E = \frac{(\text{particelle dalla dimensione } x \text{ prima del filtro} - \text{particelle dalla dimensione } x \text{ dopo il filtro})}{\text{particelle a partire dalla dimensione } x \text{ prima del filtro}} \times 100$$

Esempio:

Quantità delle particelle > 3 μm prima del filtro: 5.000.000 particelle

Quantità delle particelle > 3 μm dopo il filtro: 50.000 particelle

$5.000.000 / 50.000 = 99$, ossia il valore Beta è $\beta_3 = 99$

$\beta_3 = 99$ in questo esempio vuol dire che 50.000 di 5.000.000 particelle > 3 μm passano il filtro, il grado di separazione o l'efficienza del filtro è 99 %, solo l'1 %

non è trattenuto. Si stabilisce soltanto il grado di separazione cumulativo che indica quante delle particelle separate sono > maggiori di una determinata dimensione x delle particelle.

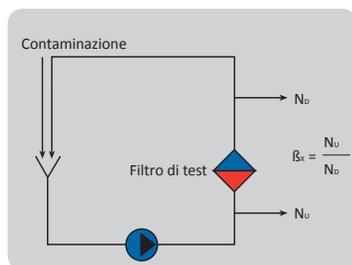


Fig. 18:
Test multipass (procedura di prova con attraversamento multiplo)
fonte: Norma ISO

Finezza assoluta e nominale del filtro sulla base del test multipass

I concetti di finezza assoluta e nominale del filtro derivano dalle specifiche MIL dell'Esercito degli Stati Uniti e non sono definiti in alcuna norma tedesca. Un elemento importante delle specifiche è costituito dal test delle perle di vetro, con il quale si definisce la finezza assoluta del filtro. Secondo la definizione, un filtro con grado di filtrazione assoluto possiede un'efficienza filtrante del 100 %, cioè in un da 15 μm non passa attraverso di esso alcuna perla di vetro con un diametro di 15 μm . Pertanto il concetto di "finezza assoluta del filtro" deve essere impiegato soltanto nell'ambito di questo test. Nonostante ciò, viene in parte utilizzato come grandezza caratteristica.

Nella prassi oggi si parla di "filtro con grado di filtrazione assoluto", se questo ha un'efficienza filtrante superiore al 99,9% (valore Beta = almeno 1000), cioè con la finezza assoluta del filtro viene descritta la grandezza delle particelle in μm , che viene filtrata al 99,9%.

Per il filtro con grado di filtrazione nominale non è definito nella prassi alcun valore limite fisso. Esso separa almeno una determinata percentuale di particelle solide maggiore della grandezza delle particelle indicata in μm . La percentuale deve essere richiesta, caso per caso, al produttore del filtro.

Capacità di trattenimento dello sporco

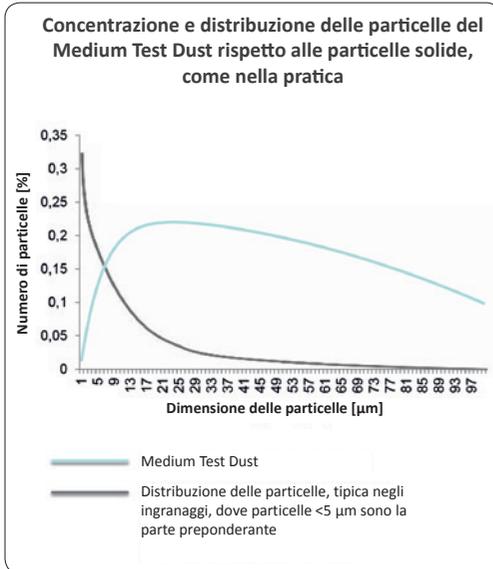
Con ciò s'intende la quantità di contaminazioni che sono raccolte dall'elemento filtrante finché non è raggiunta la pressione di saturazione. La misurazione avviene in termini di peso o volumi. La quantità di contaminazioni che possono essere raccolte da un filtro è di importanza decisiva per i costi di esercizio in un determinato periodo di tempo.

