4 FLUIDI IDRAULICI

Da un punto di vista generale, un buon liquido idraulico deve possedere i seguenti requisiti:

trasmettere energia con basse perdite ed elevata velocità di risposta;
lubrificare le parti in movimento relativo;
possedere viscosità adeguata alle diverse condizioni operative che si possono prevedere nell'esercizio dell'impianto;
mantenere puliti gli organi meccanici e proteggerli dalla corrosione;
possedere una buona conducibilità termica;
non essere pericoloso per gli operatori né per gli impianti;
possedere elevata stabilità chimica;
essere poco infiammabile.

4.1 CLASSIFICAZIONE DEI FLUIDI IDRAULICI

I fluidi idraulici possono essere raggruppati nelle seguenti quattro categorie fondamentali:

1) <u>Acqua</u>

Si utilizza acqua industriale, normale od in emulsione con olio al 3-5% quando si vuole attenuare il potere ossidante del fluido base. La percentuale d'olio può salire fino a 10-12% quando è necessario abbassare il punto di congelamento.

2) <u>Oli</u>

Sono a base minerale (provengono in altre parole dalla raffinazione di petrolio grezzo) e sono generalmente migliorati con l'aggiunta di speciali additivi.

3) <u>Fluidi sintetici a base d'acqua</u>

Emulsione d'acqua in olio

Sono costituite da un'elevata percentuale d'olio emulsionabile derivato dal petrolio (generalmente 50% e 50% acqua); contengono inoltre speciali additivi stabilizzanti, antiruggine, antiusura, ecc.

Soluzione acqua-glicol

Sono composte normalmente dal 40% di glicol e 60% d'acqua, con l'aggiunta di speciali additivi.

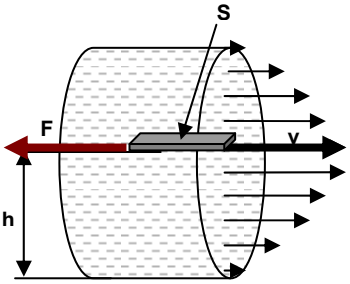
4) <u>Fluidi sintetici non acquosi</u>

Fra i più comuni ricordiamo:

Fosfato esteri semplici o clorurati
Idrocarburi clorurati
Silicato esteri

Prima di illustrare i campi attuali d'impiego dei diversi tipi di fluido sopra indicati, esaminiamo da un punto di vista generale le caratteristiche dei fluidi idraulici.

4.2 CARATTERISTICHE DEI FLUIDI IDRAULICI



1) Viscosità

Ricordiamo le formule di Newton

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

S = superficie della lastra
h = distanza dal fondo
v = velocità della lastra che aumenta con l'aumentare della distanza dal fondo

Nel sistema di misura C.G.S. la viscosità μ, detta **viscosità dinamica assoluta**. risulta espressa in [dine x s/cm²] ed è detta Poise.

Essendo il Poise un'unità molto grande, in genere si usa il **centipoise = 1/100 di Poise**. L'unità di misura della viscosità dinamica assoluta raccomandata dal Sistema SI è i Pa.s o N.s/m².

In pratica si preferisce fare riferimento alla viscosità cinematica assoluta, di più facile determinazione, definita come rapporto fra la viscosità dinamica assoluta e la densità del fluido:

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

Nel sistema C.G.S. la viscosità cinematica assoluta è chiamata Stoke e in pratica si usa il **centistoke = 1/100 di Stoke.**

Per fissare gli ordini di grandezza ricordiamo che la viscosità dell'acqua a 20°C è circa 1 cs.

L'unità di misura della viscosità cinematica assoluta raccomandata dal sistema SI è il m²/s.

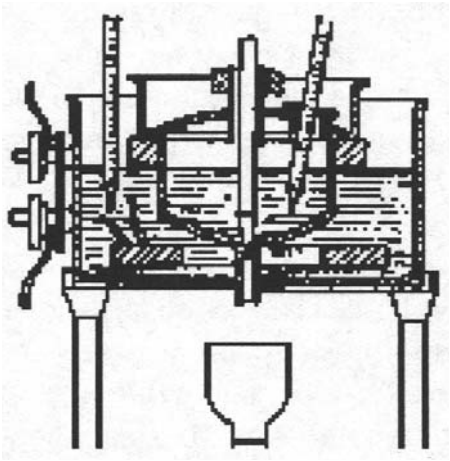
2) Misura della viscosità

La determinazione della viscosità dinamica e cinematica assoluta è molto complessa e delicata. Sono state proposte allora delle misurazioni più rapide della viscosità: scala Engler (Europa), Saybolt (U.S.A.) e Redwood (Gran Bretagna).

