

F.I.A.T. STABILIMENTO GRANDI MOTORI

N. I

BOLLETTINO TECNICO

ANNO 1953

CENTRO STORICO



CENTRO

L'usura delle camicie cilindro nei motori Diesel di medie e grandi dimensioni con particolare riferimento all'uso delle nafta pesanti.

Dott. Ing. Giuseppe Simonetti

Premessa

Pag. 1

I - Metodi per la misura dei consumi delle camicie 2

II - Come si presenta l'usura delle camicie nei motori Diesel a due tempi di medio e grande diametro 3

III - Influenza delle qualità della nafta sull'usura delle camicie 9

IV - Influenza delle qualità del materiale delle camicie sulla loro usura 17

V - Alcune ricerche di laboratorio sui materiali delle camicie 22

VI - Conclusione 27

Le motonavi "Enotria" e "Messapia" 28

STORICO

TORINO (Italia)

N. 1

VIA CUNEO, 20

BOLLETTINO TECNICO

ANNO 1953

GENTRO

L'USURA DELLE CAMICIE CILINDRO NEI MOTORI
DIESEL DI MEDIE E GRANDI DIMENSIONI
CON PARTICOLARE RIFERIMENTO ALL'USO
DELLE NAFTE PESANTI

STORICO

RELAZIONE PRESENTATA AL CONGRESSO INTERNAZIONALE
DEI MOTORI A COMBUSTIONE INTERNA
MILANO 13-18 APRILE 1953

Dopo la descrizione del metodo grafico per rilevare l'usura delle camicie dei motori Diesel di medio e grande diametro, si discute sulla forma, sull'ordine di grandezza e sulle cause che provocano l'usura, con particolare riguardo all'influenza delle caratteristiche del combustibile e alle qualità della ghisa delle camicie. Successivamente si espone in dettaglio un metodo per le prove di usura dei materiali delle camicie e delle fascie elastiche messo a punto dai Laboratori della FIAT Stabilimento Grandi Motori.

PREMESSA

L'usura delle camicie cilindro dei motori Diesel di medie e grandi dimensioni tanto diffusi nelle applicazioni navali, desta oggi maggiore interesse che in passato per due motivi e cioè:

1) Per una manifesta tendenza, a partire dal dopo guerra, all'aumento delle usure specifiche anche con l'uso dei normali olii combustibili Diesel (Diesel Oils).

2) Per l'impiego sempre crescente degli olii combustibili pesanti (Fuel Oils - Bunker Oils), più a buon mercato dei primi, ma di qualità più scadente agli effetti dell'usura delle camicie.

Con quello che ci accingiamo ad esporre non ci pre-

figgiamo di dare una spiegazione integrale delle cause che provocano l'usura né tanto meno di suggerire una soluzione definitiva e soddisfacente del problema, ma cercheremo attraverso l'esame di una serie di dati sull'usura delle camicie raccolti nell'esercizio dei motori FIAT e la valutazione della ormai abbondante letteratura tecnica di apportare un nostro contributo nello studio delle cause e dei rimedi di questo particolare fenomeno.

L'usura delle camicie cilindro è sempre stata oggetto di ricerca dato l'interesse pratico dell'argomento. Essa è dovuta a molteplici fattori che si possono inquadrare in sei categorie fondamentali:

a) Fattori che dipendono dalle caratteristiche costruttive dei motori quali: dimensioni dei cilindri, velocità media dello stantuffo, pressione media effettiva, tipo di refrigerazione delle camicie e degli stantuffi, forma della camera di combustione, sistema di iniezione del combustibile, sistema di lubrificazione delle camicie, tipo ed efficacia del lavaggio e della sovralimentazione ecc.

b) Fattori che dipendono dalle caratteristiche dei combustibili impiegati, con particolare riguardo al loro contenuto in asfalto, zolfo e ceneri.

c) Fattori che dipendono dalle qualità e caratteristiche degli olii lubrificanti impiegati, con particolare riguardo alla loro resistenza alla ossidazione e alla polimerizzazione alle alte temperature.

d) Fattori che dipendono dalle qualità del materiale e dalle condizioni superficiali delle camicie e delle facce elastiche.

e) Fattori che dipendono dal tipo di servizio del motore e cioè condizioni di carico, numero di avviamenti, frequenze e durata delle fermate.

f) Fattori che dipendono dalle capacità ed addestramento del personale addetto alla condotta ed alla manutenzione, come ad esempio buona regolazione generale buon andamento della combustione, ecc.

Nella presente memoria gli argomenti che verranno prevalentemente trattati saranno quelli riferentesi ai punti b) e d), quest'ultimo limitatamente alle ghise impiegate nella costruzione delle camicie.

METODI PER LA MISURA DEI CONSUMI DELLE CAMICIE

Il sistema più comunemente usato per il rilievo dell'usura di camicie montate su motori in esercizio è quello che si vale delle punte micrometriche. Questo metodo che ha il pregio della semplicità e della rapidità è disgraziatamente poco preciso, perché soggetto alla sensibilità dell'operatore, ed è di lunga e difficile applicazione qualora si desideri rilevare i profili delle usure lungo una qualsiasi circonferenza o lungo una qualsiasi generatrice della camicia.

Per facilitare questi due tipi di rilievi sono stati ideati diversi apparecchi molto precisi. Uno di questi tipi ha per esempio la possibilità di misurare l'usura lungo una qualsiasi circonferenza ma presenta però l'inconveniente, non sempre facile da superare, di richiedere come riferimento un diametro perfettamente centrato con l'asse della camicia. Questo tipo perciò, se è utile nel caso di ricerche rigorose, non è adatto per effettuare delle misure frequenti e sistematiche su motori in condizioni di esercizio pratico.

Pertanto da qualche tempo noi abbiamo adottato un apparecchio (quello di tipo Blohm), che perfezionato da noi nel corso degli anni, permette di rilevare grafica-

mente e in modo rapido l'usura lungo una qualsiasi coppia di generatrici contenute in uno stesso piano verticale, dando così il consumo diametrale. Simile tipo di misura è più che sufficiente agli effetti pratici anche come grado di precisione e di ingrandimento.

La fig. 1 rappresenta due esemplari di tale apparecchio adatti rispettivamente: il tipo (A) per diametri da 320 a 480 mm, il tipo (B) per diametri da 520 a 750 mm. Su questi apparecchi si applica come registratore grafico uno dei comuni indicatori (per esempio Mahisk, Crosby, Fiat 80/50) per il rilievo dei diagrammi della pressione dei gas, indicatori che hanno un rapporto di amplificazione delle ascisse di sei volte.

Nello schizzo di fig. 2 è rappresentato schematicamente il modo col quale viene applicato l'apparecchio nell'interno della camicia. La rotellina segnata con 2 dà il movimento di rotazione del tamburo dell'indicatore e quindi la posizione del rilievo lungo la camicia, mentre la rotellina 3 dà gli spostamenti dell'indice dell'indicatore, cioè il valore dell'usura diametrale. I rilievi ottenibili sono rappresentati negli esempi di fig. 3.