In un confronto tra i costi di vari elementi filtranti si deve considerare anche il rapporto tra costi e capacità di assorbimento dello sporco, ossia quanto costa la rimozione di 1 kg di sporco.

Problematica**• Il test multipass non è conforme alla realtà:**

1. L'olio può essere sollecitato con aria u bolle d'aria influiscono sull'efficienza filtrante e sul conteggio delle particelle.
2. Oscillazioni e variazioni di pressione in seguito al funzionamento start/stop non sono prese in considerazione.
3. Le variazioni di viscosità non sono considerate.
4. L'apporto di sporco non è mai costante.
5. Il valore Beta varia per classi di purezza differenti, ossia è semplice ottenere un buon grado di separazione, quanto il numero di particelle nella sospensione di test è molto alto.

6. La polvere di test non corrisponde in termini di concentrazione e distribuzione di particelle le condizioni reali nei fluidi di esercizio (ved. fig. 19 e 20).



Nella maggior parte delle applicazioni le particelle sono < 10 µm problematico. La concentrazione di queste particelle sottili nell'olio è molto elevata:

75 % delle particelle sono tra 1 - 5 µm

15 % delle particelle sono tra 5 - 10 µm

10 % delle particelle sono > 10 µm

Medium Test Dust ISO 12103-A3 per Multipass-Test ISO 16889

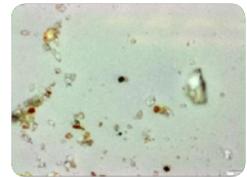


Fig. 19

Caratteristica:

Tante, particelle grandi fino a 80 µm e una percentuale molto bassa di particelle comprese tra 0 e 5 µm.

Particelle abrasive nella pratica



Fig. 20

Caratteristica:

Molte particelle piccole < 5 µm, distribuite uniformemente

7. La sola osservazione delle particelle non è sufficiente, in quanto i prodotti di invecchiamento dell'olio (vernice, ecc.) e l'acqua giocano un ruolo fondamentale per la protezione dall'usura.

- Il confronto diretto di filtri in linea e in circuito secondario non è possibile anche il confronto di filtri in circuito secondario può essere problematico soprattutto quando differisce di molto il relativo effetto e funzionamento.

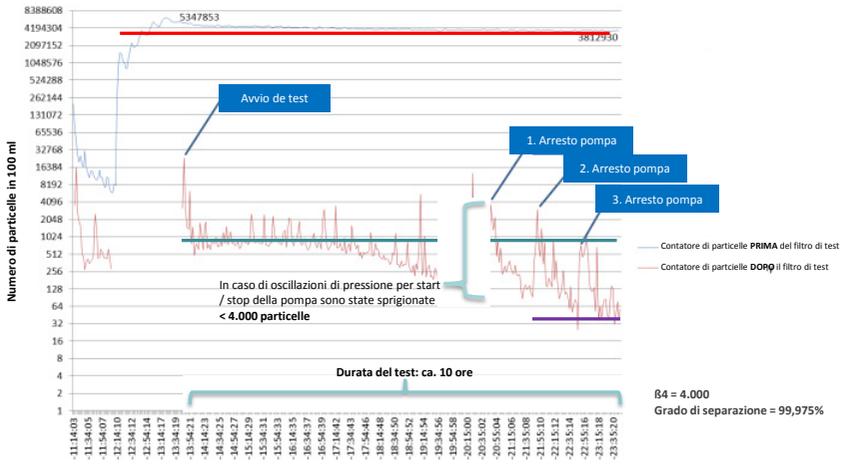
4

Tipologie di filtrazione per la rimozione di contaminazioni

Esempio:

Esecuzione di un test per l'analisi dell'efficienza filtrante di un filtro fine e profondità CJC™ in conformità col test multipass a norma ISO 16889

Condizioni del test: Concentrazione solida: 2 g/h MTD (= 16,6 mg/l)
Prestazioni della pompa: 120 l/h



Risultato del test: PRIMA della filtro di test CJC™
Contenuto delle particelle > 4 µm in 100 ml di fluido del test
= Ø 4.000.000
= Classe di purezza 22 (a norma ISO 4406)