3) Viscosimetro Engler

E' costituito da un recipiente immerso in bagno termostatico e provvisto di un foro calibrato, (fig.5.1).Il rapporto fra il tempo impiegato da 200 cm^3 del liquido in esame alla temperatura di 20°C ad effluire dal foro calibrato e il tempo impiegato da un ugual volume d'acqua alla stessa temperatura, esprime la viscosità in gradi Engler (E°) del liquido.

Ad esempio, se un olio ha viscosità 20 volte superiore a quella impiegata da un ugual volume d'acqua nelle stesse condizioni. La viscosità dell'acqua a 20°C è evidentemente uguale a 1° E.



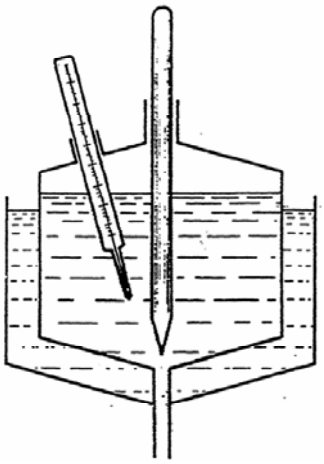


Fig.5.1

4) <u>Viscosimetro Saybolt</u>

E' analogo a quello Engler. Si misura il tempo in secondi impiegato da 60 cm^3 di liquido ad effluire dall'ugello.

5) <u>Viscosimetro Redwood</u>

E' analogo a quello Engler e si misura il tempo in secondi impiegato da 50 cm^3 ad effluire dall'ugello.
Usando il sistema Redwood e Saybolt il risultato è riportato in secondi mentre con il sistema Engler il risultato è espresso in gradi Engler.
Ciascuno dei sistemi di misura menzionati fa riferimento ad una temperatura standard; tuttavia i fattori di conversione sotto riportati possono essere considerati sufficientemente accurati.

Conversione per le unità pratiche di viscosità.

La formula di Ubbelhode consente di ottenere la viscosità cinematica v nota la viscosità espressa in °E:

$$\nu[\mathbf{cSt}] = 10^2\left(0{,}073^\circ\mathbf{E} - \frac{0{,}0631}{^\circ\mathbf{E}}\right)$$

Esistono anche tabelle di conversione:

centiStokes	Saybolt	Redwood	Engler
2	33	31	1,1
4	38	36	1,3
6	46	41	1,5
8	52	46	1,7
10	59	52	1,8
15	77	68	2,3
20	98	86	2,9
30	141	125	4,1
50	232	205	6,6
> 50	(4,6 X cS)	(4,1 X cS)	(0,132 X cS)

4.3 LA VISCOSITÀ DEL FLUIDO VARIA CON LA TEMPERATURA

La viscosità dei liquidi idraulici, ad eccezione dell'acqua, risentono in modo molto marcato delle variazioni di temperatura, come schematicamente indicato in fig.5.2 (la pressione è costante e pari alla pressione atmosferica).

I diagrammi hanno andamento puramente indicativo, poiché mediante l'aggiunta d'additivi è possibile realizzare sia fluidi con diverse viscosità a pari temperatura, sia fluidi meno sensibili alle variazioni di viscosità al variare della temperatura.

Tale caratteristica è molto importante per i liquidi idraulici: negli impianti idraulici industriali la temperatura del liquido passa, infatti, normalmente dai 10-15°C all'avviamento ai 50-60°C a regime (l'escursione di temperatura è poi notevolmente superiore se l'impianto lavora all'aria aperta). Se l'olio avesse delle variazioni eccessive di viscosità, accadrebbe che se è adatto a freddo diventerebbe

troppo fluido a caldo con eccessivi trafilamenti ed insufficiente potere lubrificante; se è adatto a caldo, avrebbe a freddo viscosità troppo elevata con eccessive perdite di carico nel circuito e possibili pericoli di cavitazione della pompa.

