

La lubrificazione dei motori a combustione interna e le prove sperimentali sui lubrificanti

Si pone in evidenza la necessità di prove di laboratorio sugli olii lubrificanti e l'impiego di motori sperimentali per determinarne la qualità, accennando ai vari tipi di motori usati e ai procedimenti di come trarre i giudizi sulle qualità del lubrificante. Si pone in rilievo: la corrispondenza fra viscosità e indice di viscosità dell'olio lubrificante e il suo consumo; gli inconvenienti a cui danno luogo gli olii lubrificanti nella lubrificazione dei motori a combustione interna e i rimedi che sono usati. Si accenna, infine, a nuovi orientamenti della lubrificazione dei motori e ai nuovi compiti ad essa richiesti.

Caratteristiche fisiche dei lubrificanti in rapporto alle caratteristiche di consumo.

Nel presente articolo si pone in evidenza come le ricerche sperimentali abbiano importanza fondamentale per l'applicazione della lubrificazione nei motori a combustione interna e se ne possono trarre quindi logiche conseguenze circa la tendenza dell'attuale tecnica di lubrificazione in tali motori. Negli ultimi quindici anni dalle poche prove fisiche e chimiche di laboratorio si è passati ad un numero sempre crescente di prove, non solo di laboratorio ma anche su motori sperimentali, che ci permettono di avere buone informazioni circa le caratteristiche dei lubrificanti durante il loro impiego e il loro uso in rapporto a fattori fondamentali della lubrificazione dei motori a combustione come il consumo, l'alto regime di funzionamento del motore, i carichi elevati e gli improvvisi acceleramenti e deceleramenti.

Nelle prove di laboratorio è facile determinare le caratteristiche di volatilità, di viscosità e di indice di viscosità (V.I.) dei lubrificanti⁽¹⁾. Poter conoscere quindi le caratteristiche di consumo in funzione dei parametri di volatilità, viscosità e indice di viscosità (V.I.) è utile onde poter orientare per la scelta del lubrificante da adottare in quelle precise condizioni in cui sappiamo deve funzionare il motore.

Sono state fatte prove di volatilità con lubrificanti aventi: V.I. compreso fra 108 ÷ 115; viscosità cinematica 6,7 centistokes (48 Saybolt a 99°C).

I lubrificanti provati hanno curve di distillazione nel vuoto (5 mm Hg di pressione) diverse a secondo i tipi e naturalmente quelli che presentano curve di distillazione più basse (le curve sono date dalle percentuali distillate alle varie temperature tenendo costante la pressione di distillazione) hanno

⁽¹⁾ L'indice di viscosità (V.I.) è un valore numerico il quale indica la resistenza di un dato tipo di lubrificante « a fluidificarsi con il calore » (thinning out with heat) o « ad addensarsi con il raffreddamento » (« thickening up with cold ») e pertanto bassi valori indicano una cattiva resistenza e gli alti valori una ottima resistenza a variare viscosità con il variare della temperatura.

Il V.I. si ha paragonando la viscosità cinematica v dell'olio a 38° con quelle v_1 e v_2 di due olii limiti, l'uno poco sensibile, l'altro molto sensibile alla temperatura e che a 99°C presentano lo stesso v dell'olio in questione ed è dato dalla relazione:

$$V.I. = 100 \frac{v_2 - v}{v_1 - v}$$

indici di consumo più elevati ed in genere si suole assumere come linea separatrice fra volatilità e non volatilità una ideale linea di distillazione che abbia inizio solo a 200 ÷ 210°C (alla pressione di 5 mm Hg).

La fig. 1 riassume invece i risultati di ricerche sulla relazione fra la viscosità dell'olio lubrificante e il consumo. Tutti gli olii lubrificanti delle prove