DOPO la filtro di test CJC™
Contenuto delle particelle > 4 µm in 100 ml di fluido del test
= Ø 1.000
= Classe di purezza 10 (a norma ISO 4406)

Risultato migliore: Classe di purezza 6 (a norma ISO 4406)
= da 32 a 65 particelle > 4 µm in 100 m

Valore beta (grado di separazione) = 4.000
Efficienza filtrante = 99,975 %

Particolarità per tipi speciali di olio

Liquidi idraulici difficilmente infiammabili

Per ridurre il rischio di incendio sono previsti a livello legale fluidi idraulici per determinate applicazioni quali per es. i circuiti di controllo di turbine, presse e macchine di stampo pressofuso. La temperatura di autoaccensione è ovviamente più elevata dei liquidi di esercizio a base di olio minerale, per cui il contatto con i componenti dell'impianto fortemente scaldati in caso di perdite o rottura delle condutture non provoca immediatamente un incendio.

Classificazione di liquidi idraulici altamente infiammabili

Tali liquidi sono suddivisi in due categorie: fluidi contenenti acqua e senza acqua

Gruppo	Percentuale di acqua	Descrizione	Applicazione
HFA HFA-E	ca. 80 - 90 %	Emulsione olio in acqua	Miniere sotterranee, impianti di acqua a pressione
HFA-S	ca. 90 - 95 %	Sostituzione sintetica	Miniere sotterranee, impianti di acqua a pressione
HFB	ca. 40 %	Emulsione di acqua nell'olio	Non consentito in Germania a causa dell'elevata percentuale di olio minerale
HFC HFC	ca. 50 %	Soluzione polimerica (acqua / glicole)	Miniere sotterranee, industria dell'acciaio, macchine per stampo pressofuso, presse
HFC-E	ca. 20 %	Soluzione polimerica (acqua / glicole)	Miniere sotterranee, industria dell'acciaio
HFD HFD-R	0 %	Esteri di fosforo	Liquidi di controllo di turbine, ingranaggi di velivoli
HFD-S	0 %	Idrocarburi clorati senza acqua	
HFD-T	0 %	Miscela di HFD-R e HFD-S	
HFD-U	0 %	Esteri di acidi carbossilici	Per pressioni molto elevate come per es. nelle macchine per perforazione dei tunnel (ecologico)

Fluidi HFA

Questi fluidi sono estremamente fluidi, per cui si possono formare lievi perdite. L'elevata percentuale di acqua determina il rischio di crescita batterica e funghi.

Fluidi HFC / glicole acqua

Questi fluidi posseggono delle proprietà idrauliche molto elevate e sono difficilmente infiammabili. Anche in caso di temperature superiori a 600 °C non si auto-accendono.

5

Particolarità per tipi speciali di olio

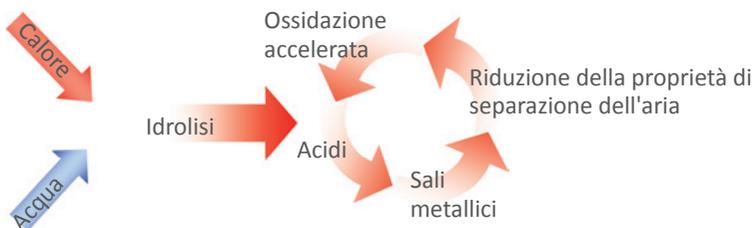
In seguito alle elevate temperature di esercizio si verifica spesso l'evaporazione della percentuale di acqua provocando delle variazioni di viscosità, ossia il rapporto tra acqua e glicole deve essere controllato costantemente.

Fattori di influenza quali l'ossidazione, temperature elevate e determinati elementi di usura determinano in questi fluidi la polimerizzazione del glicole (distruzione o processo di invecchiamento). Ciò provoca di conseguenza la formazioni di depositi, che all'avvio della macchina comportano il blocco delle valvole.

In fase di filtrazione si deve considerare che vengono rimossi esclusivamente le particelle e i prodotti di invecchiamento ma non la percentuale di acqua del fluido.

