

1 Lubrificazione

1.1 Generalità

Un *lubrificante* è un fluido che crea una sottile pellicola che si interpone tra due superfici che strisciano una sull'altra; in tal modo il contatto tra queste ultime non avviene in modo diretto ma solo tra ciascuna di esse e il fluido interposto. Il fluido lubrificante svolge i seguenti compiti:

- ridurre la resistenza d'attrito;
- asportare il calore generato per attrito.

A questo scopo, il lubrificante, riscaldatosi nel contatto con le superfici che lubrifica:

- viene inviato a un serbatoio attraverso una serie di tubazioni,
- qui viene raffreddato e, successivamente,
- rientra nel circuito di lubrificazione.

Il lubrificante svolge anche le seguenti funzioni:

- proteggere le superfici metalliche impedendone l'ossidazione;
- ridurre l'usura delle parti metalliche a contatto;
- se viene impiegato come mezzo di tenuta, impedire il trafilamento di aeriformi.

Se pensiamo di suddividere lo strato di lubrificante che si interpone tra le due superfici a contatto in tante pellicole sottilissime, la più esterna tra queste aderirà all'elemento in moto relativo e, trascinata da questo, si sposterà con la sua stessa velocità. L'ultimo strato, invece, avrà velocità quasi nulla in quanto sarà aderente alla superficie non in movimento. Ad esempio, nel caso di un perno portante alloggiato nel relativo cuscinetto radente, lo strato di lubrificante più esterno aderirà al perno mentre l'ultimo strato aderirà alla superficie interna, fissa, del cuscinetto radente.

1.2 Grandezze caratteristiche dei lubrificanti

1. Viscosità

L'attrito che si sviluppa nello scorrimento di ciascuno strato di lubrificante sullo strato adiacente determina la maggiore o minore facilità di scorrimento del fluido stesso. La *viscosità* è, per l'appunto, la grandezza fisica che misura la resistenza di un fluido allo scorrimento. Allo stato molecolare, è una misura dell'attrito che si sviluppa tra le molecole in moto relativo del fluido in esame.

Ogni fluido è caratterizzato da una *viscosità dinamica* e da una *viscosità statica*. La *viscosità dinamica* è espressa dalla legge di Newton:

$$F = \mu \cdot \frac{A \cdot \Delta v}{h}$$

dalla quale si ricava che la forza d'attrito F che si oppone allo scorrimento è direttamente proporzionale:

- all'area A delle superfici di fluido a contatto;
- alla velocità relativa Δv di scorrimento di una superficie sull'altra.

È inversamente proporzionale:

- alla distanza h tra le due superfici.

Il coefficiente di proporzionalità μ è detto *coefficiente di viscosità dinamica* (Figura 1).

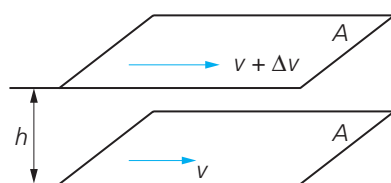


Figura 1

Il coefficiente di viscosità dinamica μ , detto anche, più semplicemente, *viscosità dinamica* o anche *viscosità*, è pertanto espresso dalla relazione:

$$\mu = \frac{F \cdot h}{A \cdot \Delta v}$$

Esso è misurato in pascal · secondo (Pa · s) e varia in funzione del tipo di fluido e, per ciascun tipo di fluido, in funzione della temperatura di questi. In particolare, negli aeriformi (gas o vapori) cresce al crescere della temperatura, mentre nei liquidi diminuisce all'aumentare della temperatura. Quindi, in un liquido, più aumenta la temperatura, più aumenta la sua fluidità.

Per *viscosità cinematica* ν invece si intende il rapporto tra la viscosità dinamica e la massa volumica (o densità) ρ del fluido. Essa è espressa dalla relazione:

$$\nu = \frac{\mu}{\rho}$$

La viscosità cinematica si misura in m²/s o, più frequentemente, in mm²/s, corrispondente al centistokes – cSt – unità di misura non del S.I. (1 stokes = 1 St = 1 cm²/s; 1 cSt = 1 mm²/s).

Per gli oli lubrificanti dei motori il comportamento della viscosità al variare della temperatura viene valutato mediante l'*indice di viscosità* che è una grandezza che assume valori compresi tra 0 e 100: più alto è l'indice di viscosità, meno la viscosità risente delle variazioni di temperatura.