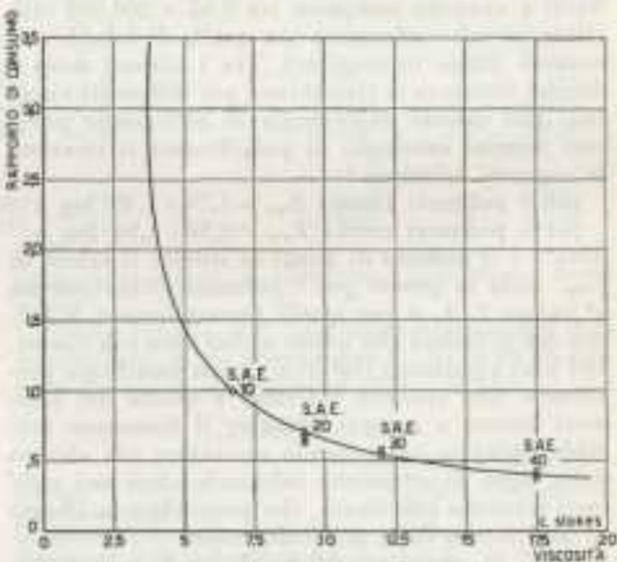


Fig. 1

avevano il V.I. compreso fra 105 ÷ 115 e decrescente progressivamente con l'aumento della viscosità. Gli olii lubrificanti 10 S.A.E. e quelli caratterizzati con numero maggiore di 10 avevano punti di accensione e curve di distillazione ben al disopra dei limiti minimi indicati come necessari per la « non volatilità » così che le differenze di consumo sono causate essenzialmente dalla viscosità. I due olii aventi caratteristiche di denominazione inferiore ai 10 SAE contenevano una percentuale apprezzabile di componenti volatili, la presenza dei quali era dovuta alla bassa viscosità dell'olio lubrificante, e quindi l'alto consumo è dovuto alla combinazione della volatilità alla viscosità stessa, dove però ha maggiore preponderanza la viscosità che non la volatilità.

L'andamento della curva viscosità-consumo è interessante specialmente nella zona sotto i 6,7 centistokes (48 Saybolt a 99°C) ed indica l'importanza della pellicola d'olio convenientemente viscoso per far mantenere sufficiente tenuta agli anelli del pistone.

La variazione di viscosità di solo 0,25 centistokes (1 Saybolt) è sufficiente a causare una notevole variazione del consumo di olio lubrificante nell'intorno dei 4,5 centistokes (40 Saybolt). Si può quindi assumere senz'altro la viscosità come il fattore di giudizio nel consumo di olio lubrificante nei motori.

La fig. 2 riassume i risultati di prove per studiare le relazioni tra il V.I. ed il consumo. Tutti gli olii lubrificanti impiegati erano di viscosità ci-

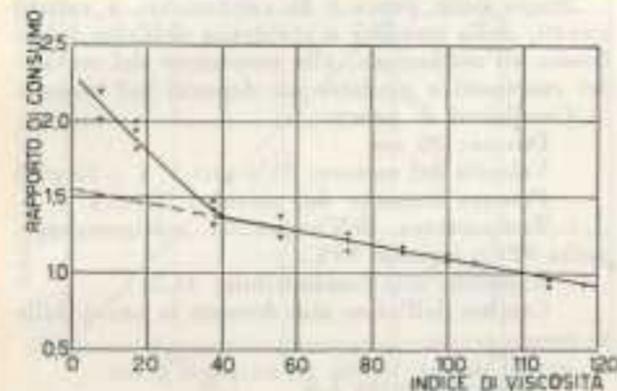


Fig. 2

nematica 67 centistokes (48 Saybolt a 99°C). Gli olii lubrificanti aventi V.I. 38 avevano tutti, punto di accensione e curve di distillazione superiori ai limiti indicati come necessari per la « non volatilità » così che le differenze di consumo si possono considerare dovute essenzialmente al V.I. Gli olii lubrificanti con V.I. 6 ÷ 16 hanno rispettivamente bassi punti di accensione e contengono apprezzabili percentuali di componenti distillanti sotto 182°C a 5 mm Hg.

Gli alti valori del consumo per i due olii lubrificanti aventi minore indice di viscosità sono dovuti alla combinazione della « volatilità » e del V.I. ciò che evidentemente giustifica il ginocchio che si ha nella curva per V.I. < 38. Per mezzo delle curve di distillazione sotto vuoto si è potuto valutare la correzione per la « volatilità » per tenere conto approssimativamente del solo V.I. come è mostrato in fig. 2 dalla linea a tratti.

Dal diagramma della fig. 2 si deduce che olii lubrificanti con V.I. molto basso (V.I. = 10) possono avere un consumo del 50 % più elevato rispetto a quelli di V.I. più alto, (V.I. = 110) pur tralasciando l'effetto della volatilità.

Questa differenza di consumo può essere attribuita al fatto che un lubrificante ad alto V.I. è da 0,25 ÷ 0,75 centistokes (1 ÷ 3 Saybolt) più alto in viscosità di un lubrificante a basso V.I. alla temperatura esistente nella zona degli anelli di tenuta del pistone (150 ÷ 260°C). Poiché tutti gli olii lubrificanti diminuiscono di viscosità fino a 4,2 centistokes (40 Saybolt) e alle temperature di 150 ÷ 260°C una differenza di 21 centistokes (102 Saybolt), entro questo campo dovuto alla differenza di V.I., può avere un rilevante effetto sul consumo.

