

"L'ENERGIA TERMICA,"

RIVISTA TECNICA MENSILE SOTTO GLI AUSPICI DEL
CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE
 ORGANO UFFICIALE DEL "COMITÉ INTERNATIONAL PERMANENT DU CARBONE CARBURANT,"
 PREMIATA DALLA REALE ACCADEMIA D'ITALIA

<p><i>Condizioni d'Abbonamento per il 1938</i></p> <p>ITALIA e COLONIE . . . L. 40,— ESTERO L. 55,—</p> <p>Gli abbonamenti sono pagabili presso tutte le Filiali del Regno e Colonie del BANCO DI ROMA</p>	<p><i>DIRETTORE</i> DOTT. ING. SERAFINO DE CAPITANI</p> <p><i>Direzione e Amministrazione</i> MILANO PIAZZA CINCINNATO, 6 - TEL. 21-005</p>	<p><i>PUBBLICITÀ</i> (Chiedere tariffe e preventivi)</p> <p>Le inserzioni si ricevono direttamente presso la nostra Amministrazione</p>
--	--	--

SOMMARIO DEL N. 4

Articoli originali:

Dr. Ing. A. C. ROBOTTI - L' iniezione di combustibile nei motori Diesel a combustione interna: I. - Caratteristiche di penetrazione e costituzione dei getti di combustibile (*Continua*) 86

Aeronautica:

101. Le applicazioni aeronautiche delle turbine a vapore 93
 102. L' aviazione italiana riconquista otto primati mondiali 100

Combustibili e Carburanti:

103. Lo sviluppo dei gas liquefatti negli Stati Uniti 100
 104. I prodotti della distillazione del carbone e i loro impieghi 100

Ferrovie:

105. Gli autotreni ferroviari della FIAT 101
 106. Le applicazioni ferroviarie e tramviarie delle leghe di alluminio 101

Mostre e Congressi:

107. Orientamenti mercantili della 9ª Fiera del Levante 101
 108. I motori marini alla Fiera di Milano 101

Marina:

109. L'apparato motore del "Normandie," 102
 110. Le navi-bersaglio 102
 111. Grande draga azionata da motori Diesel 102
 112. Nuovi primati motonautici italiani. 102

Notizie militari:

113. Circa il calibro principale delle navi da battaglia 103
 114. I nuovi motoscafi siluranti inglesi 103

Motori:

115. Pigmei e giganti al Padiglione della Meccanica 103
 116. Il più potente motore Diesel marino 103

Notizie varie:

117. Conducibilità termica dei principali refrattari e calorifughi 104
 118. Sui fenomeni termici nelle grandi dighe in calcestruzzo 105
 119. L'escavazione del carbone mediante getti idraulici 106
 120. L'impiego delle onde ultrasonore per la precipitazione dei fumi e delle polveri 106

(Continua il sommario a pag. 110)



Dr. Ing. A. C. ROBOTTI

L'INIEZIONE DI COMBUSTIBILE NEI MOTORI DIESEL VELOCI

I. - CARATTERISTICHE DI PENETRAZIONE E COSTITUZIONE DEI GETTI DI COMBUSTIBILE

RIASSUNTO :

Nella prima parte di queste note si riportano i risultati di indagini sperimentali sulla penetrazione dei getti, effettuate mediante speciale apparecchiatura impiegata nel Laboratorio del "Pennsylvania State College". Si procede quindi, mercè i risultati dell'esperienza, alla elaborazione di semplici formule matematiche atte a prevedere con buona approssimazione la profondità di penetrazione raggiungibile dall'apice dei getti, al variare dei parametri che influenzano il fenomeno.

La seconda parte dello studio si occupa brevemente del processo di formazione dei getti e dello studio sperimentale della loro struttura.

Infine, nella terza parte, si paragonano le caratteristiche dei getti prodotti da sette tipi di iniettori diversi, esaminando comparativamente la loro capacità di penetrazione e le loro caratteristiche morfologiche-costituzionali, con riguardo alla loro applicazione nei motori.

E' superfluo rammentare come il buon funzionamento dei motori termici sia strettamente subordinato alla completezza della combustione, e come questa, a sua volta sia profondamente influenzata dal titolo e dalla omogeneità della miscela combustibile.

La preparazione della miscela, realizzata nei motori a carburazione in modo se non perfetto, per lo meno soddisfacente, costituisce ancora uno dei problemi fondamentali nella tecnica dei motori a ciclo Diesel.

