

fluidificare un olio adatto al funzionamento di un determinato motore, con liquidi assai più scorrevoli come benzina o petrolio che poi vengono eliminati a caldo. Alcuni dati esposti già si riferiscono ad oli fluidificati con petrolio, con miglioramenti indubbi. Questa pratica, che pure è seguita dai costruttori di motori aeronautici, pei quali la lubrificazione è particolarmente delicata, non è altrettanto comoda per i motori di autoveicolo.

Nei motori aeronautici la lubrificazione è sempre a recupero, il lubrificante anziché nel carter viene contenuto in un serbatoio, e ciò rende possibili la creazione di una corrente in rapida circolazione utilizzando una parte dell'olio mentre il grosso entra in circolazione quando e man mano che la frazione circolante va in temperatura. È allora facile dosare l'introduzione di benzina nell'olio che circola inizialmente senza deteriorare la frazione principale del lubrificante. Infatti l'olio che circola durante l'avviamento e nei primi periodi di riscaldamento si libera ben presto della benzina per evaporazione di essa.

Nei motori di cui ci occupiamo la lubrificazione non è a recupero perciò non è possibile separare la frazione fluidificata da quella pura. Si può allora procedere alla fluidificazione preventiva, come spesso si fa, si devono però aggiungere quantità rilevanti di petrolio in genere, perchè la miscela lubrificante tende nel funzionamento ad impoverirsi del componente più volatile ed allora per non dovere aggiungere ogni volta un quantitativo sufficiente a compensare le perdite si tende ad abbondare inizialmente. Tuttavia esiste una circostanza favorevole che non possiamo omettere, almeno nei ri-

guardi dei motori a carburazione. Per essi infatti si constata che un certo quantitativo di benzina passa sempre nell'olio, in genere nella misura del 5-10 %. Grosso modo si constata che fino a tale percentuale l'aggiunta dell'uno per cento di benzina ad un olio abbassa di circa un grado la temperatura minima di avviamento, almeno per la serie degli oli invernali W già ricordata. Infatti il Georgi già citato indica le temperature minime di avviamento per lubrificanti puri e per le loro miscele fluidificate

	Temp. min. olio puro	olio + 5%	olio + 10 %
Olio 20 W			
USS 48.000 a 0°F	—14,4	—20	—24,5
10 W			
USS 12.000 a 0°F	—23,4	—27,8	—30,5
5 W			
USS 3.200 a 0°F	—24,5	—31	—31,5

Il problema prospettato non è molto sentito da noi data la mitezza del clima, però essendo i motori per autotrazione spesso destinati a funzionare in luoghi assai lontani da quelli di origine, non si può ignorare la gravità del problema e non dedicargli tutta la cura che esso realmente merita.

Giuseppe E. Ferraro Bologna

BIBLIOGRAFIA

- KREMSER H., *Der Aufgabe der Verbrennungskraftmaschinen für Kraftfahrzeuge und Triebwagen*, Springer 1942.
 HELDT HIGH, *Speed Diesel Engine*, Nyack N. Y. 1950.
 NELSON e ULZHEIMER, *Ethyl Ether best for starting cold Diesels*, SAE 1950.
 LLOYD, H. MULIT e FRANK W. KAVANACH, *Lubricating oils for Internal Combustion Engines*, SAE 1941.

Lubrificazione delle turbine a vapore

/ lubrificanti, elemento vitale delle turbine; loro modalità d'impiego, funzionamento, caratteristiche, sviluppi della ricerca scientifica per il loro miglioramento.

Gli sviluppi che la nuova tecnica costruttiva ha realizzato nel campo delle turbine a vapore rendono di sempre più grande interesse i problemi inerenti la lubrificazione.

I traguardi di potenze sino a 100.000 KW in una unità, di temperature di vapore oltre i 500°C e pressioni intorno ai 140 kg/cmq, sono stati raggiunti e superati. Questi valori richiedono al lubrificante caratteristiche elevate ed attribuiscono ad esso una funzione delicata e della massima importanza. Da qui è sorta la necessità da parte delle Case costruttrici di curare attentamente i sistemi di lubrificazione e da parte delle maggiori Case petrolifere di dare impulso ai nuovi concetti per la realizzazione di lubrificanti speciali che rispondono alle sempre più severe esigenze di funzionamento delle nuove macchine.