Dal grafico della fig. 2 si vede che un aumento del V.I. è benefico rispetto al consumo e quindi

si possono usare anche dei correttivi per avere olii lubrificanti con V.I. > 130.

Rimaneva però il dubbio che detti correttivi influenzassero le caratteristiche del lubrificante alle basse temperature di avviamento e le proprietà di consumo stesso in condizioni di funzionamento regolare.

Sono state studiate sperimentalmente a freddo le caratteristiche dei lubrificanti con l'aiuto di camere di prova fredde e le proprietà di consumo in queste condizioni. Dette prove hanno mostrato:

— che gli olii lubrificanti con alto V.I. offrono il miglior mezzo di combinazione delle buone caratteristiche alle basse temperature di avviamento con il basso consumo a regime (prove su monocilindro).

— che le proprietà degli olii lubrificanti ad alto V.I. ottenuto mediante speciali additivi, alle basse temperature di avviamento sono identiche a quelle degli olii minerali normali che hanno eguali viscosità alle basse temperature considerate.

— che le proprietà di consumo degli olii lubrificanti ad alto V.I. ottenuto mediante speciali additivi, sono identiche a quelle degli olii minerali aventi eguale viscosità a 150°C.

A conclusione dei risultati sopra riportati possiamo affermare che le tre proprietà fisiche ricordate: volatilità, viscosità e indice di viscosità influenzano il consumo dell'olio lubrificante; da queste indagini sperimentali, puramente di laboratorio, abbiamo già quindi elementi di giudizio per l'adottare un lubrificante oppure l'altro in rapporto al suo impiego motoristico.

Prove su motori sperimentali per le valutazioni delle caratteristiche dei lubrificanti.

Le prove fisiche e chimiche di laboratorio indicano se un lubrificante possiede o meno le caratteristiche per essere usato e quindi sono prove di valutazione della bontà o meno del lubrificante stesso.

Queste prove però non ci indicano come si comporta il lubrificante quando sia usato nel motore e i fenomeni e le alterazioni a cui sono soggetti i lubrificanti durante l'esercizio del motore.

Come per le benzine siamo passati alle prove sperimentali sul monocilindro CFR per la determinazione del N.O. così per i lubrificanti siamo passati, dalle prove fisiche e chimiche, alle prove sperimentali su motori.

Queste prove, introdotte recentemente nella valutazione degli olii lubrificanti, sono allo stato di studio e ancora in evoluzione e non completamente standardizzate in quanto, se valgono per gli Stati Uniti⁽²⁾, non valgono ancora in altri paesi; certamente però esse sono utili per la

⁽²⁾ A conferma di quanto asserito ricordiamo che nei soli Stati Uniti negli ultimi anni sono sorti oltre 200 metodi sperimentali per la valutazione delle caratteristiche dei lubrificanti.

valutazione di fattori importanti come la resistenza all'ossidazione del lubrificante, la corrosione dei cuscinetti, le tendenze alla formazione di vernice e di morchie.

Senza volere addentrarci, data la necessaria brevità del presente articolo, sulle singole prove e sulla valutazione dei risultati, ai quali si giunge dopo aver fatto funzionare il motore con un determinato tipo di lubrificante, riteniamo utile riportare le caratteristiche dei vari tipi di motori sui quali eseguiamo le singole prove ⁽³⁾ e le modalità delle prove medesime.

Le prove su motori sperimentali sono:

Prova su motore L-1.

Motore standard a ciclo Diesel a 4 tempi monocilindro (alesaggio 146 mm; corsa 203 mm) della Caterpillar Tractor Co.

Il motore è stato studiato dalla Caterpillar, unitamente alle industrie petrolifere, ed è accettato come motore standard per le prove dei combustibili e dei lubrificanti.

Scopo della prova è la valutazione della detergenza caratteristica del lubrificante sotto carichi elevati e quindi la valutazione della tendenza del lubrificante a formare depositi nella cavità degli anelli di tenuta, a formare vernice sul pistone e sulla sommità del cilindro e l'efficienza del lubrificante nel ridurre il consumo del pistone, degli anelli e del cilindro.