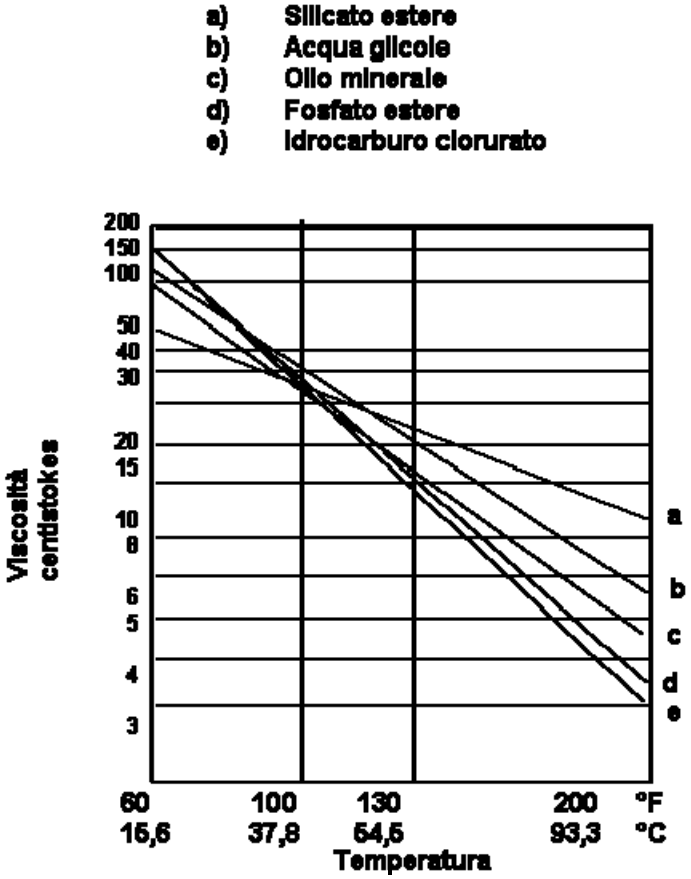


Fig. 5.2

4.3.1 INFLUENZA DELLA TEMPERATURA SULLA VISCOSITÀ

Al variare della temperatura, la viscosità non è costante, ma varia anch'essa quasi sensibilmente in senso opposto alla temperatura; in altre parole un fluido caldo ha viscosità minore di quelle che aveva da freddo. Quindi ogni valore di viscosità deve essere accompagnato da quello della temperatura alla quale è stato rilevato.

Quando si indica un valore di viscosità occorre sempre indicare il valore della temperatura corrispondente, cioè della temperatura che l'olio ha mentre è scaricato dal viscosimetro.

Un normale olio per impiego negli impianti oleodinamici ha un valore di viscosità di circa 5,5°E a 50°C.

4.3.2 INDICE DI VISCOSITÀ

Tutti gli oli lubrificanti minerali cambiano di viscosità al variare della temperatura: diventano più viscosi allo scendere della temperatura e più fluidi quando essa sale. Vi è tuttavia una notevole differenza nel modo di risentire l'influenza della temperatura: per una determinata variazione di temperatura alcuni oli variano di viscosità meno di altri. Questa caratteristica può essere valutata numericamente mediante l'indice di viscosità; per una stessa variazione di temperatura, la viscosità di un olio ad alto indice di viscosità varierà meno di quella di un olio a basso indice.

L'indice di viscosità di un olio dipende esclusivamente dal tipo di greggio d'origine, dai metodi di raffinazione e dalla presenza di determinati additivi. In genere un olio prevalentemente paraffinico tende ad avere indici di viscosità più elevati di quelli d'oli naftenici e questo significa che la viscosità degli oli paraffinici varia meno al cambiare della temperatura. Con certi additivi, chiamati miglioratori dell'indice di viscosità, è possibile ridurre ancora la variazione della viscosità in funzione della temperatura.

4.3.3 SIGNIFICATO DELL'INDICE DI VISCOSITÀ

Il significato fondamentale dell'indice di viscosità sta nella sua relazione con le caratteristiche di viscosità. Oli ad alto indice di viscosità possono essere indicati per tutte le applicazioni in cui l'olio, durante l'esercizio, è soggetto a forti variazioni di temperatura.

Ad esempio in un motore d'automobile, alle basse temperature dell'avviamento a freddo, l'olio dovrà essere ancora abbastanza fluido così da non sottoporre il motorino di avviamento a sforzi eccessivi. Appena il motore incomincia a funzionare l'olio dovrà poter circolare liberamente in tutto il circuito così da lubrificare adeguatamente le diverse parti del motore. Arrivato alle temperature di regime l'olio non dovrà poi diventare troppo fluido, sia per non consumarsi eccessivamente, sia per mantenere una buona tenacità del velo lubrificante. Parimenti un olio che aziona i comandi idraulici di un aereo potrà essere esposto a temperature elevatissime quando l'aereo è in aeroporto in zona tropicale nonché a temperature assai inferiori allo zero quando l'aereo è ad alta quota.

Per regolarità di funzionamento in condizioni ambientali così diverse, l'olio per comandi idraulici deve mantenere una viscosità costante quanto più possibile e quindi deve disporre di un elevato indice di viscosità.