Prima di esaminare l'olio lubrificante per turbine, la sua natura e le sue caratteristiche speci-

che, sarà interessante vedere i sistemi di lubrificazione stessi.

È oramai uso generale dotare tutti i complessi, anche quelli di piccola potenza, con sistemi a circolazione in pressione.

Sistemi a gravità (fig. 1)

Trovano applicazione specie nella propulsione navale. L'olio viene distribuito, per gravità, con caduta di circa 8 metri, ai supporti ed al riduttore dal serbatoio di carico. L'olio, dalle superficie lubrificate, passa nelle casse di raccolta e da qui, attraverso filtri di vario tipo, separatori centrifughi e refrigeranti, viene pompato nella cassa di carico mediante pompe indipendenti mosse da vapore o da motori elettrici.

In caso di avaria di una pompa, l'olio continua a defluire per il tempo necessario all'avviamento

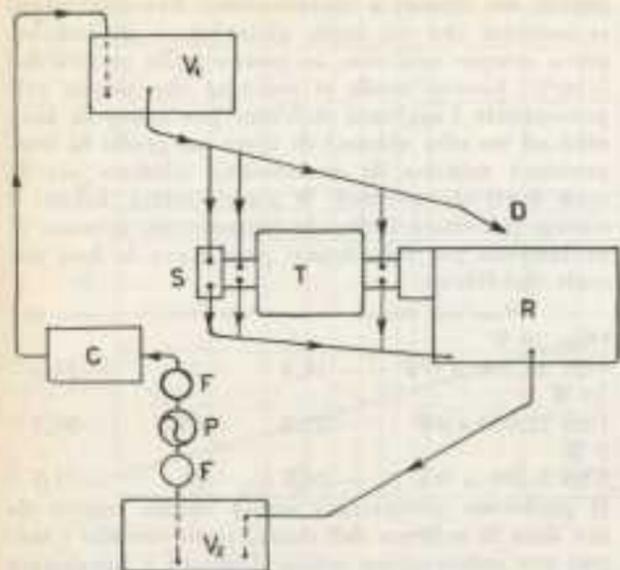


Fig. 1. — T turbina; R riduttore; C refrigeratore; F filtro; S reggispinga; P pompa principale; V₁ serbatoio di carico; V₂ serbatoio di raccolta; D derivazione al riduttore ed ai supporti dell'albero.

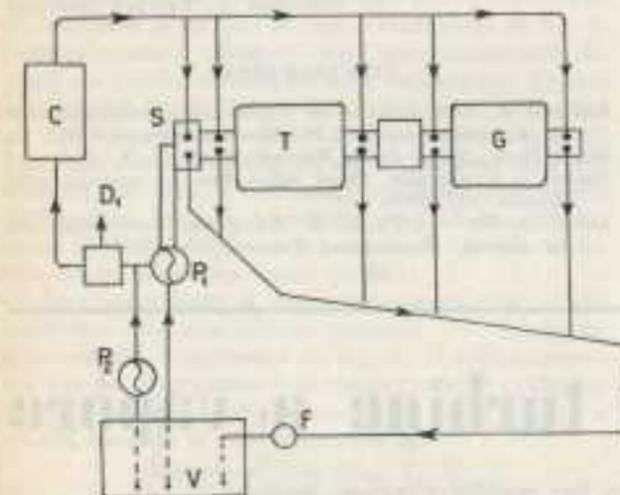


Fig. 2. — G generatore elettrico; P₁ pompa principale comandata dalla turbina; P₂ pompa ausiliaria; V serbatoio; D₁ derivazione al regolatore.