II

COME SI PRESENTA L'USURA DELLE CAMICIE NEI MOTORI
DIESEL A DUE TEMPI DI MEDIO E GRANDE DIAMETRO

CENTRO STORICO

Nel campo dei motori Diesel a 2 tempi di medie e grandi dimensioni, e qualora si impieghino olii Diesel, l'usura specifica delle camicie ritenuta accettabile ai fini pari a circa 6-8 anni di vita su una nave. Non di rado però, con combustibili Diesel di ottima qualità di normale approvvigionamento fino al 1942-43, i consumi

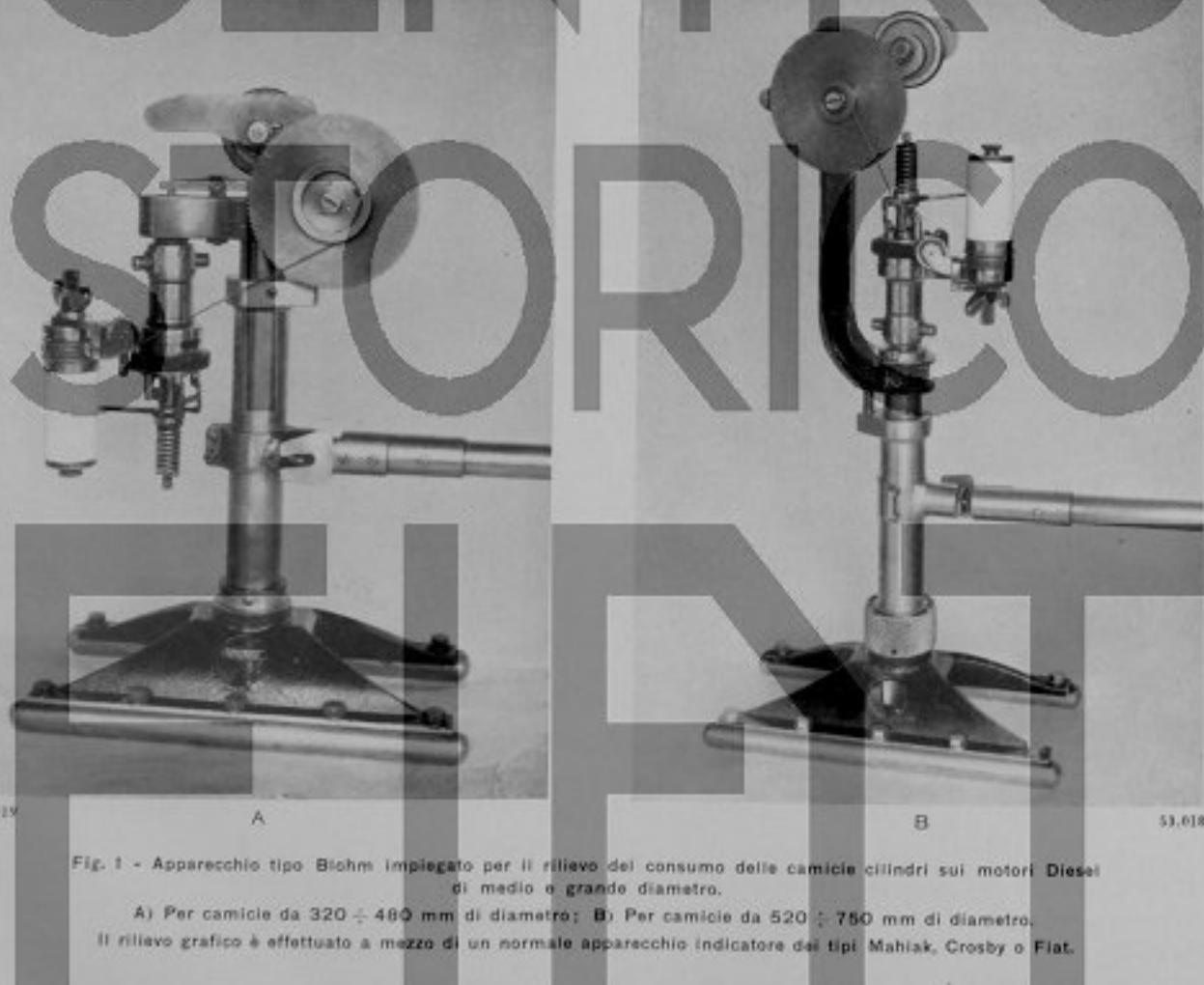


Fig. 1 - Apparecchio tipo Blohm impiegato per il rilievo del consumo delle camicie cilindri sui motori Diesel di medio e grande diametro.

A) Per camicie da 320 - 480 mm di diametro; B) Per camicie da 520 - 780 mm di diametro.
Il rilievo grafico è effettuato a mezzo di un normale apparecchio indicatore del tipo Mahlak, Crosby o Fiat.

tecnici ed economici si aggirava fino a pochi anni fa intorno ai 0,1 mm sul diametro ogni 1000 ore di moto. Con questo valore una camicia di grande diametro restava perciò in servizio per circa 40.000 ore di moto,

delle camicie scendevano per i nostri motori a due tempi a semplice e a doppio effetto di grande diametro anche a 0,05 - 0,06 mm ogni 1000 ore di moto e quindi una camicia finiva di superare i 12 - 16 anni di esercizio.

Oggi, malgrado i progressi fatti nella costruzione dei motori e nella qualità dei materiali delle camicie è difficile mantenere simili consumi anche con i migliori combustibili offerti sul mercato e perciò a maggior ragione con le nafta pesanti, il cui uso va sempre più diffondendosi.

gendosi a quello già richiesto in più per la depurazione e il riscaldamento della nafta pesante ingenera nel personale un senso di sfiducia e di insoddisfazione.

Premesso che in tutto quanto segue, ci riferiremo sempre solo alle camicie di ghisa per motori di medio e grande

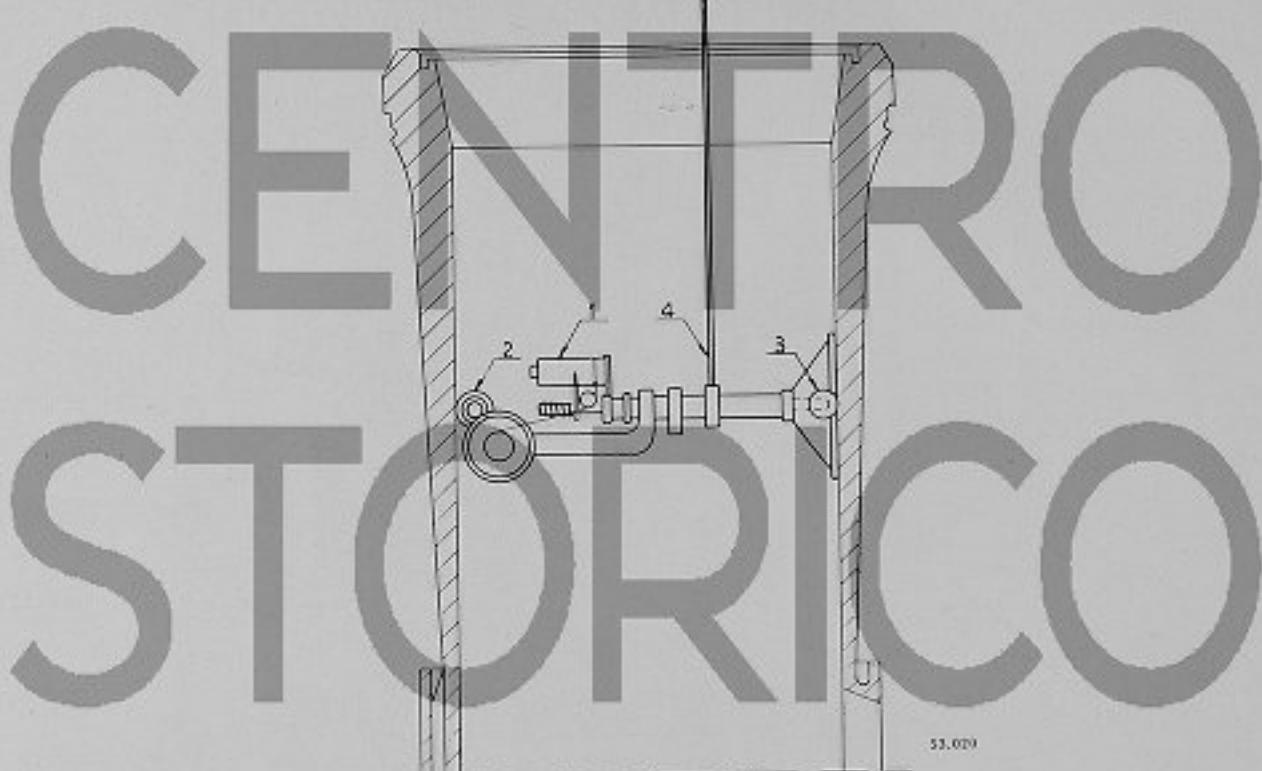


Fig. 2 - Come si applica l'apparecchio di Fig. 1 nell'interno di una camicia. Per il rilievo del consumo l'apparecchio viene fatto scivolare verticalmente nell'interno della camicia lungo la sezione di cui si vuole misurare il consumo diametrale.