4.4 CONSIDERAZIONI SULLA SCELTA DEI FLUIDI IN BASE ALLA VISCOSITÀ

Tutti i fluidi per l'uso negli impianti oleodinamici sono disponibili con differenti gradazioni di viscosità e i principali fattori che ne condizionano la scelta sono:

- perdite di potenza
- lubrificazione
- condizioni di esercizio
- caratteristiche costruttive dei componenti

In un impianto oleodinamico le perdite di potenza utile sono anche dovute alle perdite di carico lungo le tubazioni e ai trafilamenti interni. Le perdite di carico sono dovute all'attrito del fluido e pertanto variano proporzionalmente alla viscosità, mentre i trafilamenti interni sono inversamente proporzionali alla viscosità. Pertanto si determinano due esigenze contrastanti. Orientativamente si può affermare che con l'aumentare della pressione di funzionamento, poiché aumentano i trafilamenti e diminuisce l'incidenza percentuale della potenza dissipata in perdite di carico, conviene impiegare fluidi ad alta viscosità; viceversa per basse pressioni conviene usare fluidi di più bassa viscosità.

Con l'aumentare dei carichi, e quindi delle pressioni, è necessario assicurarsi che il fluido svolga la sua azione lubrificante (lubrificazione idrodinamica) in modo da evitare il contatto metallo contro metallo fra organi in moto relativo tra loro. Il fluido deve quindi avere una buona tendenza a formare un velo d'olio, tendenza che è normalmente favorita da valori elevati di viscosità e che è aumentata mediante appositi additivi.

Se si tiene presente il legame **Temperatura-viscosità** è evidente che nel prefissare la viscosità non si può prescindere dalla presunta temperatura di funzionamento, che varia da un impianto all'altro. In sede di progetto, la sua esatta determinazione si presenta alquanto difficile, tuttavia sarà, in generale, sempre possibile stimare un valore approssimato almeno in base alle condizioni ambientali. Inoltre si potranno prevedere eventuali mezzi correttivi, (scambiatori di calore, riscaldatori) specie se vi è la possibilità che si manifestino in esercizio sensibili escursioni di temperatura. Le corrispondenti variazioni di viscosità sono sempre piuttosto elevate e pertanto, se non hanno carattere transitorio, alterano le condizioni di un buon e regolare funzionamento.

Un ulteriore importante fattore che influenza la scelta delle viscosità è rappresentato dalle **caratteristiche costruttive delle varie apparecchiature**, in particolar modo della pompa. Una medesima pompa può comportare una diversa scelta della viscosità in relazione alla velocità di rotazione. Infatti, sempre che non sia sovralimentata, è necessario garantire le migliori condizioni di aspirazione per evitare dannosi fenomeni di cavitazione. E' questa condizione che impone sia di tener conto nella scelta della viscosità della temperatura di esercizio, sia di limitare eventuali variazioni in diminuzione di quest'ultima. Pur esistendo una condizione di priorità per le pompe vi sono altre apparecchiature che possono influenzare la scelta della viscosità: fra queste ricordiamo, in ordine di importanza:

I motori idraulici hanno caratteristiche costruttive simili a quelle delle pompe di eguale tipo. In genere però sono meno soggetti a fenomeni di cavitazione inerenti ad una non adeguata viscosità.

Valvole per il riempimento a gravità dei cilindri. Un'elevata viscosità può determinare un'elevata resistenza al passaggio del fluido: ne derivano

riduzioni della velocità di traslazione del pistone (se questo discende per gravità) o fenomeni di cavitazione nel cilindro.
Valvole regolatrici di portata e valvole regolatrici di pressione. Se la viscosità supera determinati limiti previsti in sede di progetto, si possono avere irregolarità di funzionamento (fenomeni di saturazione nelle prime e oscillazioni o lentezza di risposta nelle seconde).

Dalle precedenti note, ci si può fare, se non altro, una sommaria idea dell'influenza che può avere la viscosità sul rendimento e sul funzionamento di un impianto idraulico e della complessità inerente alla sua scelta. Di norma, i costruttori forniscono indicazioni per la scelta dei fluidi da usarsi con le varie apparecchiature.

4.5 PESO SPECIFICO

Il peso specifico di un fluido è definito dal rapporto fra il peso del fluido a 15°C e il peso di un uguale volume di acqua distillata alla temperatura di 4°C e alla pressione di un'atmosfera. Il peso specifico degli oli minerali a 15°C e a pressione atmosferica è generalmente compreso fra 0.85 e 0.92, ossia essi galleggiano sull'acqua. Al contrario i fluidi sintetici cosiddetti ininfiammabili (fosfato esteri, idrocarburi clorurati ecc.) hanno peso specifico superiore all'unità (circa 1.20 - 1.45 in condizioni normali) e quindi l'acqua galleggia su di loro.