Il fenomeno del ritardo all'accensione, provocante alti valori della pressione massima e la marcia rude del motore, lo scarico fumoso, i depositi carboniosi nei cilindri. l'alterazione dell'olio lubrificante per il passaggio di nafta incombusta o di particelle carboniose nella coppa, i consumi specifici anormali, sono altrettante conseguenze di uno svolgimento non desiderato della combustione, provocato in ultima analisi, dalla insufficienza del sistema di iniezione, incapace a produrre la necessaria suddivisione e diffusione del combustibile.

A prescindere poi dal miglioramento della combustione, una preparazione della miscela perfetta dal punto di vista della omogeneità e del titolo, comporta il non indifferente pregio di diminuire l'eccesso d'aria necessario, e perciò di sfruttare maggiormente la cilindrata e quindi il peso del motore, con vantaggio de-

cisivo dal punto di vista della possibilità del suo impiego nei campi automobilistico ed aeronautico.

Si aggiunga che, mentre nei motori Diesel ad iniezione pneumatica, l'aria di iniezione contribuisce attivamente alla suddivisione ed alla diffusione delle goccioline nella camera di combustione, nei motori Diesel ad iniezione meccanica, la miscelatura è quasi esclusivamente affidata alla bontà della polverizzazione e penetrazione, se non si vuol contare su effetti di turbolenza dell'aria quasi mai sufficienti a disgregare energicamente il getto. Per cui non è forse azzardato affermare che i futuri progressi dei motori Diesel sono strettamente legati ad una profonda conoscenza delle caratteristiche dei getti di combustibile e dei fattori che le influenzano.

Ricerche teoriche e sperimentali sono state e vengono tuttora condotte in questo campo da studiosi e tecnici di tutto il mondo. Alle prime ipotesi ed ai primi risultati non sempre perfettamente concordanti, si è via via sostituita una documentazione che oggi può avere i caratteri di una attendibilità quasi definitiva, specie per merito dei lavori condotti con grande ricchezza di mezzi e con capacità indiscutibili nei laboratori del N.A.C.A. e del Pennsylvania State College.

In queste note ci proponiamo di riportare i principali risultati di tali esperienze condotte per la durata di qualche anno e concluse in questi ultimi tempi.

A) INDAGINI E RISULTATI SULLA PENETRAZIONE DEI GETTI.

La fig. 1 rappresenta l'apparecchiatura sperimentale usata nel laboratorio dell'Università di Pennsylvania per le prove di penetrazione dei getti.

Un iniettore *d*, di speciale concezione, è alimentato da una pompa a mano *a*, attraverso un filtro *b* ed un accumulatore d'olio *c*, avente lo scopo di evitare sensibili cadute di pressione durante l'iniezione.

L'iniettore è comandato da uno speciale meccanismo, riportato sul disegno in modo molto schematico,

sensibile contatto elettrico situato sulla traiettoria del getto e chiuso dalla pressione dinamica esercitata da quest'ultimo. Detto contatto è costituito da un piccolo schermo *e*, sospeso a due fili di cembalo a tensione variabile a volontà, e dalla estremità di una vite micrometrica *f*, munita di testa graduata.

La distanza tra i due elementi è di 0,025 mm. e la tensione dei fili di cembalo è regolata in modo che una pressione di 10 grammi sullo schermo è sufficiente ad effettuare il contatto.

Come risulta dalla figura, tale dispositivo è montato

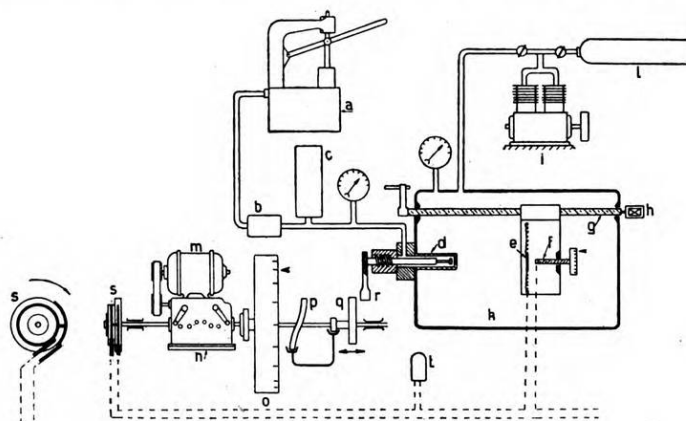


Fig. 1

Apparecchiatura sperimentale per l'indagine sulla penetrazione dei getti liquidi.