- 1) Tamburo dell'indicatore per la registrazione grafica dell'usura.
- 2) Rotella per il movimento di rotazione del tamburo dell'indicatore. Essa determina la posizione del consumo lungo la sezione verticale della camicia.
- 3) Rotella per lo spostamento dell'indice. Essa registra il valore del consumo diametrale.
- 4) Asta per il maneggiamento dell'apparecchio entro la camicia.

È ovvio che tutti gli sforzi dei costruttori debbano tendere a ridurre al minimo tale usura, giacché essa influenza in due modi sul buon funzionamento del motore. Infatti dal punto di vista tecnico un'usura più rapida comporta un peggioramento del funzionamento, un aumento del consumo specifico di combustibile e, a parità di potenza, un aggravamento delle condizioni termiche del motore. Indirettamente l'usura agisce in modo negativo sul morale del personale di macchina, perché le più frequenti manutenzioni creano un maggior lavoro, che aggiun-

diametro, osserviamo prima di tutto come l'usura non sia generalmente costante nel tempo, ma sia più elevata quando la camicia è nuova. Di conseguenza l'usura specifica media, cioè il rapporto tra il consumo effettivo e le ore di funzionamento (in migliaia) effettuate dalle camicie, e che rappresenta il termine di paragone normalmente adoperato in pratica (vedi fig. 4), non rispecchia l'andamento reale del fenomeno, che è invece chiaramente definito o dalla curva dei consumi effettivi o da quella dei consumi specifici parziali, cioè dei rapporti tra i con-

sumi effettivi in determinati periodi di tempo diviso per tali periodi (in migliaia di ore). Ritornando al fatto che il consumo iniziale è maggiore, occorre notare che il

nel caso di impiego di olio Diesel è molto meno con le nafta pesanti. È probabile che la maggior usura specifica delle camicie nelle prime migliaia di ore di moto dipenda

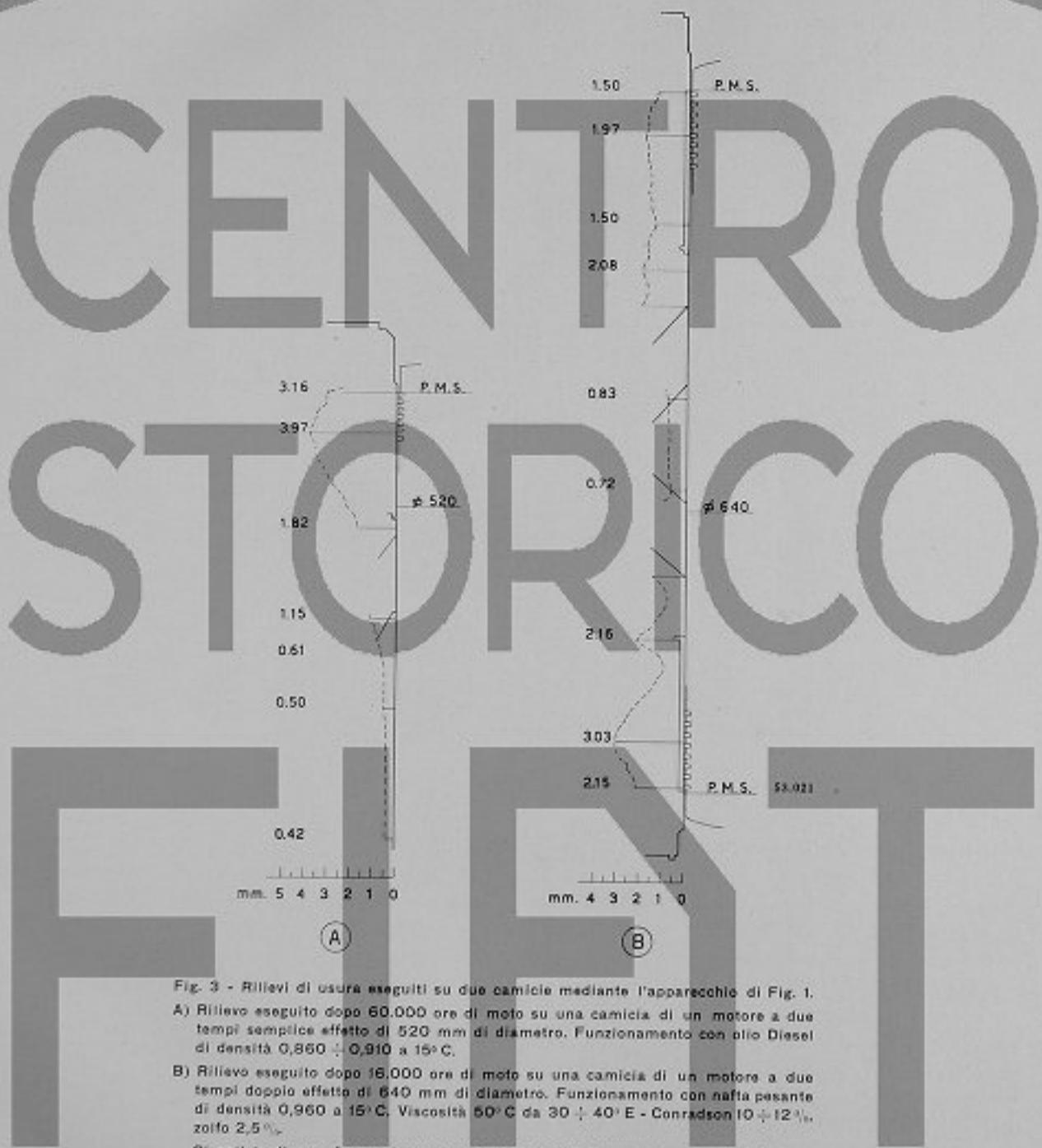


Fig. 3 - Rilievi di usura eseguiti su due camicie mediante l'apparecchio di Fig. 1.

A) Rilievo eseguito dopo 60.000 ore di moto su una camicia di un motore a due tempi semplice effetto di 520 mm di diametro. Funzionamento con olio Diesel di densità 0,860 - 0,910 a 15°C.

B) Rilievo eseguito dopo 18.000 ore di moto su una camicia di un motore a due tempi doppio effetto di 640 mm di diametro. Funzionamento con nafta pesante di densità 0,960 a 15°C. Viscosità 50°C da 30 a 40 E - Conradson 10 - 12%, zolfo 2,5%.

Si noti la diversa forma del consumo tra la camicia superiore e quella inferiore.

periodo di assestamento può durare poche centinaia di ore di moto, ma può salire a valori maggiori fino a qualche migliaio di ore di moto. Esso si manifesta nettamente

in gran parte dal periodo di assestamento o come si dice comunemente di « rodaggio » delle loro superfici e sia quindi una funzione del grado di lavorazione e delle

condizioni di menomata resistenza che possono assumere le superfici stesse per effetto della lavorazione meccanica (per esempio per la creazione di microfessure e di slegamenti nei cristalli, in seguito a velocità di taglio troppo elevate, a utensili inadatti, a pressioni specifiche eccessive, ad alta temperatura durante il taglio o la rettifica ecc.).