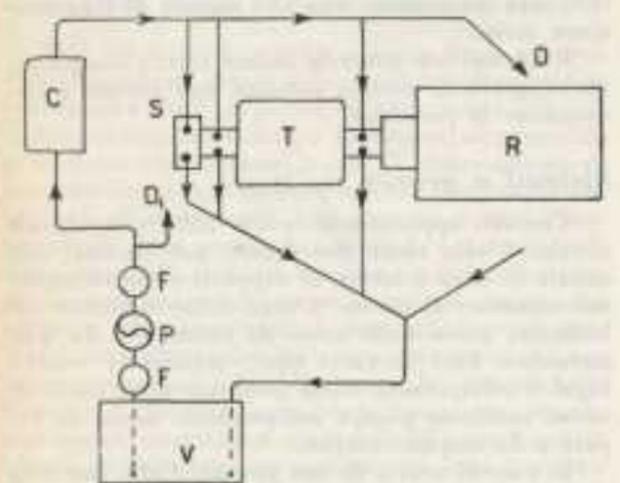


Fig. 3. — P pompa principale indipendente.

di una pompa di rispetto o all'arresto della turbina.

Sistemi a lubrificazione in pressione con pompe comandate dalle turbine (fig. 2)

La maggior parte dei turbo alternatori sono dotati di sistemi a circolazione forzata con pompa principale, ad ingranaggi o centrifuga, mossa dall'albero della turbina. Una pompa ausiliaria, per lo più centrifuga ed azionata a vapore, assicura la lubrificazione del sistema all'atto dell'avviamento e dell'arresto della turbina.

L'olio, dalla cassa principale di alimentazione, viene inviato nei refrigeranti e da qui nei cuscinetti portanti e reggispinga, quindi, nei collettori di scarico, nuovamente nella cassa. I filtri, del tipo a rete, sono posti immediatamente dopo le luci di scarico nella cassa e prima dell'aspirazione della pompa d'alimento. In « by pass » vengono inseriti i soliti depuratori centrifughi.

Sistemi di lubrificazione in pressione con pompe comandate indirettamente (fig. 3)

Questa sistemazione è specialmente realizzata su molte navi mercantili e su quasi tutte le navi da guerra. Il circuito di lubrificazione è analogo a quello precedentemente descritto. Le pompe sono azionate o da motori elettrici o da vapore spillato dalle caldaie.

Particolare cura deve essere posta nella costruzione delle casse di alimentazione del lubrificante onde realizzare quegli accorgimenti che possano garantire il miglior funzionamento dell'olio. Sono consigliate le forme che consentono migliore possibilità di separazione di acqua e morchie presenti nell'olio e tutte quelle sistemazioni per far percorrere un più lungo cammino al lubrificante dalle bocche di scarico alla pompa di circolazione. In alcuni impianti moderni, per favorire una più rapida separazione dell'aria e dei vapori caldi del lubrificante, alla cassa di alimentazione a tenuta ermetica viene applicato un ventilatore comandato da motore elettrico. Questa sistemazione è stata applicata dalla B.B.C.

Di notevole importanza è il « coefficiente di circolazione » dell'olio espresso dal rapporto tra la portata in tonnellate/ora della pompa principale e la capacità, pure in tonnellate, della cassa. Tale numero non deve superare il valore di 10 oltre il quale l'olio circola con velocità eccessiva.

Il sistema di circolazione deve provvedere a far giungere l'olio nei seguenti punti:

- supporti della turbina e del generatore, relais e altri organi di comando non costruiti col sistema a circolazione separata;
- giunti elastici;
- supporto di spinta;
- riduttori (se con sistema unico di lubrificazione);
- trasmissioni marine.

Supporti

La pressione dell'olio ai supporti — di solito di 0,35/1,75 kg/cmq — è molto al di sotto del massimo della pressione del supporto ma con un adatto disegno dello stesso e l'adattamento di una adeguata tolleranza, si ottiene un effetto autopompe in modo che l'albero ruota in un film d'olio.

L'olio è introdotto all'anello che circonda il supporto e raggiunge le faccie di lavoro attraverso una fessura comunicante con il gioco di tolleranza del supporto. L'afflusso dell'olio dallo spazio che circonda la bronzina è diminuito dalla forza centrifuga e dalle guarnizioni di tenuta vapore.