La misura della viscosità di un lubrificante viene eseguita con uno strumento, detto *viscosimetro*, nel quale si lascia defluire una prefissata quantità di fluido attraverso un foro calibrato, di forma e dimensioni definite e se ne misura il tempo di deflusso. Esistono molti tipi di viscosimetri e i risultati dipendono dal tipo di viscosimetro utilizzato.

La determinazione della viscosità più comunemente usata è quella effettuata tramite il *viscosimetro Engler*. In tal caso, essa si misura in *gradi Engler*.

Il grado Engler (°E) è il rapporto tra il tempo impiegato da 200 cm³ di lubrificante e quello impiegato da un uguale volume di acqua a 20 °C per defluire attraverso il foro calibrato del viscosimetro. Di seguito è riportata una tabella di conversione della misura della viscosità secondo le norme ISO – VG, in mm²/s e in gradi Engler (Tabella 1).

Tabella 1
Viscosità ISO e corrispondente viscosità in gradi Engler.

Gradazione di viscosità ISO – VG	Valore medio della viscosità mm²/s (cSt) a 40 °C	Corrispondenza °Engler (50 °C)
ISO VG 2	2,2	1,10
ISO VG 3	3,2	1,17
ISO VG 5	4,6	1,29
ISO VG 7	6,8	1,40
ISO VG 10	10	1,6
ISO VG 15	15	1,9
ISO VG 22	22	2,3
ISO VG 32	32	3
ISO VG 46	46	4
ISO VG 68	68	5,7
ISO VG 100	100	8
ISO VG 150	150	12
ISO VG 220	220	16,5
ISO VG 320	320	24
ISO VG 460	460	32
ISO VG 680	680	45
ISO VG 1000	1000	66
ISO VG 1500	1500	100

2. **Untuosità.** L'*untuosità* (o *oleosità*) è la capacità di un olio di rimanere aderente alle superfici metalliche dei solidi con formazione di uno strato che resista a forze di schiacciamento e di sfregamento anche di notevole intensità. Questa proprietà è molto importante nella lubrificazione perché la persistenza del velo d'olio che riveste gli organi in moto dipende quasi esclusivamente dalla capacità adesiva dell'olio stesso.

3. **Punto di infiammabilità.** Il *punto di infiammabilità* è la temperatura alla quale l'olio lubrificante sviluppa vapori infiammabili e quindi si incendia. Tale temperatura è normalmente compresa tra 150 °C e 350 °C. La conoscenza del valore del punto di infiammabilità si rende necessaria, ad esempio, per stabilire se un olio lubrificante è più o meno adatto per essere impiegato in un motore a combustione interna, in quanto in questo tipo di motore si possono raggiungere temperature superiori a 150 °C.

4. **Punto di congelamento.** Il *punto di congelamento* (o *punto di scorrimento*) è la temperatura alla quale un olio congela passando dallo stato liquido allo stato solido. Si tratta di una grandezza molto importante nei Paesi in cui la temperatura invernale assume valori assai inferiori a 0 °C e nel caso di macchine che operano a basse temperature.

5. **Numero di neutralizzazione.** Il *numero di neutralizzazione* (o *potere antiossidante*) indica la quantità di acidi liberi presenti in un lubrificante. Se gli acidi sono in quantità elevata, corrodono i metalli; per stabilire se un olio è più o meno corrosivo si determina il numero di neutralizzazione con un'analisi chimica. Quanto più basso è tale valore, meno acido e quindi meno corrosivo risulta l'olio.
Un buon olio lubrificante è *neutro* oppure ha un numero di neutralizzazione non superiore a 0,2.

1.3 Tipi di lubrificanti e di lubrificazione

Come s'è detto, i lubrificanti sono utilizzati per varie finalità, quali: diminuire l'attrito tra le superfici in moto relativo, favorire la sottrazione del calore sviluppatesi per attrito, proteggere le superfici metalliche dalla corrosione ecc.

I lubrificanti vengono classificati in base al loro stato fisico (liquido, plastico, solido) e alla loro origine (minerale, vegetale, animale). Qui di seguito analizzeremo brevemente i lubrificanti liquidi (minerali, vegetali o animali), i lubrificanti plastici e i lubrificanti solidi.

1. *Lubrificanti liquidi minerali*: sono un miscuglio di idrocarburi liquidi di diversa densità provenienti dalla distillazione del petrolio greggio e successivamente raffinati e arricchiti con additivi specifici per acquisire determinate proprietà.