Fluidi HFD

Questi fluidi appartengono alla categoria di fluidi sintetici senza acqua e posseggono le migliori proprietà idrauliche. Elevate temperatura d'esercizio, picchi di temperatura e percentuale di acqua provocano tuttavia in questi fluidi a base di estere l'idrolisi, in cui le molecole vengono suddivise nei loro componenti originali, alcol e acidi, provocando una rapida acidificazione. Tanto maggiore è lo stato di avanzamento dell'idrolisi tanto più rapidamente avviene l'ulteriore disgregazione dell'estere.



Nella filtrazione si deve prestare attenzione, che vengano rimosse dal fluido non solo le particelle ma anche l'acqua e gli acidi, per rallentare il processo catalitico della distruzione delle molecole a causa dell'idrolisi (allungamento della durata) ed evitare le conseguenze negative (corrosione, sedimentazione, potere lubrificante ridotto, riduzione della resistenza elettrica, ecc.).



Environmentally Acceptable Lubricants (EAL) / Oli biodegradabili

Agli oli Environmentally Acceptable Lubricants appartengono per es. estere, PAG (Poli-alfa glicole), PAO (Poli-alfa-olefine) miscele PAG-Estere e oli vegetali. Nel caso di tutti gli oli EAL / biodegradabili si verificano enormi problemi se contaminati con l'acqua. Estere, miscele PAG-Estere e oli a base vegetale sono caratterizzati per esempio da una stabilità idrolitica ridotta e si distruggono molto rapidamente in caso di reazione con l'acqua. Inoltre l'estere e le miscele PAG-estere posseggono delle proprietà demulsionanti scarse, per cui formano rapidamente delle emulsioni. Per l'uso in applicazioni in cui sussiste il pericolo di un apporto continuo di acqua (per es. thruster, sistemi di tubi secondo la legge di stevino nella navigazione) si devono installare necessariamente sistemi filtranti idonei per la rimozione dell'acqua, per rallentare la distruzione tramite idrolisi e la durata degli EAL /olio biodegradabili. Questi oli speciali sono quasi 3, 5 se non addirittura 8 volte più costosi degli oli minerali.

	Degradabilità biologica	Produzione di materie prime rinnovabili	Tossicità	Stabilità idrolitica	Stabilità all'ossidazione
PAO	Bassa	No	Alta	Bassa	
PAG	Bassa	No	Bassa	Varia	
Estere	Ottima	Sì	Bassa	Molto bassa	Molto bassa
Oli a base vegetale	Eccellente	Sì	No	Molto bassa	Molto bassa
Miscel PAG estere	Ottima	Solo la percentuale di esteri	Bassa	Bassa	

Oli isolanti

Le percentuali di acqua negli oli isolanti riducono la rigidità elettrica e quindi la sicurezza di esercizio di un trasformatore. Per cui è necessario obbligatoriamente, estrarre l'acqua presente.

In tal caso occorre ricordare che nell'isolamento con cellulosa nel trasformatore è legata 100 volte più acqua che nel liquido isolante. Se si cambia soltanto l'olio contenente acqua con uno asciutto, avviene una compensazione di concentrazione e poco tempo dopo si misura nell'olio isolante una concentrazione di acqua simile a prima della sostituzione dell'olio.

Per ottenere un contenuto di acqua basso, nel trasformatore l'obiettivo deve essere di asciugare l'isolamento di cellulosa del trasformatore.

Soprattutto nei vecchi trasformatori la cellulosa è incline alla distruzione molecolare. Per cui l'asciugatura deve essere molto delicata. Un tipo di asciugatura in presenza di vuoto per esempio altera molto la cellulosa in invecchiamento e può accelerare il processo di distruzione. Per evitare tempi di fermo l'asciugatura deve essere svolta durante il funzionamento del trasformatore.

Il processo di invecchiamento all'interno del trasformatore è monitorato di solito tramite una analisi gas in olio. Un'osservazione costante della tendenza con l'analisi gas in olio è possibile soltanto quando il processo di asciugatura non influenza la composizione del gas.