Queste microfessure tendono evidentemente a ridursi mano a mano la camicia si leviga e di conseguenza, non solo diminuisce lo sviluppo della sua superficie esposta ai vari attacchi, ma diminuiscono le forti pressioni specifiche dovute al contatto delle fasce elastiche sulle creste delle ondulazioni e delle irregolarità lasciate dalla lavo-

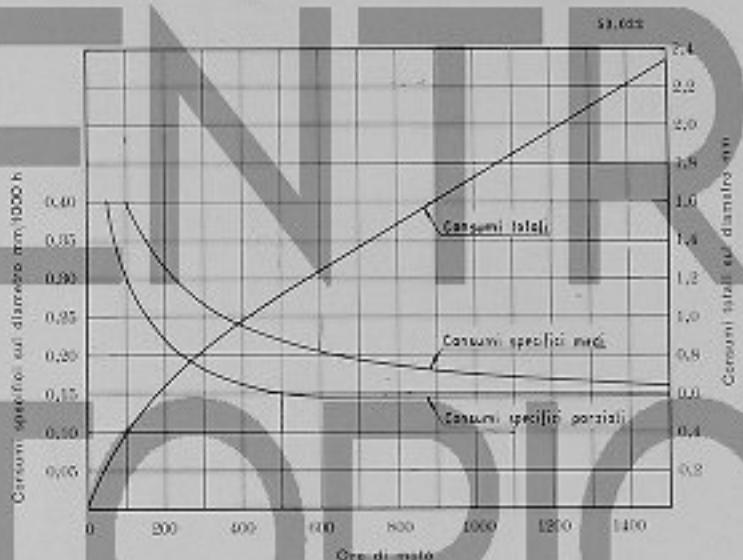


Fig. 4 - Diagrammi dei consumi totali e dei consumi specifici medi e parziali delle camicie di un motore a due tempi a doppio effetto relativi a 15.000 ore di moto. Osservare come il consumo specifico parziale si stabilizzi dopo 5.000 ore di moto, al termine delle quali si può perciò ritenere esaurito il periodo di rodaggio e di assestamento.

Il consumo specifico medio, che è quello a cui in pratica ci si riferisce sempre, pur essendo decrescente con continuità, può ritenersi stabilizzato nel caso in esame verso le 10.000 ore di moto.

Non è escluso però che a tale maggior consumo iniziale sia legato anche il meccanismo intimo con cui probabilmente avviene l'usura.

Infatti essendo fuori dubbio che la superficie soggetta ad usura si disintegra per effetto del distacco di particelle, o grani, sia pure di dimensioni infinitesime, si pensa oggi che non solo i difetti di lavorazione creino nel materiale quelle piccole fessure che facilitano il distacco di tali particelle, ma che analoghe fessure, che si inseriscono fra cristallo e cristallo, possono venire generate dai fenomeni di dilatazione termica e conseguenti variazioni del volume della ghisa, da fenomeni di fatica dovuti all'alternarsi della pressione del ciclo, dall'attacco chimico di prodotti corrosivi, attacco che può avvenire sia durante i periodi di funzionamento che durante quelli di arresto, dell'azione disgregatrice dovuta ai raggi ultravioletti liberati da fenomeni di combustione a carattere detonante ecc.

razione. È poi ovvio che il periodo di adattamento dipende anche dalla natura dei depositi oleo-carboniosi più o meno protettivi da un lato e più o meno abrasivi e corrosivi dall'altro e dal loro modo di formarsi e di distribuirsi lungo la superficie, e ciò spiega come mai, in certi casi in cui si impiegano olii combustibili di ottima qualità, l'assestamento totale della superficie di usura delle camicie si protrae molto a lungo sino anche a 6000-7000 ore di moto, mentre con la nafta da caldaie tale periodo è alquanto più breve.

Dopo il periodo di assestamento il consumo si riduce in genere del 50-70% e si mantiene praticamente costante se non intervengono fatti nuovi, quali l'uso di combustibili o di olio o di fasce elastiche di qualità differenti.

Questo consumo una volta stabilito, come è possibile per esempio rilevare con l'apparecchio di Fig. 1, aveva per lo più anteguerra un andamento simile a quello rappresentato dal diagramma N. 1 della fig. 5. Si aveva

cioè un massimo in vicinanza del p.m.s. in corrispondenza della prima o della seconda fascia elastica, ed una graduale diminuzione verso il basso con qualche discontinuità nella zona sopra le feritoie nel caso di motori a due tempi.

Oggi in genere l'andamento del consumo è cambiato

brificazione, mentre l'azione corrosiva chimica ed elettro-chimica è piuttosto limitata. È questo il caso come è detto precedentemente della forma di usura che si riscontrava prevalentemente nel passato con l'impiego di oli Diesel di ottima qualità.

b) Quando la qualità del materiale della camicia è

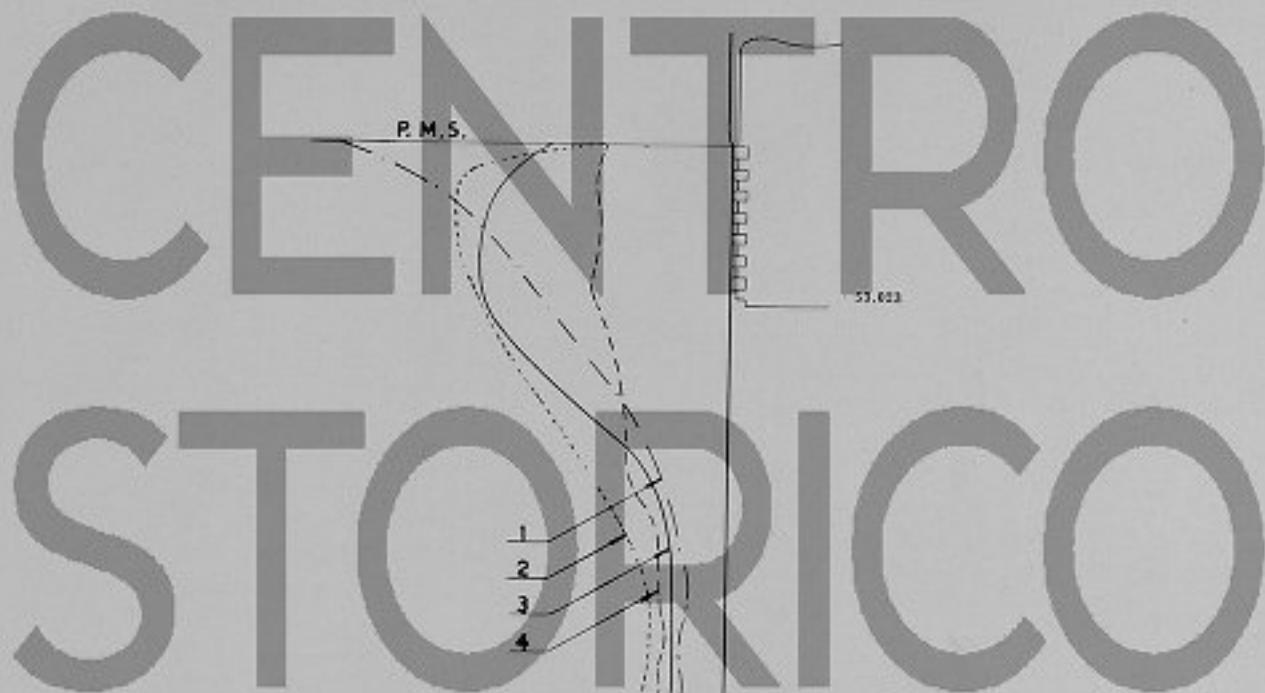


Fig. 5 - Forme diverse di usura che si notano nella parte superiore delle camice dei motori a due tempi di medio e grande diametro.

La forma tipo 1 è caratteristica quando prevale l'azione abrasiva, mentre quella corrosiva è limitata.

Le forme tipo 2 e 3 sono invece caratteristiche quando all'azione abrasiva si aggiunge una forte azione corrosiva.

La forma tipo 4 è di tipo transitorio giacché si riscontra durante le prime 10.000 - 15.000 ore di moto solo su un certo numero di camice di grande diametro.