Condizione di prova:

Durata: 480 ore

Velocità del motore: 1000 giri/1' (± 1 giro)

Potenza frenante del motore: 20 C.V.

Temperatura dell'acqua di refrigerazione: uscita 79 ÷ 82°C; ingresso 10 ÷ 15°C inferiore all'uscita

Temperatura dell'olio nei cuscinetti: 62°C ÷ 66°C

Cambio dell'olio: 28 gr. ogni 120 ore

Prova su motore L-3

Motore standard a ciclo Diesel a 4 tempi, 4 cilindri (alesaggio 108 mm; corsa 140 mm) della Caterpillar Tractor Co.

Scopo della prova è la resistenza alle alte temperature del lubrificante e la sua tendenza a corrodere i cuscinetti in queste condizioni.

Quando un lubrificante ha superato la prova L-1 viene sottoposto alla prova L-3 con la quale si deve appunto valutare la corrosione dei cuscinetti.

Attualmente molte Ditte non sono attrezzate del motore in questione per queste prove sperimentali in quanto essendo queste molto simili a quelle che si fanno nella prova L-4 vengono senz'altro soppresse.

Condizioni di prova:

Durata: 120 ore

Velocità del motore: 1400 giri/1' (± 14 giri)

⁽³⁾ Si è giunti però adesso ad una ristretta serie di prove che sono richieste per il collaudo dei lubrificanti forniti alle Forze Armate degli Stati Uniti.

Potenza frenante del motore: 37 C.V.
Temperatura dell'acqua di refrigerazione: uscita 92°C
Temperatura dell'olio nei cuscinetti: 100°C
Cambio dell'olio: mai durante le 120 ore

Prova su motore L-4

Motore standard per autoveicolo a carburazione, 6 cilindri (alesaggio 89 mm; corsa 95 mm) della Chevrolet.

Scopo delle prove è la valutazione, a carichi elevati, della stabilità o resistenza dell'olio lubrificante all'ossidazione, alla corrosione del metallo dei cuscinetti e giudizio sui depositi nel motore.

Condizioni di prova:

Durata: 36 ore

Velocità del motore: 3150 giri/1' (± 25 giri)

Potenza frenante del motore: 30 C.V.

Temperatura dell'acqua di refrigerazione: uscita 92°C; ingresso 88°C

Rapporto aria/combustibile: 14,5

Cambio dell'olio: mai durante la prova delle 36 ore.

Prova su motore L-5

Motore standard commerciale a ciclo Diesel a due tempi, 3 o 4 cilindri (alesaggio 108 mm; corsa 127,5 mm).

Scopo della prova è la valutazione, a carichi elevati, della ossidazione dell'olio lubrificante, la detergenza dell'olio lubrificante e la corrosione dei cuscinetti ed inoltre l'incollamento dell'anello al pistone.

Condizioni di prova:

Durata: 500 ore

Velocità del motore: 2000 giri/1' (± 20)

Potenza frenante del motore: Motore con 3 cilindri 78 C.V. (± 2 C.V.); Motore con 4 cilindri 103 C.V. (± 3 C.V.)

Temperatura dell'acqua di refrigerazione: uscita 82°C; entrata 12 ÷ 15°C inferiore all'uscita.

Temperatura dell'olio nel pozzetto: 110°C

Cambio dell'olio: mai durante le 500 ore di prova.

Quanto abbiamo descritto si riferisce agli apparati sperimentali atti a determinare le caratteristiche richieste dalle Forze Armate degli Stati Uniti.

È da notare come ancor più recentemente si è cercato di sostituire altri motori sperimentali che possano fornire i risultati, ottenuti con quelli precedentemente descritti, con un numero di ore di funzionamento di gran lunga inferiore.

Così con il motore:

Buda 1 BD - 38 monocilindrico a ciclo Diesel, 4 tempi (alesaggio 87 mm; corsa 105 mm)

Potenza frenante: 7,5 C.V.

Velocità del motore: 1800 giri/1'

si è potuto ottenere, con tempi più brevi, gli stessi risultati ottenuti con le prove L-1 e L-3 eseguite con motore Caterpillar.