Leggenda:

- | | |
|---|---|
| a) pompa d'iniezione | l) accumulatore d'aria |
| b) filtro | m) motore elettrico |
| c) accumulatore d'olio | n) cambio di velocità |
| d) iniettore | o) volano graduato |
| e) schermo | p) piastra sghemba per comando eccentrico |
| f) vite micrometrica con testa graduata | q) eccentrico |
| g) vite conduttrice | r) leva dell'iniettore |
| h) contagiri | s) interruttore rotante |
| i) compressore | f) lampada al neon |
| k) camera | |

co, e composto d'una piastra sghemba *p*, calettata sull'albero, la quale con legge alternativa porta a contatto con la leva *r* dell'iniettore un eccentrico *q*, capace di spostarsi assialmente sul suo albero, scanalato in quel tratto.

La leva *r*, sotto l'azione dell'eccentrico, ruota in un piano normale a quello del disegno e solleva l'otturatore a valvola, permettendo l'iniezione.

Un motore *m* a velocità costante comanda l'albero dell'eccentrico attraverso un cambio ad otto velocità, col quale si ottengono da 50 a 1200 giri/min. Un volano *o*, graduato in gradi, attenua le eventuali variazioni di velocità, e serve pure alla misura degli spostamenti angolari dell'albero.

La camera *k*, nella quale il getto viene iniettato, è alimentata alla pressione voluta, da una bombola *l* di aria compressa, rifornita da un compressore *i*.

Le misure di penetrazione si effettuano mediante un

su un carrello, spostabile mediante la vite *g* manovrabile dall'esterno e permettente di misurare la distanza dello schermo *e* dall'ugello iniettore, grazie al contagiri *h* applicato alla vite.

L'estremità sinistra dell'albero dell'eccentrico comanda un interruttore rotante, formato da una coppia di dischi di bachelite, ciascuno dei quali porta alla periferia una striscia di rame, che nel disco più grande è estesa soltanto ad un certo angolo. Le due strisce di rame sono collegate elettricamente; il modo di funzionare dell'interruttore appare dal semplice esame della figura.

Un circuito elettrico, controllato da una lampada al neon su di esso inserita, è comandato dall'interruttore rotante e dal contatto azionato dalla pressione del getto di combustibile. La lampada si accende naturalmente soltanto quando entrambi i contatti sono chiusi. Spostando verso destra il carrello recante lo schermo *e*

sino a quando la lampada non si accende più, si ha la misura della profondità di penetrazione raggiunta dalla punta del getto.

I tempi impiegati dal getto a coprire successive distanze si ottengono, nota la velocità dell'albero dell'eccentrico, mediante progressivi sfasamenti degli istanti di chiusura dei due contatti. Non ci dilunghiamo su tali modalità dell'esperienza, per passare all'esame dei risultati ottenuti.

* * *

Anzitutto sono stati esaminati tutti i fattori di cui si presupponeva una qualche influenza sul processo di iniezione.

Sono stati provati tre ugelli cilindrici delle seguenti dimensioni:

- 1) $\Phi = 0,18$ mm.; $l = 0,36$ mm.
- 2) $\Phi = 0,34$ mm.; $l = 0,68$ mm.
- 3) $\Phi = 0,63$ mm.; $l = 1,26$ mm.

e due qualità di olio combustibile, aventi rispettivamente peso specifico 0,868 e 0,908 e viscosità cinematica 6 e 13,5 centistokes a 27° C. (45 e 71 sec. di viscosità Saybolt).

* * *

In fig. 2 sono riportate curve di penetrazione e di velocità di getti iniettati a pressione variabile da 70 a 560 kg/cm².

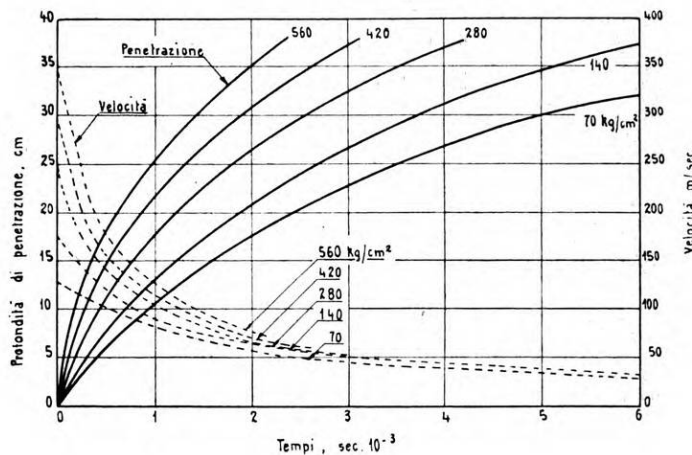


Fig. 2

Penetrazione di getti iniettati a pressioni diverse in aria di densità 15 volte la densità atmosferica.