(vedi curva 2 e 3 di fig. 5); la massima usura non è più in alto ma nella zona intermedia prossima alle posizioni delle ultime fascie elastiche quando lo stantuffo è al p.m.s.; inoltre si ha usura sensibile nella parte bassa della camicia, dove una volta il consumo era trascurabile.

L'andamento del tipo 1 si manifesta sopratutto:

a) Quando prevale l'azione di abrasione meccanica, che è massima nella zona più alta dove sono più elevate le pressioni e le temperature e minore l'effetto della lu-

inadatta a sopportare condizioni di usura particolarmente dure per cui i consumi specifici assumono valori molto elevati.

È questo un caso che si riscontra frequentemente con l'impiego degli oli Bunker. Se il materiale delle camice è molto inadatto a tale uso, non si osservano allora differenze di usura tra il periodo di rodaggio e quello successivo: il consumo è sempre fortissimo, il che vuol dire che la superficie si mantiene in quello stato di rugosità caratteristico del primo periodo di funzionamento, a causa

dell'intensità dell'abrasione meccanica e dei fenomeni di corrosione.

La fig. 6 si riferisce appunto a uno di questi casi caratteristici verificatosi in un motore che bruciava olio Bunker con oltre il 2% di zolfo e con un Conradson del 6% in peso.

Invece l'andamento del consumo del tipo 2 si verifica generalmente:

la forma, ma solo per quanto riguarda il valore assoluto del consumo (vedi fig. 7, che può essere ritenuta il prototipo della forma dell'usura attuale della maggior parte delle camicie dei motori FIAT).

Siccome è ovvio l'interesse di ridurre al minimo queste variazioni nel valore dell'usura, abbiamo ritenuto utile ricavare statisticamente da circa un centinaio di motori (vedi tabella fig. 8) la posizione del piano dove tale

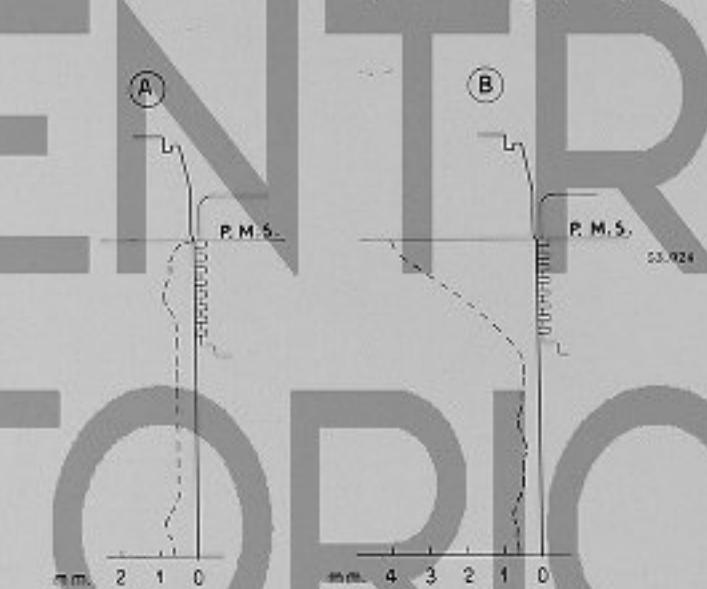


Fig. 6 - Confronto dell'andamento dell'usura della parte superiore di due camicie di ghisa diverse montate su uno stesso motore.

La ghisa della camicia (A) è ad alto tenore di zolfo (1%) mentre la ghisa della camicia (B) è una buona ghisa grigia perlita.

Il motore ha funzionato con miscele di nafta pesante e di olio Diesel (Conradson 8%, zolfo 2%; 2.5%).

a) Quando l'efficienza delle prime due o tre fascie elastiche è alquanto ridotta per incollamento, o per consumo, o per perdita di elasticità. In questo caso non di rado si forma di conseguenza sulla parte corrispondente della superficie della camicia uno strato protettivo di lacche e di asfalti duri e secchi che contribuisce probabilmente a ridurre anch'esso l'usura.

b) Quando i prodotti della combustione contengono una forte percentuale di prodotti corrosivi ed abrasivi. L'azione corrosiva si svolge ovviamente solo nella zona dove tali prodotti possono condensarsi ed è favorita se in tali zone si depositano dei sedimenti relativamente molli, i quali incamerano contemporaneamente prodotti corrosivi e prodotti abrasivi.

Se ora si passa ad esaminare i diagrammi del consumo nei vari piani assiali (per esempio longitudinale, trasversale, a 45° ecc. rispetto all'asse motore) si vede che in generale non si riscontrano differenze per quanto riguarda

l'usura è massima. Da questa tabella si dovrebbe dedurre che nelle camicie cilindro dei nostri motori Diesel marini tale piano coincide tendenzialmente con quello trasversale con qualche particolare eccezione dipendente da varie cause (accidentale difetto di allineamento, anomalie nella lubrificazione ecc.).

L'usura specifica può infine variare su uno stesso motore da cilindro a cilindro in modo qualche volta assai notevole. Questa differenza di comportamento dipende in genere da qualcuna delle seguenti cause:

a) Cattiva polverizzazione del combustibile (causa consumo dei fori dell'iniettore, o cattiva tenuta dello spillo, o pressione di taratura del polverizzatore inferiore al normale ecc.).

Nel caso dei Bunker questo fattore determina in genere delle differenze sull'usura delle camicie più elevate che non nel caso degli olii Diesel.

b) Cattiva combustione o per effetto della causa precedente o per difetti nel lavaggio (feritoie sporiose, valvole in disordine) o per difetti nella compressione (fusce elastiche in disordine o rotte), o per eccessivo ritardo, ecc.

c) Scarsa omogeneità nelle qualità chimiche e fisiche del materiale delle varie camicie montate sullo stesso motore.

d) Diverso comportamento, sistematico o accidentale, della lubrificazione o della refrigerazione tra camicia e camicie.

CENTRO

INFLUENZA DELLA QUALITÀ DELLE CAMICIE SULL'USURA NAFTA

III

1) Generalità.

Prima di iniziare l'esame di questo argomento desideriamo chiarire bene a che cosa intendiamo riferirci quando parliamo di olii combustibili normali, o Diesel Oils, e di olii combustibili pesanti o da caldaia, o Bunker Oils.

La tabella di fig. 9 serve nelle nostre intenzioni a dare una divisione accettabile dei vari gruppi di combustibile e, sebbene non sia facile stabilire i limiti precisi delle varie categorie, riteniamo tuttavia che essa raggiunga lo scopo con sufficiente approssimazione.

Tale tabella è basata del resto sulla classificazione americana A. S. T. M. D 975/48 T per gli olii Diesel (Diesel Fuel Oils) e D 396/48 T per gli olii da caldaie (Fuel Oils) integrate da certe estrapolazioni fatte partendo dai valori medi di alcune centinaia di nostre analisi. Perciò con il termine di nafta pesanti o da caldaie, che sono i combustibili di maggior interesse in relazione ai vari argomenti trattati nella presente memoria, intendiamo sempre fare riferimento agli olii combustibili che entrano nei limiti del Bunker B e del Bunker C.

2) L'usura delle camicie con l'uso di nafta leggere (Olii Diesel).

Come accennato nella premessa, la maggior parte degli utenti e dei costruttori hanno constatato a partire dal 1944-45 un aumento dell'usura specifica delle camicie anche con l'impiego dei normali combustibili leggeri (Olii Diesel).