Dato che i liquidi idraulici si acquistano a peso ma si usano a volume, è necessario conoscerne il peso specifico per valutare il costo della carica. Da questo punto di vista, gli oli minerali a basso peso specifico sono dunque i più convenienti. Inoltre, poiché il peso specifico è di facile e rapida determinazione, esso può costituire un primo controllo per verificare la costanza della qualità della fornitura. Il peso specifico di un fluido ha comunque significato solo se riferito a dati valori di pressione e temperatura. Orientativamente, si può ritenere sensibile per i diversi fluidi, richiamare l'attenzione sui seguenti punti:

Le perdite di carico sono direttamente proporzionali alla densità. Volendo mantenerle costanti, è necessario dimensionare in modo diverso, per i diversi fluidi, le luci di passaggio.
A parità delle altre condizioni, le pompe (non sovralimentate) possono richiedere regimi di rotazione diversi a seconda del fluido, al fine di evitare fenomeni di cavitazione.

Sempre per evitare fenomeni di cavitazione, all'aumentare del peso specifico del fluido occorre diminuire l'altezza di aspirazione della pompa.

4.6 COMPRIMIBILITÀ

Il peso specifico e quindi la densità dei liquidi sono funzioni generalmente crescenti della pressione.

Nelle applicazioni normali, i fluidi idraulici possono essere tuttavia considerati come incomprimibili senza compromettere in modo significativo la validità dei calcoli. Quando però sono in gioco elevati valori di pressione o elevati volumi di liquido o entrambi contemporaneamente, la comprimibilità non può essere trascurata. Nella sua espressione elementare, la comprimibilità esprime la variazione del volume unitario di liquido per effetto di un aumento unitario di pressione.

In termini analitici si scrive:

$$\alpha = -\frac{1}{v} \cdot \frac{\Delta \mathbf{V}}{\Delta \mathbf{p}} \qquad \textbf{(1)}$$

dove:

α = coefficiente di comprimibilità cubica del liquido

Δ**V** = variazione di volume conseguente alla variazione p di pressione

Δ**p** = variazione di pressione

Il segno meno è necessario per rendere positivo il valore del coefficiente α, essendo Δ**V** negativo (un aumento di pressione comporta una diminuzione di volume).

Il reciproco di α, ossia **1/**α, è normalmente indicato con Σ· ed è detto modulo di elasticità a compressione cubica o **BULK MODULUS** (ha lo stesso significato della costante E dell'acciaio).

L'espressione (1) consente di valutare, in prima approssimazione, la variazione di volume conseguente ad una data variazione di pressione, una volta noti il coefficiente α ed il volume iniziale del liquido.

Per un intervallo di pressione compreso fra 0 e 100 bar, si possono usare per α i valori medi riportati in tabella 1.

Tipo di fluido	Modulo di comprimibilità Σ [bar]	Comprimibilità a 25°C espressa come variazione percentuale di volume per un **Δp = 100 bar**
Acqua	500	ΔV = 0,4%
Olio minerale	17.500	ΔV = 0,6%
Emulsione acqua-olio	20.000	ΔV = 0,4%
Fluidi sintetici non acquosi	28.500	ΔV = 0,35%
Soluzione acqua-glicol	28.500	ΔV = 0,35%

Tab. 1 - Valore del modulo di comprimibilità per fluidi idraulici tipici

Esempio:

Determinare la variazione di volume subita da 300 dm^3 di olio minerale compressi da 20 a 300 bar (Δp=280 bar)

$$\Delta \mathbf{V} = \frac{0{,}6}{100} \times 280 \Rightarrow \mathbf{V} = \frac{\Delta \mathbf{V}}{100} \times 300 \qquad \rightarrow \qquad \mathbf{V = 300 \cdot \frac{0{,}6}{100} \cdot \frac{280}{100} = 5\ dm^3}$$

Occorre considerare però che la presenza di aria nel circuito (**allo stato gassoso e non in soluzione**) può abbassare, anche sensibilmente il modulo di comprimibilità del fluido, rendendolo inoltre variabile al variare della pressione.