Aspetti importanti per la gestione di oli

Acquisto

Se si acquista olio in grandi quantità per l'impiego in sistemi con componenti sensibili è consigliabile stabilire dei requisiti speciali in termini di qualità e purezza dell'olio. Questi requisiti vengono stabiliti in base a certificati di qualità. Dal carico prodotto si devono prelevare dei campioni di olio rappresentativi da sottoporre ad analisi. L'obbligo di conservazione dei risultati delle analisi è di 5 anni.

Un certificato di analisi deve comprendere minimo i seguenti punti:

- Verifica visiva
- Viscosità a 40°C
- Densità
- Indice di acidità e basicità
- Indicazioni sulle proprietà di separazione acqua
- Indicazioni sulle proprietà di separazione dell'aria
- Determinazione gravimetri delle contaminazioni
- event. comportamento schiumogeno a 50 °C
(per es. in caso di oli per ingranaggi di impianti eolici)

Trasporto

Per il trasporto sono indicati contenitori o taniche con marcatura epossidica. Il contenitore dell'olio deve essere di alta qualità e deve soddisfare le normali condizioni commerciali. La siglatura del contenitore dell'olio deve comprendere come minimo le indicazioni sul contenuto (tipo di olio, quantità), fornitori, clienti e numero di carico progressivo.

Conservazione

I liquidi di esercizio devono essere conservati in contenitori chiusi e in condizioni di luce adeguate per evitare la contaminazione.

Utilizzo

- Durante l'esercizio controllare regolarmente l'olio per stabilire tempestivamente una penetrazione improvvisa di acqua e particelle o altre contaminazioni. Per scopi di riferimento sono utili i valori di riferimento dell'olio nuovo.
- Dopo qualsiasi problema di funzionamento provocato dall'olio dell'impianto, o dopo incidenti che possono influenzare la qualità dell'olio, si deve controllare lo stesso.
- L'aggiunta di additivi da parte del gestore dell'impianto non deve essere mai effettuata senza averne prima discusso col fornitore dell'olio. Tali contromisure devono essere stabilite per iscritto.
- Non mischiare vari tipi di olio senza averne verificato la compatibilità.

Gestione responsabile dell'ambiente

Le misure corrette e mirate per la gestione dell'olio contribuiscono sensibilmente al rispetto dell'ambiente e delle risorse.

Infatti, se la purezza dell'olio è molto elevata o se si verificano poche sollecitazioni dello stesso, la durata degli oli e dei fluidi e di conseguenza quella dei componenti è maggiore. In seguito a ciò diminuisce il consumo necessario per la produzione e lo smaltimento dei pezzi di ricambio e dei mezzi di servizio e l'energia e le materie prime per la produzione dell'olio. Inoltre la riduzione della quantità di olio vecchio determina un effetto secondario positivo che migliora il bilancio di CO₂, in quanto sono ridotti i gas serra indispensabili per lo smaltimento a livello termico (ca. 2,6 kg per 1 litro di olio vecchio).

Tale obiettivo si ottiene in modo ottimale utilizzando dei materiali filtranti ecologici da risorse sostenibili. Le risorse stesse a loro volta risulteranno protette. Per lo smaltimento del materiale del filtro non si genera alcuna sollecitazione aggiuntiva dell'ambiente.