Buda 1 BD 100 ore: Caterpillar (L-1) 480 ore
Caterpillar (L-3) 120 ore

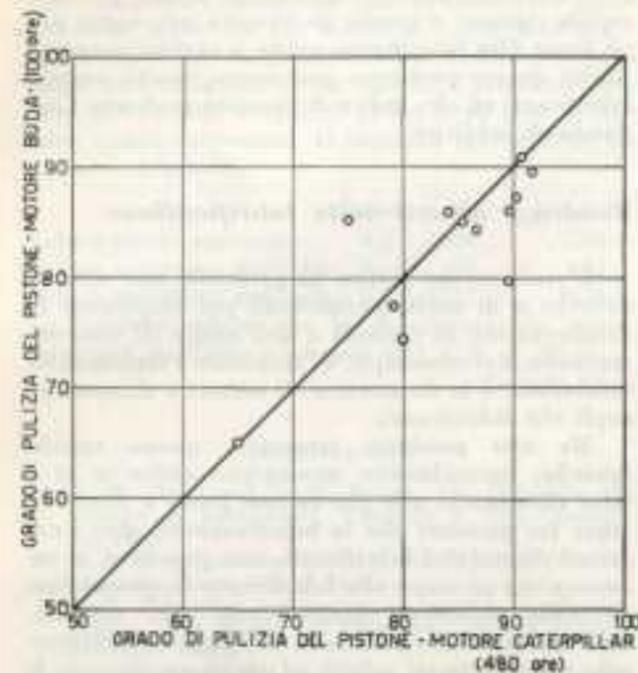


Fig. 3

Come orientamento forniamo i risultati ottenuti su Caterpillar (durata prova 480 ore) e su Buda BD (durata prova 100 ore) nel diagramma della fig. 3 dove in ascissa e in ordinate si è riportato il merito di pulizia del pistone del motore Caterpillar e Buda rispettivamente.

Un altro monocilindro sperimentale usato per dette prove è:

Lauson Model H-2 monocilindrico a carburazione, a 4 tempi (alesaggio 67 mm; corsa 70 mm). Potenza frenante 2 C.V.; Velocità del motore: 1850 giri/1'.

La durata delle prove è di 60 ore e di 100 ore a seconda delle prove.

Questo motore è stato accettato dal Coordinating Research Council.

Ambedue i motori a cui si è accennato ultimamente hanno la proprietà di poter, con ore di prova variate, eseguire tutte le prove che sopra sono state specificate avendo così ridotto ad un solo (e per di più monocilindro) i motori usati per le prove.

È utile dedurre dalle conclusioni dai metodi di prova sopra esposte.

Innanzitutto bisogna notare che le prove vengono condotte portando il motore a regime, sia come numero di giri che come potenza frenante, e questi due fattori, come pure il rapporto aria-combustibile, mai vengono a variare durante la prova; quindi condizioni notevolmente diverse che nel funzionamento normale dove il motore è soggetto a variazione di carico, di numero di giri e del rapporto aria-combustibile.

Un altro fattore di diversità è dovuto al fatto che il motore sperimentale è sempre in condizioni meccaniche di manutenzione perfette mentre i motori usuali sono tutt'altro che in condizioni ideali di manutenzione.

Se ne può dedurre che in realtà non possiamo confrontare i risultati ottenuti su un motore sperimentale in laboratorio e quelli che si hanno nell'esercizio normale del motore.

Infatti si è potuto constatare, su una serie di motori di autobus, osservando i fenomeni di usura nei cuscinetti e le formazioni di vernice e di morchia nel motore, che l'estrapolazione dei risultati di laboratorio non sono possibili; i risultati di questi ultimi anni, fra prove di laboratorio e controllo di motori in esercizio normale, non sono sempre concordanti.

Si è potuto osservare però che i lubrificanti che avevano superato le prove di laboratorio erano riusciti buoni anche nel funzionamento normale del motore. Questo è dovuto al fatto che le prove richieste dalle Forze Armate degli Stati Uniti, che sono quelle che fanno testo in materia, sono molto gravose e quindi tali da garantire il buon comportamento del lubrificante anche in esercizio.

Esiste quindi, anche per i lubrificanti, la diversità di comportamento esistente per le benzine, quando si determini la resistenza alla detonazione su prove al monocilindro e prove su strada (alle quali oggi si fa direttamente riferimento magari con prove su banchi freno per vetture con carico frenante variabile). Ma è certamente un progresso notevole che si è fatto nello studio dei lubrificanti nel passare dalle prove fisiche e chimiche di laboratorio a quelle su motori monocilindrici sperimentali.

Inconvenienti e rimedi degli olii lubrificanti nella lubrificazione dei motori a combustione interna.