Questa maggior usura, che sembra abbia una continua tendenza ad accentuarsi, va senza dubbio messa in relazione al progressivo peggioramento delle caratteristiche

dei combustibili Diesel e da caldaia dovuto all'evoluzione dei processi di raffinazione dei prodotti petroliferi, processi che tendono ad aumentare la resa delle benzine a detrimenti non solo delle quantità ma anche della qualità dei prodotti più pesanti. Questa situazione è pure confermata da quanto rilevabile dalla tabella fig. 10, dove sono riportati i valori medi di una numerosa serie di analisi di combustibili fatte dal nostro laboratorio a partire dal 1938. Da tale tabella e per quanto si riferisce ai combustibili leggerissimi e leggeri (Gasoil e Diesel oil) e ai due periodi di tempo relativi agli anni 1938 - 1944 e 1945 - 1952 appare evidente che, a pari intervallo di densità e a pari percentuali di ceneri, mentre i residui carboniosi sono aumentati di poco (e solo nel caso dei prodotti meno leggeri con $d = 0.9 \rightarrow 0.91$) le percentuali dello zolfo sono salite a più del doppio.

Si dovrebbe perciò dedurre che l'elemento che ha subito la maggior variazione, cioè lo zolfo, sia da ritenere almeno in buona parte una delle cause dell'aumento dell'usura delle camicie. A titolo di esempio citiamo i dati di un motore a due tempi doppio effetto a 10 cilindri e di 750 mm di diametro in servizio dal 1936. L'usura specifica media a parità di materiale delle camicie è stata nel periodo dal 1936 al 1943 di circa 0,065 mm ogni 1000 ore di moto, nel periodo dal 1943 al 1949 di circa 0,08 mm e di 0,12 mm nel periodo 1949-1951. Questi tre valori, essendo nettamente in salita con l'andare del tempo, sono perciò in contraddizione con quanto normalmente si verifica qualora la qualità del combustibile e le condizioni di servizio non varino. Poiché nel caso nostro tali ultime condizioni non sono state cambiate per nulla, si deve arguire che il peggioramento è dovuto solo alla qualità del combustibile il quale, tra l'altro, continua ad essere approvvigionato nei medesimi porti e apparen-

temente con le stesse caratteristiche (Diesel Oil) e la stessa provenienza.

Una causa aggravante del peggioramento dell'usura delle camicie può essere ricercata anche nella attuale tendenza a produrre olii Diesel di determinata densità e viscosità miscelando dei Bunker con Gasoli od olii Diesel.

quindi una pratica da rigettare, perché il più delle volte non solo manca allo scopo ma può aggravare la situazione, in quanto la miscela non è stabile e si avrà un funzionamento intermittente a nafta fluida ed a nafta pesante.

Ora un conto è funzionare con nafta da caldaia usufruendo di tutti quegli accorgimenti di impianto e di esercizio che sono necessari a tale scopo, ed un conto è

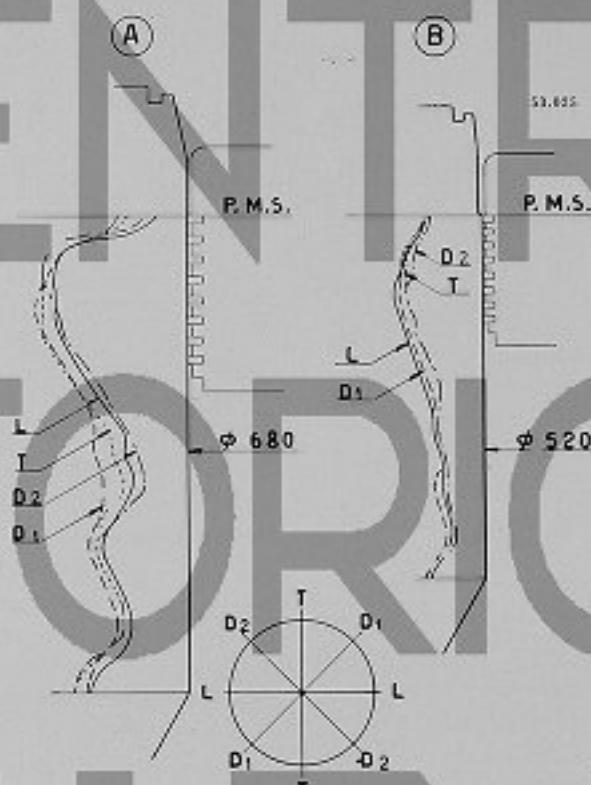


Fig. 7 - Andamento dell'usura nei piani diametrali: longitudinale, trasversale ed a 45° di una stessa camicia. Si noti l'uniformità della forma dell'usura nei diversi piani per entrambe le camicie prese ad esempio.

Simili miscele vanno considerate con molta cautela, perché se sono ben preparate e mescolate dalle raffinerie stesse con l'avvertenza di usare combustibili della stessa famiglia, o meglio ancora provenienti dallo stesso crudo, la miscela è accettabile in quanto è perfettamente omogenea e stabile, ma se sono preparate con mezzi inadeguati di miscelazione e di riscaldamento e per giunta con combustibili di diversa provenienza, l'usura delle camicie è fortemente compromessa.

Il valore per esempio miscellare a bordo nafta pesanti con gasolio allo scopo di ottenere una minore densità e viscosità del combustibile, credendo che ciò sia vantaggioso agli effetti della iniezione e della combustione è

bruciarla senza alcuna precauzione. In tal caso si avranno danni negli organi di iniezione, si avrà una polverizzazione ed una combustione difettosa, si formeranno abbondanti depositi carboniosi ed asfaltici sulle camicie e sugli stantuffi ed in definitiva oltre ad un mediocre comportamento termico e meccanico del motore si noterà un sensibile peggioramento nel logorio delle camicie.

3) L'usura delle camicie con l'uso delle nafta pesanti Bunker B e C.

Gli elementi che maggiormente differenziano le nafta pesanti dagli olii Diesel e che possono avere influenza

sull'usura delle camicie, a parte la capacità di accensione (N. di cetano), sono la viscosità, le ceneri, l'asfalto, i residui carboniosi, lo zolfo.

a) *Viscosità.* — Essa è sempre un fattore di notevole importanza qualunque sia il tipo di combustibile impiegato, in quanto una buona polverizzazione è ottenibile mediante i normali dispositivi di iniezione dei motori Diesel solo se la viscosità è inferiore a un certo limite. E' ovvio che gli effetti negativi dovuti ad una

vanno ad urtare contro le pareti della camicia o dello stantuffo, può dar luogo a parecchie anomalie, fra cui anche a combustioni locali a carattere detonante, innescate dai prodotti di ossidazione del combustibile stesso o degli oli di lubrificazione (perossidi, aldeidi, ecc.).

Secondo la letteratura tecnica queste detonazioni, tanto più vivaci quanto più la nafta, essendo densa, si arricchisce di elementi ritardanti la combustione, si manifestano con temperature intorno ai 5500° C e con emissioni di luce ultravioletta molto intensa.

TIPO MOTORE	DIAMETRO CAMICIE mm								
	170-250	250-260	320-360	450-480	520	640	650	680	750
4 Tempi	trav.								
2 Tempi semplice eff.		trav.	long. trav. long.		trav.	b)		trav.	c) long. trav.
2 Tempi doppio eff.						trav.	trav.		f) long. trav.

a) Per i motori di 360 mm di diametro l'usura è massima in senso longitudinale.

b) Solo per un motore in senso longitudinale.

c) Solo per un motore in senso longitudinale.

d) Solo per due motori in senso longitudinale.

e) Per qualche motore le usure massime sono in senso longitudinale.

f) Per questi motori le usure si manifestano tanto in senso longitudinale che in senso trasversale.

Fig. 8 - Tavola riassuntiva della posizione del piano di massima usura delle camicie di motori Diesel, secondo una nostra statistica.

viscosità elevata e quindi ad una cattiva polverizzazione si accentueranno se si usano nafta da caldaie, perché una cattiva polverizzazione provoca in questo caso, data la presenza di una maggiore percentuale di elementi nocivi e di più lenta combustione, un ulteriore aumento dei prodotti acidi e delle ceneri, dei depositi carboniosi duri e delle morchie, prodotti acidi, ceneri e depositi che amalgamandosi insieme intensificano poi i fenomeni di corrosione e di abrasione.