Si sono misurati i tempi di durata del fenomeno, a partire dall'istante in cui la punta del getto esce dall'ugello.

Si sono variate le pressioni di iniezione da 70 a 560 kg/cm² e le contropressioni nella camera da 80 mm. di Hg a 18 kg/cm². La pressione finale di compressione nei motori Diesel si aggira intorno ai 30 kg/cm², ma nella camera di compressione dei motori l'aria ha una temperatura derivante dalla compressione idealmente adiabatica. L'aria alla temperatura ambiente ed alla pressione di 14 kg/cm² ha densità 15 volte maggiore di quella dell'aria alla pressione atmosferica, e perciò presso a poco eguale alla densità dell'aria compressa a 30 kg/cm² nei motori termici.

Beardsley ha dimostrato che la penetrazione è influenzata dalla densità del mezzo, piuttosto che dalla sua pressione. Perciò, nella documentazione che segue, sono stati riportati i valori della densità dell'aria, espressa in multipli della densità atmosferica (1 d. a. = 1,18 gr/dm³).

L'effetto della pressione di iniezione è notevole, specie nella prima parte della iniezione. Come si nota dalla figura, la penetrazione è ancora in aumento 0,032 sec. dopo l'inizio della iniezione. Tuttavia il valore massimo della penetrazione non ha grande interesse, in quanto in genere la combustione subentra prima che quella si sia completamente sviluppata.

Nel diagramma si sono riportate anche le curve di velocità della punta del getto, ottenute per derivazione grafica da quelle di penetrazione.

Molto importante è l'effetto della densità dell'aria nella quale avviene l'iniezione, come appare dalla fig. 3. La penetrazione in aria alla pressione atmosferica è nettamente più rapida che non in aria compressa; il getto avanza poi ancora più facilmente in aria rarefatta, come dimostra la prima curva a sinistra del diagramma.

Lo studio dell'effetto che il diametro dell'ugello iniettore ha sulla penetrazione, diede i risultati illustrati nel grafico di fig. 4, dal quale appare che aumen-

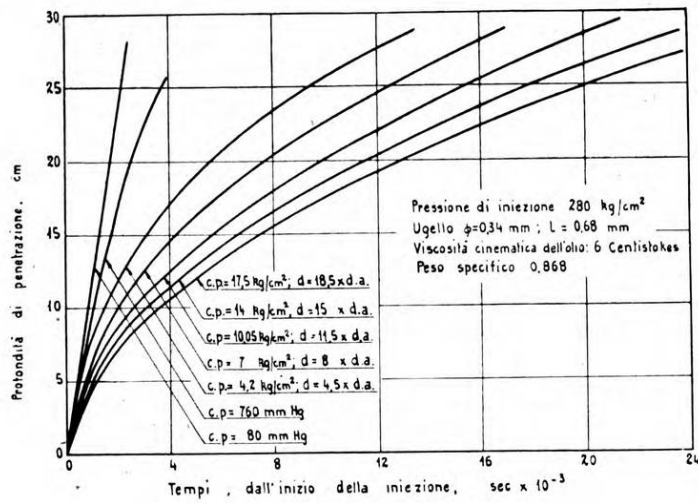


Fig. 3

Effetto della densità dell'aria sulla penetrazione dei getti.

(c.p. = contropressione dell'aria; d = densità dell'aria in unità di densità atm.).

tando il diametro dell'ugello si ottiene una penetrazione più rapida, o più profonda a parità di tempo.

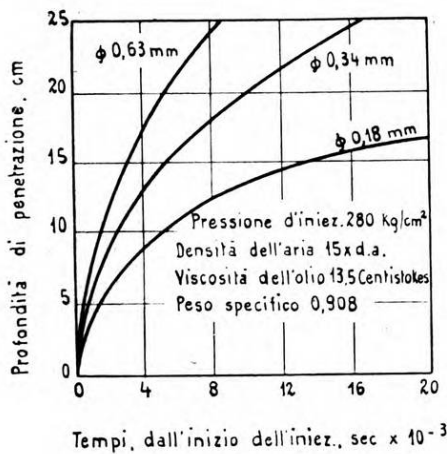


Fig. 4

Effetto del diametro dell'ugello iniettore sulla penetrazione del getto.