Gli olii lubrificanti nell'impiego attuale dei motori di elevate caratteristiche, come sono in genere i motori d'aviazione e i motori da competizione, devono avere caratteristiche tali da poter garantire le esigenze del motore, esigenze che possono riassumersi nei seguenti fattori fondamentali: a) elevate temperature; b) elevati carichi di funzionamento; c) elevati regimi di giri; d) variazione istantanea dei carichi.

I fenomeni che sono connessi alle alte temperature sono quelli di ossidazione, di verniciatura e morchie e di corrosione.

Come è noto gli olii lubrificanti possono essere paraffinici, olefinici, naftenici e aromatici.

Per tutti questi vengono adoperati, prima di immetterli nel consumo, dei processi chimici di purificazione; ma nonostante ciò si hanno sempre dei prodotti più densi, durante l'impiego nel motore, che causano depositi carboniosi. Quelli appartenenti al gruppo paraffinico sono i più stabili e non danno luogo a formazione di prodotti ossidati. I lubrificanti olefinici non sono invece molto resistenti; la presenza di ossigeno, specie alle temperature alte, può dare inizio a fenomeni di ossidazione e polimerizzazione e quindi produrre delle sostanze più consistenti favorendo le formazioni di vernici o di morchie e talvolta anche di prodotti acidi.

Quelli naftenici e quelli aromatici sono pure facilmente ossidabili e i prodotti, a cui danno luogo, sono residui asfalcici.

L'alta temperatura favorisce l'ossidazione, ma anche lo sbattimento dell'olio, specie nelle pompe di mandata del lubrificante, favorisce questo fenomeno che è causato da uno scioglimento dell'aria, e quindi dell'ossigeno, nell'olio lubrificante medesimo.

La detergenza degli olii invece ha il potere di tenere in sospensione colloidale i residui carboniosi e quindi di tenere puliti gli organi del motore; in compenso l'olio risulterà nero e scuro per il tenere in sospensione delle particelle carboniose.

Per quanto riguarda invece i carichi e la velocità degli organi del motore nei loro accoppiamenti cinematici è necessario che il lubrificante abbia una buona untuosità onde si abbia sempre, fra le parti in contatto, un film di olio lubrificante. Si è potuto constatare, con prove di laboratorio, che gli olii paraffinici sono sotto questo aspetto non molto buoni, però, con l'aggiunta di additivi, i coefficienti di attrito sono diminuiti fortemente.

Da esperienze fatte presso i laboratori del N.A.C.A. si è constatato come il miglior lubrificante sia un film solido di $F_3 O_4$ o di acciaio puro, ma anche con olii lubrificanti, aggiungendo additivi, si giungeva a risultati soddisfacenti. Nella fig. 4 abbiamo riportati dei diagrammi dove in

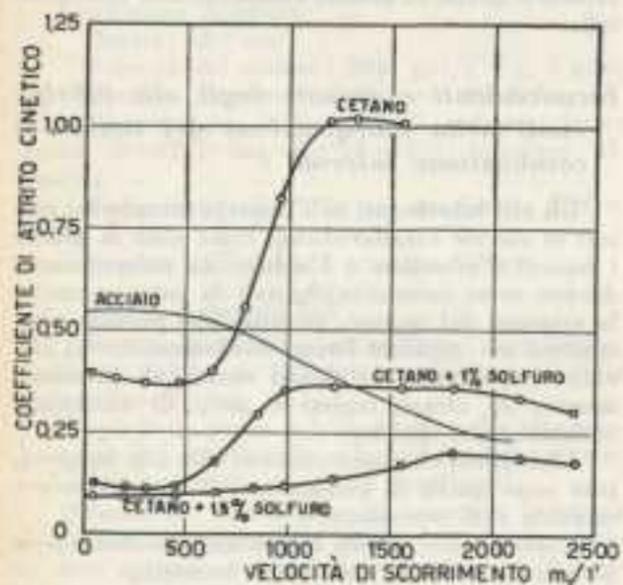


Fig. 4

ascissa abbiamo portato la velocità mentre nelle ordinate i coefficienti di attrito cinematico. Da questi diagrammi sperimentali si deduce che, aggiungendo degli additivi in percentuali diverse, si migliora notevolmente il coefficiente di attrito e di conseguenza vengono migliorate anche le condizioni di carico a cui sono assoggettati gli accoppiamenti cinematici del motore.

Per quanto riguarda gli acceleramenti e deceleramenti del motore (ossia variazioni di carico del motore) la lubrificazione è difficile in quanto bisogna accoppiare le caratteristiche di fluidità (ossia

poca viscosità) del lubrificante, necessarie per una rapida ripresa, e quelle di oleosità necessaria per un buon film lubrificante anche a carichi notevoli. Anche questo problema può essere risolto usando lubrificanti ad alto indice di viscosità mediante l'aggiunta di additivi.