Benché dall'esperienza di esercizio dei nostri motori non si sia potuto ancora ricavare una precisa correlazione tra i dati di usura delle camicie e una imperfetta polverizzazione, non abbiamo dubbi in proposito e condividiamo l'opinione di altri autori che una cattiva polverizzazione possa portare ad aumenti notevolissimi dell'usura delle camicie rispetto ai valori medi normali.

Una polverizzazione troppo grossolana, con la formazione di gocce all'uscita dell'iniettore e con getti che

Questa luce ultravioletta a sua volta genererebbe una emissione di elettroni, i quali contribuiscono a disintegrare la superficie del materiale delle camicie e ad accelerarne quindi il consumo.

Per avere una buona polverizzazione occorre dunque alimentare la nafta a monte dei fori degli iniettori con una viscosità sufficientemente bassa, corrispondente più o meno a quella di un olio Diesel a 15° C. Nel caso della produzione FIAT questo limite superiore è considerato appunto pari a circa 6 Engler, raccomandandosi tuttavia per avere una polverizzazione migliore di non superare i 2° Engler.

L'impiego delle nafta pesanti di media e alta viscosità è perciò subordinato al loro preventivo riscaldamento, che è ottenibile senza difficoltà alcuna mediante riscaldatori a vapore o elettrici sistemati tra la pompa di alimentazione e i dispositivi di iniezione.

In questo modo effettuandosi il riscaldamento mentre

la nafta è sotto pressione a 5-6 Kg/cm² non vi è alcun pericolo che si formino nel suo seno schiume o vapori.

Il problema sta quindi solo nel sapere quale sia la temperatura alla quale si deve scaldare un combustibile di nota viscosità per portarlo a quella di circa 2° Engler.

Il problema è meno semplice di quanto può apparire a prima vista a causa di un fatto forse non ancora molto conosciuto, e cioè che la viscosità a parità di tempera-

sterica ha una viscosità di 60° Engler a 50° C deve essere riscaldato fino ad una temperatura di circa 160° C per portarlo a 2° Engler alla pressione di 700 Kg/cm². Alla pressione atmosferica basterebbe invece scaldarlo soltanto a 120° C.

Sempre dalle già accennate esperienze risulta poi che, alle pressioni di iniezione nei motori di grandi dimensioni, la viscosità può variare assai rapidamente al variare delle

CARATTERISTICHE	OLIO DIESEL		OLIO COMBUSTIBILI PER CALDAIE		
	N° 2 D A.S.T.M.	N° 4 D A.S.T.M.	N° 4 A.S.T.M.	N° 5 A.S.T.M.	N° 6 A.S.T.M.
			Gasolio	Diesel Extra	Olio comb. fluid.
Densità a 15° C (59° F)	0,83 - 0,89	0,86 - 0,91	0,89 - 0,92	0,92 - 0,95	> 0,94
Viscosità Engler a 15° C (59° F) max	2,2	13	13	—	—
> > 50° C (122° F)	1,35	2,5	2,5 (5)	12	85
> > 100° C (212° F)	—	—	—	1,8	4,5
Punto di scorrimento max.	7° C	7° C	7° C	—	—
> infiamm. P. M. max.	65° C (149° F)	65° C (149° F)	65° C (149° F)	65° C (149° F)	65° C (149° F)
Pot. calorif. super. Cal/Kg. min.	10,650	10,550	10,450	10,250	9,900
Acidità minerale ed alcalinità	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente
Acqua e sedimentazione max.	0,1 %	0,5 %	0,5 %	1 %	2 %
Zollo	1,5 %	2 %	2,5 %	4 %	5 %
Cenosi	0,02 %	0,1 %	0,1 %	0,1 %	0,5 %
Residuo Combust.	0,2 %	2 %	6 %	10 %	15 %
Asciutto dato	0,05 %	2 %	3 %	5 %	10 %
Distillato a 350° C (662° F) min.	90 %	—	—	—	—
N° di Cetano	40	25	—	—	—

Fig. 9 - Limiti delle caratteristiche chimiche e fisiche degli oli combustibili Diesel e degli oli combustibili per caldaie. Tali limiti corrispondono sostanzialmente alla normalizzazione americana A.S.T.M. integrati da nostri valori statistici.

tura aumenta con l'aumentare della pressione, con una legge che può essere abbastanza rapida e che dipende dalle caratteristiche di viscosità della nafta. Da esperienze fatte da una Società petrolifera rileviamo per esempio che un combustibile che a 50° C ha circa 10° Engler di viscosità alla pressione ambiente, alla stessa temperatura ma alla pressione di 700 Kg/cm² ha una viscosità di circa 45° Engler. Per portare questo stesso combustibile alla viscosità di circa 2° Engler alla pressione di 700 Kg/cm² bisogna riscalarlo a circa 120° cioè ad una temperatura abbastanza più elevata a quella corrente (95° C) per avere i 2° E alla pressione atmosferica. Un altro combustibile che alla pressione atmo-

temperature; per esempio, in un Bunker avente 60° Engler a 50° C basta una diminuzione di 20° C della temperatura normale di riscaldamento di circa 150° C per fare raddoppiare la sua viscosità per esempio da 2° a 4° Engler circa.

Si deve inoltre tener presente che la legge di variazione della viscosità rispetto alla temperatura non è lineare e che quindi un abbassamento maggiore di temperatura sarebbe ancora più pericoloso. Per esempio, sempre per il Bunker che a 50° C ha una viscosità di 60° E, per una pressione di 600 Kg/cm² al passare da 150° C a 120° C la viscosità sale da 2° a 4,5° Engler mentre a 105° C la viscosità passa a circa 9° E, cioè a un valore

superiore al massimo consentito per avere, a nostro parere, una polverizzazione buona.

E quindi in pratica necessario:

1) Riscaldare la nafta tenendo conto dell'influenza della pressione di iniezione. Siccome quasi tutti i Bunker Oils attualmente reperibili nei porti di bunkaggio hanno delle viscosità a 50° C tra 8 Engler e 60 Engler, bisogna

produce nel giro di 24 ore un peso di cenere di Kg 5,7 qualora la nafta abbia per esempio un tenore medio di cenere del 0,15 %.

Queste ceneri, che sono da considerarsi senz'altro sostanze abrasive, non restano certamente tutte entro le camicie, ma sono nella massima parte trascinate via dai gas di scarico; però è ovvio che un quantitativo sia pure piccolo di questi 5,7 Kg si mescoli con l'olio di lubri-

TIPO COMBUSTIBILE	Densità a 15° C	Visc. Engler a 50° C	Potere calorif. super. Cal/Kg	PERIODI ANNI (Valori medi)					
				1938 - 1944			1945 - 1952		
				Zolfo %	Conradson %	Cenere %	Zolfo %	Conradson %	Cenere %
Olio Diesel (Gasolio)	0,830 0,860	1,08 1,40	10,800 10,950	0,34	0,26	0,03	0,85	0,34	0,04
Olio Diesel (Gasolio)	0,861 0,890	1,20 1,60	10,600 10,750	0,66	2,04	0,032	1,32	1,56	0,03
Olio Diesel	0,881 0,900	1,50 3,30	10,500 10,750	0,61	3,64	0,06	1,56	3,83	0,045
Olio Diesel	0,901 0,910	2,00 4,00	10,450 10,650	0,25	3,54	0,05	1,70	5,15	0,025
Olio combustibile p. caldaie Fluido	0,911 0,920	2,30 4,30	10,400 10,650	0,51	3,15	0,045	2,25	5,50	0,033
Olio combustibile p. caldaie Fluido	0,921 0,930	1,80 6,60	10,350 10,600	1,10	4,45	0,05	2,13	6,80	0,045
Bunker B	0,931 0,940	4,80 8,70	10,250 10,500	0,60	6,62	0,056	2,03	7,70	0,050
Bunker B	0,941 0,960	5,30 15,00	9,900 10,400	1,10	10,00	0,100	2,30	8,90	0,070
Bunker C	0,950 0,990	15,00 80,00	9,800 10,400	2,57	13,33	0,160	2,35	11,60	0,110

Fig. 10 - Limite dei tenori di zolfo, Conradson e ceneri ricavati da numerose nostre analisi e classificati a parità di categoria di combustibile. Osservare come per le nafta leggere e dense fino al Bunker B compreso, il tenore dello zolfo sia in media più che raddoppiato nel passare dal periodo 1938-1944 a quello 1945-1952.

proporzionalmente riscaldarli da un minimo di 120° C a un massimo di 150° C.