La fig. 5 illustra invece l'influenza della viscosità dell'olio sulla penetrazione del getto. Furono provati a tale scopo due olii aventi rispettivamente viscosità 6 e 13,5 Centistokes. Come appare dalla figura, la differenza non è grande.

Acquisita sperimentalmente la conoscenza delle leggi che dominano l'iniezione dei getti liquidi, è utile dare a tali leggi una espressione matematica che ne per-

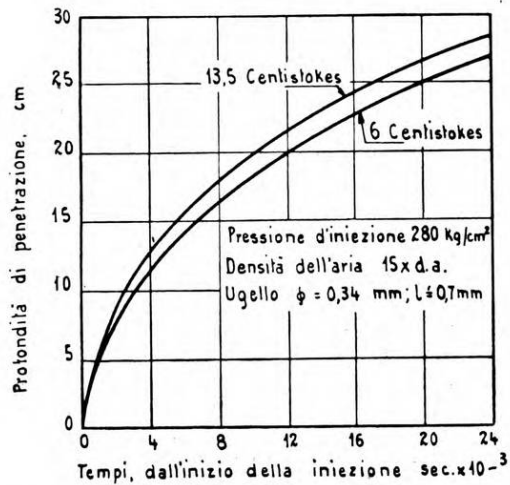


Fig. 5

Effetto della viscosità dell'olio sulla penetrazione del getto,

metta la immediata applicazione in ogni caso. Questo fu ottenuto elaborando i risultati sperimentali nel modo seguente :

a) *Effetto della pressione di iniezione.* — Riportando i valori della penetrazione s in funzione del prodotto $t\sqrt{\Delta p}$, dove t rappresenta il tempo e Δp la differenza tra la pressione di iniezione e la contropressione nella camera, si ottiene una curva il cui andamento è, entro ampi limiti pratici, indipendente da Δp . Una curva di questo tipo, costruita con i dati forniti dalla fig. 2, è presentata in fig. 6. Dalla

$$s = f(t \sqrt{\Delta p}) \quad (1)$$

nota la curva di penetrazione per una data pressione di iniezione, si possono costruire le curve analoghe per ogni altro valore della pressione di iniezione. La stessa (1) può fornire informazioni sui tempi di percorrenza dei getti, utili in sede di progetto. Così per es.: dalla fig. 3 appare che, con un ugello di 0,34 mm. di diametro, una pressione di iniezione di 280 kg/cm² ed una contropressione di 7 kg/cm² la punta del getto avanza di 25 cm. in 13/1000 di secondo. In conseguenza la punta di un getto iniettato a 560 kg/cm² impiegherà a coprire la medesima distanza

$$13 \sqrt{\frac{280}{560}} = 9,2 \text{ millesimi di sec.}$$

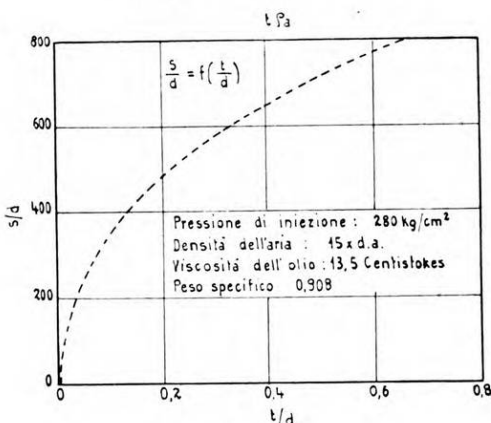


Fig. 6

Effetto della pressione d'iniezione sulla penetrazione del getto.

La curva $s, t \sqrt{\Delta p}$ costruita con i dati forniti dalla fig. 2, è indipendente da Δp .

(s in cm.; t in sec.; Δp , differenza tra pressione di iniezione e contropressione dell'aria, in kg/cm²).

b) *Effetto del diametro dell'ugello.* — R'portando i valori del rapporto s/d (s penetrazione, d diametro ugello) in funzione di quelli del rapporto t/d (t tempo) la curva risultante rimane invariata per un ampio campo di valori del diametro dell'ugello.