Tendenze attuali della lubrificazione.

L'evolversi dei motori ha promosso una serie di ricerche e di studi sperimentali per migliorare le caratteristiche di oleosità e dell'indice di viscosità cercando, nel contempo, di eliminare i fenomeni di ossidazione e la formazione di vernici e di morchie negli olii lubrificanti.

Ma non possiamo terminare questo rapido sguardo, naturalmente incompleto anche se si è fatto riferimento alle più recenti prove e ricerche, senza far presente che la lubrificazione, dati i caratteri diversi dei lubrificanti, non può farsi in un motore con un unico olio lubrificante in quanto esso dovrebbe possedere caratteristiche che, talvolta, sono fra di loro in contrasto. Nei motori d'autoveicolo siamo arrivati infatti ad avere un circuito di lubrificazione con un tipo di olio per il motore (cuscinetti di banco, cuscinetti di biella, accoppiamento camicia-segmenti-pistone, organi di distribuzione) mentre tutta la scatola del cambio, rachiudente il sistema di ingranaggi, è riempito di olio, che lubrifica con sistema in immersione, le ruote dentate ed avente caratteristiche diverse dal precedente. Questo ultimo deve avere una untuosità molto elevata, mentre detta caratteristica sarebbe negativa nel motore.

Non è così, per ragioni di semplicità, nei motori d'aviazione per il riduttore albero motore-albero elica e per il moltiplicatore albero motore-albero ventola del compressore, i quali sono lubrificati con l'olio che si usa per il motore mediante un unico circuito di lubrificazione. Per ragioni di semplicità abbiamo detto ed infatti i carichi che si verificano nelle dentature di questi gruppi meccanici del motore d'aviazione sono molto elevati e quindi un maggior riscaldamento dell'olio di lubrificazione con conseguente necessità di refrigerarlo.

Ma certamente costruendo gruppi di riduttori con dentature sempre più caricate e sempre più veloci, come le moderne turboeliche nelle quali vengono raggiunte potenze dell'ordine di 4.000 CV, e i rapporti dei numeri di giri sono da 10.000 a 1500 giri/l', dovremo pensare a due impianti diversi di lubrificazione (4).

Facciamo presente anche che nei motori la lubrificazione ha assunto un altro compito, oltre quello di fluido viscoso interposto negli accoppiamenti cinematici per ridurre i lavori perduti, ed è precisamente quello della refrigerazione del mo-

(4) Si ricordi che il gruppo riduttore delle turboeliche è uno dei gruppi meccanici più delicati ed anche attualmente il non grande sviluppo delle turboeliche è da imputarsi alle frequenti rotture degli ingranaggi dei gruppi riduttori.

tore; infatti un numero di calorie sempre più grande viene asportato per mezzo del lubrificante.

A titolo di orientamento diamo un prospetto delle caratteristiche di un motore d'aviazione stellare della Ditta Wright, il primo è un tipo di motore ormai sorpassato, il secondo invece è di recente costruzione.

Tipo	Cyclone 5 (F)	Cyclone 9 (H)
Calore totale asportato:	Keal 1606	4536
Calore asportato dall'olio:	Keal 94	882
Calore asportato dall'aria:	Keal 1512	3654

Vediamo subito che la percentuale di calore asportata dall'olio è passata dal 6 % al 20 %.

Corrado Casci

BIBLIOGRAFIA

- A. W. NASH and A. R. BOWEN, *The Principles and Practice of Lubrication*, Chapman e Hall, London, Ed. 1937.
- D. R. PYE, *The Internal Combustion Engine*, vol. I-II, Clarendon Press, Oxford 1934.
- D. R. PYE, *The Lubrication of Internal Combustion Engines*, The Science of Petroleum, vol. IV, Oxford University Press.
- H. C. MOUGEY, *Oil Consumption as Affected by Engine Characteristics*, S.A.E. Journal, September 1931.
- W. H. GRAVES, *Oil Consumption in Motor Car Engines*, Symposium on Motor Lubricants, ASTM, March 1933.
- L. L. DAVIS and R. D. BEST, *The Effect of Volatility on Oil Consumption*, 38th Annual Meeting of ASTM, June 1935.
- M. O. TECTOR, *The Influence of Engine Design on Oil Consumption*, 38th Annual Meeting of ASTM, June 1935.
- J. P. STEWART and T. H. RISK, *Factors Affecting Oil Consumption*, International Automotive Engineering Congress, S.A.E., September 1939.