4.6.1 TEMPERATURA DI ESERCIZIO

Negli impianti idraulici è opportuno mantenere la temperatura di esercizio del fluido entro i limiti piuttosto ristretti, variabili in funzione del liquido usato, dettati dalle seguenti considerazioni:

Limitare le escursioni di viscosità con tutti i vantaggi precedentemente illustrati;
Contenere i fenomeni di ossidazione e in generale di invecchiamento del fluido, in particolare modo per quanto riguarda l'impiego degli oli minerali;
Nel caso di fluido a base d'acqua, limitare l'evaporazione dell'acqua e quindi contenere i fenomeni di corrosione. In particolare poi, per i fluidi del gruppo III la perdita di acqua, oltre a declassare le caratteristiche di infiammabilità, comportando una perdita di additivi stabilizzanti può al limite provocare la rottura dell'emulsione.
Evitare che la tensione di vapore, specialmente per i fluidi a base di acqua, divenga così elevata da determinare fenomeni di cavitazione.
Contenere l'usura e impedire eccessive deformazioni o decadimento dei vari organi del circuito, con particolare riferimento ai tubi flessibili e alle guarnizioni.

In pratica, negli impianti industriali si consiglia di non lavorare a temperature di regime inferiore a 10°C.

Per quanto riguarda i limiti superiori di temperatura, l'esperienza consiglia di rispettare i valori riportati in tabella 2 (temperature del fluido nel serbatoio).

Fluido	Temperature max di esercizio
Acqua	40 - 50°C
Olio minerale	55 - 60°C
Emulsione acqua-olio	
Emulsione acqua-glicol	45 - 50°C
Fluidi sintetici non acquosi	65 - 70°C

Tab. 2 - Temperature massime di esercizio per fluidi idraulici tipici

Grosso modo si può affermare che, per temperature superiori a 50°C, la vita dell'olio si riduce a metà per ogni aumento di 10°C della temperatura di esercizio.

4.7 POTERE LUBRIFICANTE E PROPRIETÀ ANTIUSURA

Per potere lubrificante si intende l'attitudine di un olio a formare un film lubrificante fra due superfici metalliche e la sua capacità a mantenerlo. Quando le superfici metalliche in movimento relativo non sono completamente separate da un film di olio, le opposte asperità vengono in contatto e, per effetto delle elevate temperature locali che si vengono a produrre, si saldano fra loro per essere successivamente rescisse per effetto del movimento relativo delle due superfici. Generalmente queste saldature sono rescisse non lungo la superficie di contatto, ma nel corpo di una delle due asperità. Di conseguenza si verifica trasferimento di particelle di metallo da una superficie all'altra, con usura fino all'eventuale distruzione delle superfici. La funzione dei composti chimici che determinano l'oleosità o l'untuosità dell'olio è di formare un film aderente alle superfici metalliche, in modo da impedire il contatto diretto o comunque indebolire la saldatura. L'untuosità degli oli minerali può essere aumentata impiegando particolari additivi, che risultano però ossidabili con relativa facilità. Pertanto, se si desidera una lunga durata della carica, è bene evitare l'impiego di oli così additivati, salvo che esigenze particolari lo richiedano (ad esempio lubrificazione di guide di scorrimento).

L'impiego di oli ad elevata untuosità, riducendo l'attrito, consente di ridurre anche l'usura degli organi in movimento, ma presenta gli inconvenienti sopra indicati.

Nelle applicazioni correnti, gli oli minerali raffinati al solvente sono in grado di contenere l'usura entro limiti accettabili, purché la scelta della viscosità sia adatta. Se le prestazioni richieste al sistema sono piuttosto spinte, sia dal punto di vista temperatura che dal punto di vista pressione, è invece indispensabile fare ricorso a oli specificatamente additivati antiusura (anti wear additives). Un additivo antiusura molto usato attualmente è il dialchil ditiofosfato di zinco.

Esso è di tipo funzionale, poiché oltre a svolgere una specifica azione antiusura svolge anche azione antiossidante e inibitrice della corrosione. In particolare, l'azione antiusura si ritiene venga esplicata attraverso le seguenti fasi:

Formazione di un film d'olio sulle superfici metalliche;
Decomposizione del film per effetto dell'aumento di temperatura prodotto da un principio di grippaggio fra le superfici;
Lo zinco decomposto diffonde nelle parti in acciaio, impedendo la formazione di saldature locali, e quindi la successiva rescissione delle medesime, con drastica riduzione dell'usura.

Occorre sottolineare che le proprietà antiusura dell'olio sono sempre riferite esclusivamente ai materiali ferrosi, mentre sono generalmente inefficaci verso le superfici costruite con altri metalli.