Supporti di spinta

Possono essere del tipo multicollare o Mitchell o Kingsbury.

Nei primi la lubrificazione delle faccie del supporto è assicurata dall'olio espulso dall'albero stesso.

Nei secondi l'olio è introdotto nel supporto per mezzo di canaletti di vario tipo, in modo che l'alimentazione dell'olio è nello spazio centrale tra l'albero e l'orlo interno del cuscinetto; l'allagamento è provocato dall'azione centrifuga e la lubrificazione è ottenuta con lo stabilizzarsi di un cuneo tra pattino e collare. Dopo essere passato nel supporto, l'olio passa al di fuori della bronzina che chiude il collare e i pattini, attraverso un foro d'uscita.

Giunto elastico

Sono normali giunti a denti.

Lo stelo dentato è rigidamente attaccato all'albero motore e ingaggia l'elemento femmina ridotto ad una flangia dentata sull'albero comandato. Il movimento relativo tra le faccie dei denti in presa del giunto è piccolo, tuttavia sono trasmessi carichi elevati e perciò pressioni elevate, per cui si richiede un'efficiente lubrificazione per prevenire la rapida usura.

In genere si usano due metodi di lubrificazione:

- l'olio che fuoriesce dai supporti è convogliato dai coprimozzo al giunto;
- la pompa inietta direttamente l'olio in pressione nella dentatura.

Riduttore

Si richiede un'efficiente lubrificazione per i riduttori delle turbine.

È pratica generale dirigere una corrente d'olio nella linea di contatto del dente o della zona d'impegno. I getti d'olio sono fissati ad una altezza di 12 cm dal punto da lubrificare e danno uno spruzzo a forma di ventaglio.

È richiesta una considerevole quantità d'olio in quanto è noto come l'olio aggiunga alla funzione lubrificante, quella refrigerante; infatti il calore portato via dall'olio conta per una elevata parte nella potenza perduta nella trasmissione.

Nelle installazioni marine ad esempio questa perdita è dell'1,5 % con semplice riduzione, del 2,5 % con doppia riduzione.

Trasmissioni marine

Nelle trasmissioni marine va considerato anche il blocco di spinta che trasmette la propulsione allo scafo della nave. Questi gruppi sono generalmente del tipo Mitchell e rassomigliano ai reggispinga delle turbine terrestri.

Si possono anche impiegare supporti a rulli, benchè più rari. Si usa lubrificazione a bagno nei sistemi a circolazione separata. Per il resto si usano i tipi più sopra ricordati.

Funzioni del lubrificante per turbine

L'olio destinato alla lubrificazione delle turbine a vapore deve possedere proprietà particolari, capaci di soddisfare le esigenze di vario genere che si presentano nelle più complete e moderne installazioni. Le funzioni del lubrificante sono molteplici: non si tratta solo di impiegare un fluido che riduca l'attrito fra le superficie in moto relativo e che asporti in modo continuativo il calore da queste prodotto nonchè quello che perviene ai supporti con conduzione lungo l'albero della turbina; generalmente lo stesso olio deve essere utilizzato come mezzo idraulico nei sistemi di regolazione, e come tale, deve garantire — per lungo tempo — il funzionamento soddisfacente di detti sistemi, senza dar luogo ad eccessiva schiumosità o a depositi che si ripercuotono sulla sensibilità degli stessi. Inoltre il lubrificante impiegato nelle turbine deve prevenire la corrosione delle parti metalliche non rivestite, esposte all'azione nociva dell'umidità ambiente. Talvolta, come si è visto negli schemi sopra descritti, lo stesso olio della turbina può venire utilizzato per la lubrificazione del riduttore di velocità.

Da quanto sopra emerge che per un dato impianto il lubrificante appropriato deve possedere caratteristiche fisiche e chimiche ben definite che ne garantiscano il buon comportamento in tutti gli organi a cui esso è destinato.

Caratteristiche del lubrificante per turbine

a) Viscosità.