- C. W. GEORGI, *Motor Oil Consumption Characteristics*, S.A.E. Fuels and Lubricants Meeting, November 1948.
- W. S. HOOK, *Evaluating Lubricating Oil through Fleet Tests*, S.A.E. Fuels and Lubricants Meeting, November 1949.
- C. L. FLEMING, B. W. GEDDES, N. V. HAKALA and C. A. WEISEL, *The Performance of High V. I. Motor Oils*, S.A.E. Annual Meeting, Januar 1950.
- C. W. GEORGI, *Correlation of Laboratory Oil Bench Tests With Full-Scale Engine Tests*, S.A.E. Journal, Februar 1943.
- H. G. MOUGEY and J. A. MOLLER, *The Testing of Heavy Duty Motor Oils*, S.A.E. Journal, October 1942.
- D. P. BARNARD, E. R. BARNARD, T. H. ROGERS, B. H. SHOEMAKER and R. W. WILKIN, *Cause and Effects of Sludge Formation in Motor Oils*, S.A.E. Journal, May 1934.
- H. G. MOUCEY, *Underwood Oxidation Test and its Correlation with Service*, World Automotive Engineering Congress, S.A.E., May 1939.
- Diesel Lubricant Test Manual - Research Department Caterpillar Tractor Co.
- U. S. Army Ordnance Dept. Tentative Specification AXS 1554 - Test Procedure for Determining Oxidation Characteristics of Heavy-Duty Crankcase Oils.
- U. S. Army Ordnance Dept. Tentative Specification AXS 1551 - Test Procedure for Determining in an Engine the Effect of Engine Oils on Ring Sticking, Wear and the Accumulation of Deposits.
- U. S. Army Ordnance Dept. Tentative Specification AXS 1555 - Test Procedure for Determining in an Engine the Oxidation, Ring Sticking, Detergency and Bearing Corrosion Characteristics of Heavy-Duty Crankcase Oils.
- Report on Ring Sticking Tendencies of Aviation Engine Lubricating Oils. Coordinating Research Council.
- M. R. CHEPP and J. L. PALMER, *Small Single Cylinder Engine Test for the Evaluation of Compounded Motor Oils*, S.A.E. Fuels and Lubricants Meeting, November 1949.
- E. E. BISSON and R. L. JOHNSON, *Lubrication, Friction and Wear Studies for High Output Aircraft Engines*, S.A.E., September 1949.

B. Impiego dei lubrificanti

La lubrificazione durante l'avviamento dei motori per autotrazione

Vengono prese in esame le condizioni di lubrificazione durante la fase di avviamento, e rilevati gli inconvenienti derivanti dalla alta viscosità dell'olio specie con basse temperature esterne.

Premesse

Condizione essenziale perchè un motore a combustione interna inizi il suo funzionamento è che la velocità media degli stantuffi (u), raggiunga un minimo, in condizioni ordinarie sui 0,4-0,7 m/sec, necessario perchè il combustibile pervenga nella misura e nel modo conveniente nell'interno dei cilindri per avere l'accensione.

Nei motori a carburazione questo minimo è imposto dalla necessità di trascinare il combustibile nei cilindri, nei motori a combustione graduale (Diesel), la velocità influisce sulla polverizzazione inoltre la temperatura finale di compressione è a parità di rapporto di compressione tanto maggiore quanto più rapidamente viene effettuata la compressione stessa.

Per avviare un motore si deve spendere un lavoro che risulta come somma delle seguenti voci:

a) energia cinetica da impartirsi agli organi del moto per raggiungere la velocità minima di avviamento;

b) lavoro delle pressioni del gas, che risulta negativo fino al verificarsi della prima accensione;

c) lavoro assorbito dalle resistenze di attrito. Le prime due sono di modesta entità rispetto alla terza, la quale a sua volta dipende quasi esclusivamente dalle condizioni di lubrificazione. Ci occuperemo di queste perdite e della lubrificazione relativamente ai motori destinati all'autotrazione, perchè limitazioni di peso e di ingombro nel dimensionamento dell'apparato di avviamento, che per altri motori non esistono, rendono talvolta difficile la messa in moto. In questo caso la possibilità di ridurre l'entità delle perdite meccaniche mediante la scelta del lubrificante o mediante altri accorgimenti di lubrificazione è di assoluta importanza.