Orientativamente i costruttori indicano i seguenti coefficienti moltiplicativi del carico effettivo per ottenere il carico in base al quale dimensionare i cuscinetti:

Fluido	Coefficiente
Olio minerale	1
Fosfato estere	1,2
Miscela fosfato estere + idrocarburi clorurato	1,2
Soluzione acqua-glicol	2,5
Emulsione acqua in olio (invertita)	2

Tab. 4 - Coefficienti moltiplicativi del carico sul cuscinetto per fluidi idraulici tipici

In ogni caso, prima di usare fluidi diversi dall'olio minerale di buona qualità, è indispensabile interpellare il costruttore delle varie apparecchiature.

E' necessario infine sottolineare che il ruolo svolto dagli additivi antiusura e dal diachil ditiofosfato di zinco in particolare, è completamente diverso da quello dei classici additivi "extreme pressure". Gli additivi EP (a base di zolfo, cloro, fosforo) reagiscono infatti chimicamente con una o entrambe le superfici metalliche solo in condizioni di altissime pressioni e temperature localizzate, formando composti caratterizzati da temperature di fusione inferiori a quella del metallo base, per cui le saldature possono essere più facilmente rescisse.

Se non si verificano queste condizioni particolari, gli additivi EP sono inattivi. Al contrario, gli additivi antiusura sono efficaci in ogni situazione.

4.8 INFIAMMABILITÀ

La necessità di disporre di fluidi resistenti al fuoco divenne pressante negli anni intorno al 1950, quando ci si rese conto che numerosi disastri in impianti industriali erano stati causati o resi più gravi dall'infiammabilità degli oli impiegati nelle apparecchiature idrauliche. Nel caso di un guasto o di una perdita, se il fluido impiegato è un olio minerale e se esso viene a contatto con un'adeguata sorgente di ignizione, si corre il rischio che l'incendio si propaghi rapidamente all'intorno.

Poiché normalmente l'olio è in pressione nel circuito e quindi fuoriesce sotto forma di spruzzo, la sua infiammabilità risulta ancora maggiore. I fluidi resistenti al fuoco sono stati formulati sia per resistere all'ignizione che per limitare la propagazione della fiamma; la prevalenza dell'una o dell'altra caratteristica è funzione della particolare natura del fluido.

A parte i fluidi del gruppo I (acqua) che si possono ritenere a tutto oggi gli unici veramente sicuri quando esistono gravi pericoli di incendio tutti gli altri liquidi idraulici bruciano in determinate condizioni. In pratica, i maggiori pericoli di incendio sono prodotti dalle seguenti situazioni:

Getti di fluido (causati ad esempio da rotture di tubazioni) diretti su superfici ad elevata temperatura e di notevole capacità termica: si può avere una combustione pressoché istantanea equivalente a quella della fiamma;
Caduta di fluido su superfici a temperatura tale e di capacità termica tale da determinare nel tempo fenomeni di autocombustione;

Gli oli minerali sono, da questo punto di vista, i meno sicuri. Essi hanno infatti, come vedremo dettagliatamente in seguito, temperature di fiamma e di autocombustione piuttosto basse; inoltre, se si incendiano continuano a bruciare propagando la fiamma ed esaltando quindi la situazione di pericolo. I fluidi del gruppo III (emulsioni acqua in olio e soluzioni acqua-glicol) pur contenendo sostanze

combustibili (l'olio e il glicol rispettivamente), hanno un comportamento sensibilmente diverso rispetto agli oli minerali: l'evaporazione dell'acqua contenuta in alta percentuale tende infatti a soffocare la fiamma e ne impedisce la propagazione. La combustione vera e propria potrà avere luogo solo dopo che tutta l'acqua è evaporata, solo nel caso in cui la temperatura della superficie sia ancora superiore a quella di autoignizione dell'olio o del glicol (tutto il calore di evaporazione dell'acqua è infatti sottratto alla superficie riscaldante, per cui questa subisce un raffreddamento inversamente proporzionale alla sua capacità termica). Nei fluidi del gruppo IV (liquidi sintetici non acquosi), la resistenza all'incendio è legata alla loro composizione chimica. In sostanza, rispetto ai fluidi del gruppo III presentano una sicurezza maggiore sia perché l'attitudine a non propagare la fiamma non è legata al contenuto d'acqua, sia perché la temperatura di autoignizione è più elevata.