È la caratteristica fisica fondamentale funzione dei dati costruttivi delle macchine. Una viscosità compresa fra i 3 e 4,5 gradi Engler a 50°C è indicata per la lubrificazione delle turbine ad accoppiamento diretto, mentre per quelle con accoppiamento ad ingranaggi viene scelto un olio con viscosità 4,5-7 gradi Engler a 50°C.

b) Peso specifico.

Ha influenza sulla rapidità di separazione dell'acqua che può entrare nel circuito dell'olio per fughe di vapore dalle guarnizioni. La legge di Stokes con la sua relazione:

$$U = \frac{(D - D')R^2}{Z} K$$

dove D = densità del liquido disperso (acqua)
D' = densità del liquido diluente (olio)
R = raggio delle bollicine d'acqua
Z = viscosità del liquido disperdente (olio)

dimostra che la velocità di separazione dell'acqua sarà tanto più rapida quanto più è basso il peso specifico. Generalmente i migliori lubrificanti hanno valori del peso specifico compresi fra 0,870 e 0,880.

c) *Indice di viscosità.*

Permette di giudicare delle variazioni di viscosità in funzione delle temperature. Tale indice, per un buon olio da turbine è bene non scenda al di sotto di 90.

Tutti questi valori, però, risolvono solamente quello che è il problema « meccanico » del lubrificante, (lubrificazione, refrigerazione, circolazione) ma non dicono nulla su quello che può essere il comportamento dello stesso durante il suo servizio. Se si tiene conto che la quantità di lubrificante che entra in gioco in un impianto di turbine a vapore è tutt'altro che trascurabile, è essenziale che detto olio posseda intatte tutte le sue proprietà iniziali per un periodo di tempo più lungo possibile perchè ciò si risolve in un vantaggio economico non indifferente. La scelta del lubrificante adatto va fatta perciò soprattutto in funzione della sua capacità a resistere a quei fattori che tendono a deteriorarlo — cioè ad ossidarlo — peggiorandone le proprietà chimiche e fisico chimiche ed alterandone la viscosità sino a valori inammissibili.

Il processo di ossidazione dell'olio è promosso dall'ossigeno dell'aria, dall'acqua e dall'azione catalitica del calore e dei metalli.

L'ossigeno si combina con i componenti molecolari meno stabili, generando successivamente perossidi, prodotti di polimerizzazione e sedimenti. Tutti questi prodotti poi accelerano ulteriormente la reazione di ossidazione degli altri idrocarburi.

La temperatura dell'olio e l'azione catalitica dei metalli antifrizione delle bronzine favoriscono in proporzione questa catena di reazioni.

L'acqua che può derivare da tenute non perfette e dalla condensazione in carter dell'umidità ambiente promuove la formazione di acidi organici con la conseguente corrosione delle parti metalliche e il deposito di saponi metallici insolubili, che comunemente sono noti sotto il nome di morchie.

Altra causa è la formazione di schiuma, che proviene dall'incorporamento di aria in olio. Oltre a creare difficoltà di circolazione ed irregolarità nei sistemi idraulici, la schiuma genera un intimo contatto tra l'olio ed ossigeno, creando condizioni favorevoli all'ossidazione degli idrocarburi meno resistenti.

È pertanto di primaria importanza conoscere le proprietà fisico-chimiche e chimiche, perchè esse sono le uniche a dire qualcosa sull'attitudine di un lubrificante a svolgere soddisfacentemente i suoi compiti non solo all'inizio dell'impiego ma in qualsiasi momento del suo servizio; esse influenzano l'azione contaminante dei fattori sopra citati e sono principalmente l'acidità organica, la demulsività e la tendenza a non formare schiuma.

L'acidità organica denota la presenza di composti organici facilmente ossidabili. Durante il fun-

zionamento essa cresce continuamente per effetto dell'azione combinata dell'ossigeno, del calore, dei metalli e dell'acqua, secondo quanto si è visto più sopra, e si può dire che sia l'indice fondamentale del grado di ossidazione di un olio.