In fig. 7 sono stati elaborati in tal modo i risultati ottenuti con tre ugelli del diametro rispettivamente di 0,63; 0,34; 0,18 mm. E' quindi possibile calcolare la penetrazione che si può ottenere con un ugello di un dato diametro, noti i risultati ottenuti da un ugello simile, ma di diametro diverso, mediante la

$$s d = f(t d) \quad (2)$$

c) *Effetto della densità dell'aria nella camera.* — Riportando i valori della espressione $s(1 + \rho_a)$, dove ρ_a è la densità dell'aria della camera riferita alla densità atmosferica, in funzione di quelli del prodotto $t \rho_a$, otteniamo punti che giacciono su una stessa curva indi-

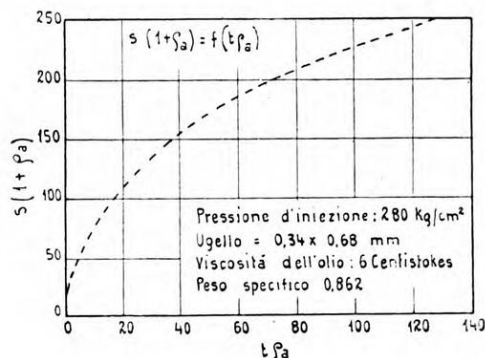


Fig. 7

Effetto del diametro dell'orificio sulla penetrazione del getto.

La curva $s d, t/d$ costruita con i dati forniti dalla fig. 4 è indipendente dal valore di d.

(s e d in cm., t in sec.).

pendentemente dal valore della densità dell'aria nella camera. La fig. 8 presenta tale elaborazione dei dati ricavati dalla fig. 3. La relazione

$$s(1 + \rho_a) = f(t \rho_a) \quad (3)$$

permette di costruire una curva di penetrazione $s = f(t)$ per ogni valore della densità dell'aria nella camera, quando sia nota la curva di penetrazione relativa ad un dato valore della densità dell'aria.

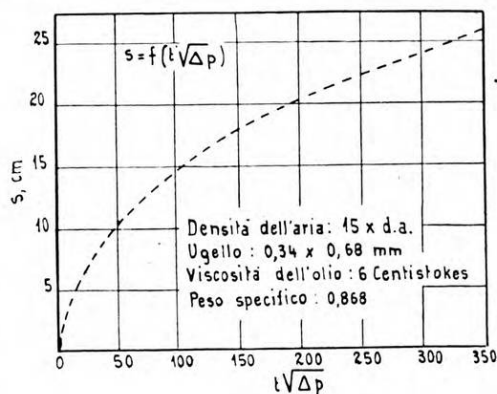


Fig. 8

Effetto della densità dell'aria sulla penetrazione del getto.

La curva $s(1 + \rho_a), t \rho_a$ è indipendente dal valore della densità dell'aria della camera.

(s in cm.; t in sec. $\times 10^{-3}$; ρ_a , densità dell'aria nella camera, in unità di densità atm.).

Formula combinata.

Le formule 1), 2) e 3) possono essere combinate in un'unica formula.

$$\frac{s}{d} (1 + \rho_a) = f\left(\frac{t}{d} \rho_a \sqrt{\Delta p}\right) \quad (4)$$

La fig. 9 presenta una curva costruita secondo la (4) per un olio avente viscosità cinematica = 13,5 Centistokes e peso specifico 0,908.

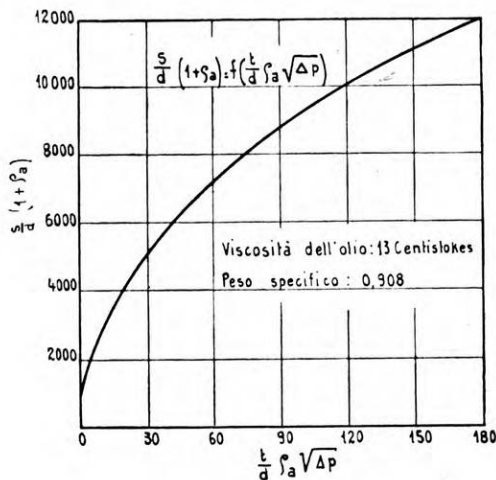


Fig. 9

Curva $\frac{s}{d} (1 + \rho_a) = f \left(\frac{t}{d} \rho_a \sqrt{\Delta p} \right)$.

Essa è indipendente, entro un ampio campo di valori, dalla pressione di iniezione, densità dell'aria nella camera e diametro dell'ugello.

(t in sec.; ρ_a in unità di densità atm.; Δp in kg/cm^2 ; s in cm.).