2. *Lubrificanti liquidi vegetali*: sono ottenuti da semi o frutti di piante, mediante spremitura o l'uso di particolari solventi chimici.

3. *Lubrificanti liquidi animali*: sono ottenuti dalla bollitura dei tessuti ricchi di grasso di animali.

4. *Lubrificanti plastici*: sono i cosiddetti *grassi*. Sono costituiti da una dispersione di saponi metallici in un olio minerale. Essi si presentano in forma di pasta untuosa e con la loro pastosità svolgono la loro azione lubrificante degli organi meccanici in ambienti anche molto polverosi.

Una temperatura di esercizio assai elevata potrebbe però rendere i grassi troppo molli e favorire così la loro dispersione con una conseguente riduzione della durata della loro azione lubrificante.

5. *Lubrificanti solidi*: sono, ad esempio, la grafite e il bisolfuro di molibdeno; vengono usati nei casi di temperature molto alte e nelle operazioni di estrusione e stampaggio. In particolare il bisolfuro di molibdeno trova impiego, ad esempio, nella produzione di grassi lubrificanti. La purezza e un'opportuna granulometria, che si concretizza in una maggiore finezza, ne aumentano l'efficacia come lubrificante.

I lubrificanti sono di solito miscelati con prodotti chimici solubili in olio, detti *additivi*, che servono a migliorarne le caratteristiche. I principali tipi di additivi sono:

- *Additivi antiossidanti*: aumentando la stabilità chimica del lubrificante; queste sostanze impediscono la sua degradazione al contatto con l'aria.
- *Additivi anticorrosivi*: aumentano la resistenza alla corrosione del lubrificante e in questo modo proteggono i materiali metallici dagli agenti corrosivi.
- *Additivi detergenti*: sono usati negli oli per motori endotermici perché mantengono in sospensione, finemente disperse nella loro massa, le particelle di impurità formate durante la combustione.

Tra gli altri additivi possiamo infine citare quelli usati negli oli “multigrade” per mantenere alto e praticamente costante l'indice di viscosità al variare della temperatura.

La lubrificazione deve dunque impedire il contatto diretto tra le superfici metalliche accoppiate per limitare la loro usura e ridurre l'energia dissipata per attrito. I principali **tipi di lubrificazione** utilizzati per raggiungere questi obiettivi sono:

- *Lubrificazione superficiale*: è ottenuta con modeste quantità di lubrificanti animali e vegetali oppure con grassi o con alcuni composti chimici che aderiscono alle superfici da lubrificare formando sottilissime pellicole oleose.

- *Lubrificazione mediata*: si ha quando un sottile strato di lubrificante separa totalmente le superfici metalliche impedendo il loro contatto. Il velo di lubrificante deve in ogni caso resistere alle forze che tendono a comprimere una superficie sull'altra, per cui deve essere immesso e mantenuto in pressione per potere svolgere una valida azione di lubrificazione. Lo strato di lubrificante è messo in pressione mediante una leggera inclinazione di una delle due superfici in moto relativo rispetto all'altra. Il lubrificante può anche essere introdotto in pressione direttamente tra le due superfici che altrimenti verrebbero a contatto; si utilizza a questo scopo una pompa che generi una pressione sufficiente a mantenere distanziate tra loro le due superfici.

Ricordiamo infine i principali **sistemi di lubrificazione** utilizzati per ridurre l'attrito fra gli organi meccanici dei motori endotermici:

- *Lubrificazione per miscelazione*: è adottata nei motori a due tempi: l'olio viene miscelato con la benzina.
- *Lubrificazione per dosatura*: è eseguita da una pompa dosatrice che invia l'olio lubrificante agli organi meccanici in quantità esattamente necessaria per la lubrificazione.
- *Lubrificazione a sbattimento*: è realizzata dagli organi rotanti (ad esempio le teste di biella) che nel loro moto si immergono nel serbatoio dell'olio e proiettano in varie direzioni l'olio raccolto lubrificando le parti interne del motore.
- *Lubrificazione forzata*: è adottata nei motori a quattro tempi per autoveicoli e viene realizzata da una pompa che mette in circolazione il lubrificante inviandolo sotto pressione agli organi da lubrificare attraverso tubazioni di piccolo diametro e piccoli canali ricavati all'interno degli stessi organi da lubrificare.