Un buon olio deve possedere valori molto bassi di acidità organica e sarà tanto migliore quanto più lento sarà l'aumento di questa durante il funzionamento. Questa caratteristica è misurata, secondo le norme ASTM, come numero di neutralizzazione cioè in mgr. di KOH necessari a neutralizzare un gr. di olio. Gli oli che hanno subito i migliori processi di raffinazione posseggono da nuovi un numero di neutralizzazione inferiore a 0,05, che però cresce abbastanza rapidamente fino a raggiungere valori inammissibili (3 mgr. KOH/gr) che obbligano alla sostituzione dell'olio.

Una buona demulsività libera prontamente l'olio dal contatto dell'acqua in carter, eliminando in gran parte l'azione nociva di quest'ultima. Come già visto, parlando della legge di Stokes, la demulsività sarà tanto migliore quanto più bassi sono il peso specifico e la viscosità dell'olio. Tuttavia per avere buoni valori di demulsività l'olio deve subire particolari trattamenti durante la raffinazione.

Secondo le norme A.S.T.M. la demulsività è espressa dal numero di secondi necessari per separare 20 cc di vapore condensato in pari volume di olio: i valori più bassi in secondi indicano pertanto una migliore caratteristica di demulsività. Questa caratteristica, come l'acidità organica, cresce con le ore di servizio dell'olio, perchè la maggiore difficoltà di separazione dall'acqua è connessa con l'esistenza di prodotti di ossidazione. I migliori lubrificanti posseggono valori compresi fra i 50" e 250". È bene qui mettere in rilievo che la presenza di additivi nell'olio eleva la demulsività iniziale intorno a 200" senza che questo costituisca un rapporto negativo con gli oli minerali puri freschi aventi in genere valori più bassi. La più alta resistenza all'ossidazione degli oli additivati conferisce un andamento molto meno ripido alla curva espressa dai parametri tempo/numero di demulsività.

La proprietà antischiama favorisce la separazione dell'aria inevitabilmente incorporata nell'olio sotto forma di minute bollicine; essa è tanto migliore quanto più alte sono la viscosità di salita delle stesse e la loro tendenza a raccogliersi in superficie sotto forma di bolle di maggiori dimensioni, racchiuse in pellicole più sottili che ne facilitano la rottura. Tutti questi effetti sono in funzione della tensione superficiale, della viscosità e del peso specifico dell'olio. Teniamo presente che questa caratteristica è inoltre esaltata con i migliori processi di raffinazione.

Lubrificanti additivati

Durante l'esame delle caratteristiche dei lubrificanti per turbine, abbiamo notato quanta importanza vada riservata ai fattori chimici e chimico-fisici per la loro relazione con il processo di invecchiamento dell'olio. I risultati di questo processo sono i seguenti:

— gli acidi organici ed i perossidi hanno azione corrosiva sulle parti metalliche;

— i saponi insolubili (fanghi, morchie, lacche) costituiscono un pericolo di intasamento nei sistemi di circolazione;

— i prodotti di polimerizzazione, solubili nell'olio, aumentano la viscosità al punto di renderla inadatta alle funzioni cui era stata proposta.

Tutti gli oli minerali sono soggetti a questa alterazione in misura più o meno elevata secondo il grado di raffinazione subito; di conseguenza la loro durata in servizio è limitata al raggiungimento di un grado di ossidazione tale da non garantire più l'adempimento delle sue funzioni.

Da molti anni la tecnica petrolifera si è indirizzata su di un campo di studi intesi a migliorare le caratteristiche dei lubrificanti già di per sé soddisfacenti per il perfezionamento raggiunto nei processi di raffinazione. Lo scopo è stato raggiunto incorporando nell'olio vari composti chimici, comunemente detti additivi, che, con meccanismi d'azione diversi, sostanzialmente impediscono la formazione delle reazioni che portano al deterioramento del lubrificante.