In realtà, le formule 1), 2) e 3) furono ricavate dalla (4), la quale fu trovata con ragionamenti dimensionali. La (4) è tuttavia dimensionalmente inesatta. La formula dimensionalmente corretta sarebbe

$$\frac{s}{d} \left(1 + \frac{\rho_a}{\rho_o} \right) = f \left(\frac{t}{d} \frac{\rho_a}{\rho_o} \sqrt{\frac{\Delta p}{\rho_a}} \right);$$

ρ_o è stato trascurato soltanto perchè le variazioni nella densità dell'olio sono trascurabili.

Dall'esperienza risulta poi che la penetrazione della punta di un getto di olio avente viscosità di 6 Centistokes può essere preveduta mediante la

$$\frac{s}{d} \left(\frac{\rho_a}{\rho_o} \right)^{3/4} = 2265 \ln \left(\frac{1}{115,5} \frac{t}{d} \frac{\rho_a}{\rho_o} \sqrt{\frac{\Delta p}{\rho_o}} + 1 \right) \quad (5)$$

mentre la

$$\frac{s}{d} \left(\frac{\rho_a}{\rho_o} \right)^{3/4} = 2490 \ln \left(\frac{1}{115,5} \frac{t}{d} \frac{\rho_a}{\rho_o} \sqrt{\frac{\Delta p}{\rho_o}} + 1 \right) \quad (6)$$

identica alla (5) salvo che nel coefficiente del 2° membro, serve a calcolare la penetrazione di un getto di olio con viscosità di 13,5 Centistokes.

* * *

L'indagine sulla penetrazione dei getti di combustibile ed i risultati ottenuti si possono adunque così riassumere:

— Eseguite prove di penetrazione con l'apparecchiatura descritta esaminando tutti i fattori che hanno influenza sul fenomeno, si sono tracciate curve di penetrazione di getti iniettati sotto certe condizioni specificate, per due olii di differenti viscosità (fig. 6).

Per tutte le altre condizioni, la profondità di penetrazione dell'estremità del getto in successivi intervalli di tempo può calcolarsi con le tre formule seguenti:

- 1) $s = f(t \sqrt{\Delta p})$ al variare della pressione di iniezione (fig. 6);
- 2) $\frac{s}{d} = f \left(\frac{t}{d} \right)$ al variare del diametro dell'ugello iniettore (fig. 7);
- 3) $s (1 + \rho_a) = f(t \rho_a)$ al variare della densità dell'aria nella camera (fig. 8).

La formula

$$\frac{s}{d} (1 + \rho_a) = f \left(\frac{t}{d} \rho_a \sqrt{\Delta p} \right) \quad (4) \quad (\text{fig. 9})$$

è la combinazione delle tre precedenti.

Le prove hanno dimostrato che la penetrazione dell'estremità del getto può essere controllata giocando sulla pressione d'iniezione e sul diametro dell'orificio. In tal modo la profondità di penetrazione può essere accresciuta e diminuita del 50 % e più. Infine, la densità dell'aria nella camera ha effetto pronunciato sulla penetrazione soltanto ai bassi valori della densità, mentre nel campo dei motori Diesel il suo effetto è insignificante. —

B) FORMAZIONE E COSTITUZIONE DEI GETTI.

E' intuitivo che un getto stazionario abbia proprietà diverse da quello di un getto intermittente. Quest'ultimo infatti presenta caratteristiche morfologiche differenti al principio ed alla fine dell'iniezione. Può essere utile conoscere quanto tempo impiega un getto per formarsi, ed in quel modo la penetrazione è influenzata dalla durata dell'iniezione.

Qualche informazione circa il tempo impiegato da un getto per raggiungere la sua forma finale si può ricavare dai risultati delle prove di penetrazione dell'estremità del getto. E' ovvio che durante tutto il tempo in cui la penetrazione è in aumento, il getto è in formazione. E' altresì presumibile che il periodo di formazione dipenda dalla legge di iniezione ed in particolare dal profilo dell'eccentrico della pompa.

Inoltre, normalmente, la pressione di iniezione varia durante l'iniezione stessa. Infatti nella maggioranza degli iniettori oggi in uso, esiste una piccola camera immediatamente a monte della luce di efflusso; ora la pressione dell'olio in tale camera deve raggiungere un certo valore, per riuscire a sollevare la valvolina. Avvenuta l'apertura, se, come avviene, la quantità di nafta iniettata nei primi istanti, è minore di quella fornita dalla pompa all'iniettore, la pressione in quella cameretta si andrà elevando. Sicchè si ha un inizio di

*

iniezione ad una data pressione, ed un seguito a pressione crescente. Così avviene per esempio di realizzare una pressione effettiva di iniezione di 250 kg/cm^2 con un iniettore tarato a 150 kg/cm^2 .