Glossario

Grado di separazione	A partire dal valore Beta si calcola il grado di separazione o l'efficienza del filtro in percentuale.
Assorbimento	Processo della ricezione o dello "scioglimento" di un atomo, molecola o di un ione in un'altra fase
Additivi:	Agenti solubili in olio, che vengono aggiunti ai prodotti dell'olio minerale in piccole quantità per ottenere o migliorare determinate proprietà, quali stabilità all'ossidazione, effetto EP (Extreme Pressure), formazione di schiuma, rapporto viscosità-temperatura, viscosità, punto di scorrimento, ecc.
Adsorbimento	Accumulo di sostanze di gas o liquidi sulla superficie di un solido.
Indice di basicità	L'indice di basicità indica la riserva alcalina di un olio per la neutralizzazione di acidi.
Valore Beta	Valore senza unità di misura che descrive il rapporto delle particelle nel fluido partire da una determinata grandezza, prima e dopo il filtro.
Detergenti	Additivi in grado di sciogliere i residui e ridurre i depositi.
Effetto diesel	Possibile conseguenza provocata da troppa aria nell'olio, in seguito alla combustione incompleta dell'ossigeno nelle particelle d'aria si formano particelle carboniose.
Disperdenti	Additivi detergenti che mantengono in sospensioni le contaminazioni sciolte dai detergenti, in modo da poterli filtrare.
Emulsione	Miscela finemente filtrata di due liquidi non miscelabili quali per es. olio e acqua (si distingue tra emulsione di olio in acqua o emulsione di acqua in olio).
Estere	Si formano dalla reazione di acidi con alcol determinando la fuoriuscita di acqua. Il gruppo degli esteri sintetici è molto grande a causa delle numerose possibilità di combinazione, laddove sono possibili profili di proprietà molto differenti.
Disciolto	Sostanza, che è assorbita nella struttura molecolare ed è presente in forma sciolta.

Base olio	Componente principale di oli (olio minerale ma anche oli sintetici); le proprietà di un olio dipendono dalla scelta dell'olio di base, per es. dalla solubilità e l'efficacia dell'additivo.
HL	Olio idraulico con additivi di protezione dall'invecchiamento e dalla corrosione.
HLP	Olio idraulico con additivi di protezione dall'invecchiamento e dalla corrosione e sostanze aggiunte per ridurre l'attrito e l'usura.
HLPD	Oli idraulici con proprietà detergenti
HVLP	Oli idraulici HLP con elevato indice di viscosità (min. 140)
Karl-Fischer:	Metodo per la determinazione del contenuto di acqua; in funzione del contenuto di acqua si applica la procedura colorimetria o volumetrica.
Micrometro (vecchio micron)	Simbolo: μm ; 1 micrometro = 0,001 mm
Olio minerale	Tutti i prodotti liquidi di distillazione e raffinazione ricavati dal petrolio; soprattutto miscele di idrocarburi saturi e insaturi.
ppm	Ingl. parts per million; unità di misura per il numero 10^{-6} 1 ppm = 0,0001 %
Non disciolto	Sostanza, che non è assorbita nella struttura molecolare ed è presente in forma non disciolta (sospensione).
Indice di acidità	In base alla variazione dell'indice di acidità o neutralizzazione durante la durata di utilizzo di un olio è possibile riconoscere oscillazioni nell'aggiunta di additivi o anche nell'invecchiamento ossidativo.
Viscosità	Misura della tenacia di un fluido. Viscosità elevata comporta capacità di scorrimento minore mentre viscosità bassa comporta una capacità di scorrimento maggiore.



- nel mondo



Karberg & Hennemann Srl

Via Baccelli, 44 | I - 41126 Modena | Italia

Tel.: +39 059 29 29 498 | Fax: +39 059 29 29 506

info@cjc.it | www.cjc.it

Storia

Fondata nel 1928 con sede ad Amburgo, sviluppa e produce dal 1951 tecnologia di filtrazione fine. Con l'ausilio di analisi e test di filtrazione da noi condotti e un vasto Know-how, siamo oggi esperti nella risoluzione dei singoli problemi di filtrazione, sia di oli che di carburanti. In seguito al sempre maggiore successo degli impianti di filtrazione fine CJC™ sul mercato italiano nel 2000 abbiamo fondato una filiale a Modena. Karberg & Hennemann Srl assiste, con l'ausilio di una rete di vendita, i nostri clienti italiani.



Qualità

Consigliare con competenza e risolvere anche difficili problemi di filtrazione ai nostri clienti è il nostro obiettivo quotidiano. La certificazione della nostra impresa DIN EN ISO 9001:2015 è allo stesso tempo una conferma ed uno stimolo.

CJC™ nel mondo

Gli impianti di filtrazione fine CJC™ sono disponibili in tutto il mondo grazie alle nostre filiali e alla nostra rete commerciale. Nel sito www.cjc.it trovate il vostro partner locale - potete anche chiamarci telefonicamente!