In questo modo, finchè le sostanze « inibitrici » non si sono completamente trasformate, le caratteristiche chimiche e chimico-fisiche dell'olio si mantengono pressochè inalterate, e ciò per un periodo di tempo che generalmente supera di gran lunga la normale durata dei lubrificanti puri non additivati. Dopo questo periodo, l'ossidazione dell'olio procede con l'andamento normale proprio dei lubrificanti puri allo stato nuovo.

Controlli pratici, effettuati su impianti funzio-

nanti da molti anni, hanno confermato il brillante comportamento dei lubrificanti additivati. Riportiamo un esempio indicativo citando le caratteristiche di uno di questi oli, rilevato dopo vari periodi di funzionamento, su gruppi diversi:

Lubrificante A, funzionante su turbine a vapore Metropolitan Wickers, da 12.500 KW.

Caratteristiche

olio nuovo	dopo 62.000	dopo 50.000	dopo 54.000	
	ore su turbina n. 1	ore su turbina n. 2	ore su turbina n. 3	
Peso specifico a 15° C	0,871	0,876	0,871	0,874
Visc. Redwood I a 140° F	79	97	82	82
N. neutralizz. mgr. KOH gr.	< 0,04	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Acqua	nulla	nulla	circa 0,2%	nulla

Come si vede l'olio si presenta quasi nelle stesse condizioni iniziali con caratteristiche pressochè inalterate; il fatto più interessante è rappresentato dall'ottimo valore del numero di neutralizzazione che denota come gli inibitori durante le 50 mila ore ed oltre di servizio, abbiano impedito la formazione delle sostanze acide prodotte dall'ossidazione.

Se si tiene conto che gli oli minerali puri, normalmente impiegati, possono raggiungere limiti di esercizio di 25.000/30.000 ore, appare chiaro il notevole vantaggio risultante dall'impiego dei lubrificanti additivati che assicurano durate, in condizioni di funzionamento normale, sino a 100.000 ore.

D. Viotti e C. Lonoce

La lubrificazione negli espansori alternativi per impianti di produzione di ossigeno liquido

Le bassissime temperature in gioco negli espansori per impianti di produzione d'ossigeno hanno presentato problemi di lubrificazione diversi da quelli delle altre macchine alternative. Tali problemi sono stati risolti soddisfacentemente con opportuni accorgimenti di disegno dei cilindri che consentono un certo riscaldamento della zona di scorrimento delle fasce dello stantuffo, e con l'uso di metalli porosi autolubrificanti per i guida-valvole.

È noto che allo stato attuale della tecnica, uno dei cicli più impiegati per il frazionamento dell'aria e produzione di ossigeno liquido è quello in cui l'aria, compressa ad una pressione massima di 200 kg/cmq, viene preraffreddata ed espansa, in parte isoentalpicamente attraverso una valvola ed in parte in una motrice alternativa con produzione di lavoro esterno.

Date le particolari condizioni di esercizio cui deve soddisfare (alte pressioni e bassissime temperature) l'espansore suddetto costituisce la parte più importante e delicata dell'impianto, in quanto dal suo perfetto funzionamento dipende essenzialmente la regolarità di marcia dell'intero impianto.

Ora tra le difficoltà più gravi incontrate nella messa a punto di tali macchine può essere considerato senz'altro il sistema di lubrificazione del cilindro e delle valvole, lubrificazione che per il ci-

lindro si rende necessaria in quanto, non potendosi impiegare, per ovvi motivi di sicurezza di tenuta e di continuità di esercizio, stantuffi guarniti con calotte in cuoio, è stato adottato il sistema a fasce elastiche come già si fa sulla maggior parte delle macchine alternative.

Esaminiamo quindi più da vicino l'impostazione di tale problema di lubrificazione, nonché gli accorgimenti messi in atto per risolverlo.

1) Lubrificazione del cilindro.

Dato che il tipo di macchina in oggetto riceve aria ad alta pressione preventivamente raffreddata alla temperatura di -35° -40°C non è stato possibile lubrificare il cilindro mediante olio iniettato sotto pressione sulla tubazione di ammissione della macchina stessa; si è dovuto pertanto ricorrere all'iniezione di olio, mediante un