Generalmente parlando, durante il processo di iniezione, si possono adunque distinguere tre fasi:

- 1) Formazione della pressione di regime nella camera pre-ugello;
- 2) Penetrazione dell'estremità del getto;
- 3) Sviluppo del getto.

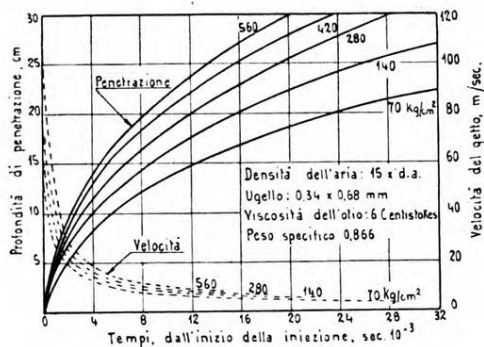


Fig. 10

Penetrazione del getto « a piena pressione ». Durante i primi 15° di durata della iniezione, il getto viene intercettato da uno schermo rotante, in modo da eliminare gli effetti della formazione di pressione nell'iniettore.

La prima fase è influenzata da fattori variabili perchè intrinseci all'apparato di iniezione (volume della camera pre-ugello, alzata valvolina, profilo eccentrico). Le altre due sono costituite da fenomeni essenzialmente aerodinamici, perciò di interesse generale.

Poichè, come si disse, la pressione di iniezione non raggiunge il suo valore di regime immediatamente all'apertura dell'ugello, e poichè si trovò che una lenta formazione di pressione nella camera pre-ugello ritarda la penetrazione, furono ripetute alcune delle prove di penetrazione già viste, ma con l'avvertenza di intercettare la prima parte del getto a bassa pressione mediante uno schermo rotante, in modo da studiare il fenomeno soltanto nella sua fase di regime.

I risultati ottenuti sono sintetizzati nelle curve di fig. 10, le quali indicano penetrazioni maggiori di quelle date in fig. 2, giacchè in questo caso una frazione dell'olio iniettato è eliminata, ed il tempo è contato a partire dalla fine della eliminazione.

Il dispositivo sperimentale usato in queste prove è illustrato in fig. 11.

L'albero dell'eccentrico conduce un disco stroboscopico munito di feritoia periferica estesa per un certo angolo. Il disco occulta il getto per circa 15° di rotazione dopo l'inizio dell'iniezione.

La parte del getto non intercettata urta su di una bilancia elettrica *e*, capace di misurare le pressioni dinamiche esercitate dai getti, urtando lo schermo *f*. L'esame di tali pressioni esercitate in successivi intervalli di tempo dopo l'inizio della iniezione rivela la legge di formazione del getto.

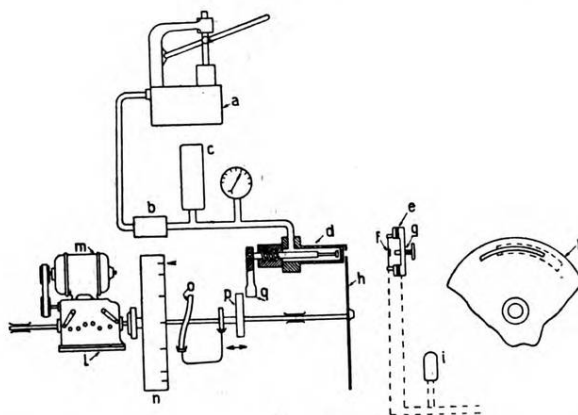


Fig. 11

Apparecchiatura sperimentale per lo studio dello sviluppo dei getti liquidi.

Leggenda:

- | | |
|------------------------|----------------------------------|
| a) pompa di iniezione | d) lampada al neon |
| b) filtro | d) cambio di velocità |
| c) accumulatore d'olio | m) motore elettrico |
| d) iniettore | n) volano graduato |
| e) bilancia elettrica | o) piastra di comando eccentrico |
| f) schermo | p) eccentrico |
| g) vite micrometrica | q) leva dell'iniettore |
| h) disco stroboscopico | |

(Continua).