4.9 TOSSICITÀ

Il contatto prolungato con taluni fluidi sintetici e talvolta anche con oli minerali può provocare irritazioni e malattie della pelle. Le soluzioni acqua-glicol non comportano normalmente problemi da questo punto di vista, né sono dannose le emulsioni acqua in olio, poiché gli emulsionanti impiegati generalmente non attaccano i grassi naturali della pelle. I vapori dei fluidi sintetici, in particolare dei tipi clorurati, sono notevolmente tossici e quindi occorre evitare che gli operatori possano aspirarli. D'altra parte la presenza di tali vapori in concentrazioni pericolose è eccezionale, poiché eccezionalmente bassa è la tensione di vapore di tali fluidi (dell'ordine della frazione di millimetro di mercurio alla temperatura di 100°C). La situazione di pericolo può allora verificarsi solo se accidentalmente il fluido viene a contatto con superfici notevolmente calde o con fiamme: il fluido si decompone per effetto della elevata temperatura sviluppando una notevole quantità di fumo denso e biancastro. Tale fumo è estremamente irritante per l'apparato respiratorio e provoca inoltre violente nausee, ma sembra che, se aspirato solo per brevi periodi, non produca fenomeni di intossicazione.

4.10 SETTORI CARATTERISTICI DI IMPIEGO DEI DIVERSI FLUIDI IDRAULICI

4.10.1 ACQUA

La sopravvivenza, o l'installazione, di impianti alimentati con acqua, essenzialmente macchinario pesante senza particolari esigenze di precisione e grado di automazione,è giustificata dalle seguenti caratteristiche positive dell'acqua stessa:

Costo trascurabile (dell'ordine del millesimo rispetto a quello dell'olio minerale). Tale prerogativa è di notevole importanza nel caso di grossi sistemi (volumi in gioco dell'ordine delle decine di migliaia di litri) per i quali il costo del fluido costituisce un fattore non secondario.
Il vantaggio è poi tanto più sentito se, come si verifica generalmente nei grossi sistemi, l'entità dei trafilamenti esterni è sensibile e quindi il costo di reintegro del fluido non è trascurabile.

Assoluta ininfiammabilità per cui, indipendentemente da qualsiasi altra considerazione, si impiega l'acqua quando è indispensabile la completa sicurezza contro gli incendi.
Non contaminazione del prodotto in lavorazione. Ad esempio, fino alla recente formulazione di fluidi speciali antimacchia, gli impianti idrostatici installati sui treni di laminazione dell'alluminio erano alimentati con acqua, poiché gli altri fluidi macchiavano il prodotto.

L'inquinamento del prodotto deve poi essere assolutamente evitato nel caso di lavorazione di prodotti alimentari, dato l'elevato pericolo che l'ingestione, anche in piccole dosi, dei fluidi idraulici diversi dall'acqua comporta. Poiché non è possibile localizzare tempestivamente eventuali perdite dell'impianto che potrebbero inquinare il prodotto, è indispensabile che il fluido non sia tossico.

L'acqua è usata inoltre negli impianti per la prova di tubi e recipienti in pressione, per evitarne l'inquinamento (si pensi ad esempio ai tubi che verranno successivamente impiegati per il trasporto di acqua potabile).

Oltre tutto, impiegando acqua si annullano praticamente i costi necessari per reintegrare i trafilamenti esterni, sempre piuttosto consistenti in tali tipi di impianto.

4.10.2 OLIO MINERALE

Nelle diverse formulazioni, costituisce il fluido attualmente di gran lunga più usato negli impianti oleoidraulici. Si rinuncia ad esso per sostituirlo con acqua, pura o emulsionata con piccole percentuali d'olio, quando ricorrono le situazioni precedentemente esposta, o per sostituirlo con fluidi ininfiammabili quando si vogliono attenuare i pericoli di incendio. Talora si fa ricorso a fluidi sintetici non acquosi per la loro minore comprimibilità, indipendentemente da esigenze di ininfiammabilità.

4.10.3 FLUIDI SINTETICI A BASE D'ACQUA

Vengono usati quando non sono richieste caratteristiche di ininfiammabilità particolarmente spinte. Rispetto ai fluidi sintetici non acquosi hanno un costo inferiore, ma generalmente non possono essere impiegati con pompe dotate di cuscinetti notevolmente caricati e lubrificati dal fluido del circuito, essendosi verificati casi di grippaggio dopo poche decine di ore di funzionamento. Prima di usarli, occorre accertarne scrupolosamente la compatibilità sia con le apparecchiature che con le guarnizioni i flessibili e le vernici.

4.10.4 FLUIDI SINTETICI NON ACQUOSI

Sono impiegati quando si vogliono realizzare condizioni di sicurezza spinta contro gli incendi, senza rinunciare completamente ad alcune delle caratteristiche positive degli oli minerali (potere lubrificante, basso punto di solidificazione, bassa tensione di vapore alle temperature correnti ecc.). Normalmente si usano, sebbene con risultati inferiori in durata e talvolta in prestazioni, le stesse apparecchiature costruite per l'impiego con oli minerali, salvo la verifica di compatibilità delle guarnizioni, flessibili, vernici.