2) Non ammettere delle differenze in meno nella temperatura di riscaldamento, pena l'aumento anche sensibile della viscosità e quindi l'immediato peggioramento della polverizzazione.

b) Ceneri. — Le ceneri, cioè le impurezze minerali solide che rimangono al termine di una combustione completa, sono generalmente in un olio Bunker il 0,02 + 0,25 % del suo peso.

Quindi un motore che sviluppa la potenza di 1000 HP con un consumo specifico di combustibile di 160 gr/HP/h

ficazione delle camicie e con le eventuali mordicce oleose, con risultati certamente deleteri nei riguardi dell'usura delle camicie.

In generale si ritiene oggi desiderabile che il combustibile prima di bruciare non debba avere una percentuale di ceneri superiore a 0,02 + 0,03 % che è il limite massimo ammesso per i Gasoli. Per raggiungere questo scopo si ricorre nel caso delle nafta da caldaie alla loro preventiva energica depurazione mediante depuratori centrifughi usati anche come chiarificatori. Le ceneri sono costituite quasi sempre da composti dei seguenti elementi: Si - Fe - Ca - Na - V ed altri in minori proporzioni. Una particolare importanza può assu-

mere il vanadio perché il pentossito di vanadio (V_2O_5) alle temperature superiori di $650^\circ C$ può formare delle ceneri vetrose molto dure e quindi molto abrasive. E' opportuno quindi accettare il tenore di vanadio nelle ceneri, perché in certi casi esso costituisce fino al 60% circa del loro peso.

c) *Sostanze asfaltiche.* — Le sostanze asfaltiche, cioè gli idrocarburi più complessi delle rispettive serie, sono costituite nei greggi prevalentemente da asfalteni e da resine, mentre nei prodotti residui della distillazione e della pirosissione, oltre a questi asfalteni e resine compaiono anche delle sostanze chiamate carbidi e carbeni, che derivando appunto dalla degradazione pirogenica dei greggi sono ancora più stabili e quindi più lenti nella combustione dei precedenti.

Tutte queste sostanze si trovano in generale disperse allo stato colloidale nel combustibile e dal punto di vista chimico vengono anche distinte in asfalti duri e molli: i primi sono costituiti da idrocarburi non saturi ad alto punto di fusione ed insolubili in benzina ma solubili in benzolo, i secondi invece hanno un punto di fusione sotto i $100^\circ C$ e precipitano in una soluzione di alcool-etero.

Gli asfalti duri formano scaglie dure e di natura abrasiva, mentre gli asfalti molli sono costituiti da residui appiccicosi e molli.

E' noto che gli asfalti possono essere in parte eliminati con i normali depuratori riscaldando il combustibile non oltre gli $80 \sim 90^\circ C$ perché a temperature più alte gli asfalti tendono a passare in soluzione e quindi in uno stato di impossibile separazione. Questo è uno dei motivi per cui nella depurazione e chiarificazione delle nafta da caldaie si ritiene utile lavorare intorno agli $80 \sim 90^\circ C$; a temperatura inferiore la nafta è troppo densa e non si separano bene le sostanze terrose, l'acqua e i cloruri, a temperatura più elevata non solo non si separano più gli asfalti duri, ma la nafta può cominciare a produrre delle forti schiume rendendo così impossibile il regolare funzionamento dei depuratori e delle relative pompe.

d) *Residuo carbonioso Conradson.* — Il residuo carbonioso determinato con il metodo di Conradson è praticamente ciò che rimane della lenta distillazione di un olio combustibile messo in un crogiolo fuori del contatto dell'aria.

Questa prova, benché non rispecchi le reali condizioni che si hanno durante la combustione in un cilindro motore, dà tuttavia un'idea approssimativa della percentuale dei composti di difficile combustione contenuti in una nafta.

Il residuo Conradson è costituito da particelle di car-

bone (coke), da asfalti molto alterati e dalle ceneri ed è percentualmente tanto più rilevante come peso quanto maggiore è la presenza nel combustibile non solo di asfalti e di ceneri, ma di tutti quei prodotti pesanti e scarsamente combustibili dovuti al grado più o meno spinto di distillazione e di pirosissione a cui è stato sottoposto il greggio.

Il Conradson è quindi, in un certo qual modo, un indice della lentezza e difficoltà della combustione cioè di un fatto che possiamo chiaramente osservare dall'esame dei diagrammi di indicatore quando si passa dall'uso di una nafta leggera a quello di una nafta da caldaia. Esso dà pure un'idea preventiva del quantitativo di tutti quei residui carboniosi che si depositano sulle pareti dello stantuffo e della camicia, nei canali delle lascie, sugli insettori, residui che appunto come il Conradson, sono costituiti da particelle di carbone, da ceneri, da asfalti duri e molli, da lacche e da resine, il tutto mescolato con olio lubrificante.

e) *Zolfo.* — È questo l'elemento presente nelle nafte che ha fatto parlare maggiormente di sé in questi ultimi anni. Le opinioni sulle cause dell'usura delle camicie per l'intervento dello zolfo sono ancora un po' discordi: è però ormai accertato con esperienze riferite da un'ampia bibliografia che lo zolfo, nei suoi composti, ha in genere un'azione deleteria agli effetti della durata delle camicie.

Si può anche dire di più e cioè che gli altri residui della combustione come gli asfalti, le ceneri, le lacche e le sostanze carboniose divengono più aggressivi se agiscono in presenza dello zolfo, e questo perché un olio combustibile povero di zolfo dà generalmente residui a carattere prevalentemente molle e quindi meno dannosi dal punto di vista dell'abrasione, mentre un olio combustibile ricco di zolfo produce generalmente residui molto duri.

Gli effetti principali dello zolfo sull'usura si possono praticamente circoscrivere a due:

— azione corrosiva a carattere chimico ed elettrochimico dovuta alla formazione di acido solforico e in presenza di correnti galvaniche generate sia dall'eterogeneità della ghisa stessa a contatto di un elettrolita, sia a correnti vaganti che possono essere presenti a bordo di una nave.

— Azione abrasiva per effetto della formazione di depositi carboniosi particolarmente duri che vengono a generarsi alle alte temperature per assorbimento di una parte dei composti di ossidazione dello zolfo.

Tecnicamente da una tonnellata di nafta, con un tenore di zolfo del 2% che si trasformi tutto in acido, si

otterrebbero ben 61 Kg circa di acido solforico. Quindi in un motore di 1000 HP e con 160 gr/HP·h di consumo si potrebbero al limite formare nelle 24 ore 235 Kg di acido solforico.

Ciò in pratica non avviene perché i prodotti gassosi primari che si ottengono dalla combustione dello zolfo, cioè l'anidride solforosa (SO_2) e solforica (SO_3) se ne vanno nell'atmosfera assieme ai gas di scarico e solo una

piccola parte riesce a reagire con gli altri prodotti della combustione, formando composti duri ed abrasivi oppure acido solforico.

Quando lo stantuffo è al p. m. s. è quella che si trova alle temperature sopra accennate. Pertanto in questa zona avremo contemporaneamente sia delle pressioni superficiali elevate tra fascie e camicia per effetto della pressione ancora alta dei gas, sia l'inizio dell'azione corrosiva, azione favorita anche dalla minore protezione delle superfici di lavoro da parte dell'olio di lubrificazione. Ci possiamo quindi rendere conto del motivo per cui in

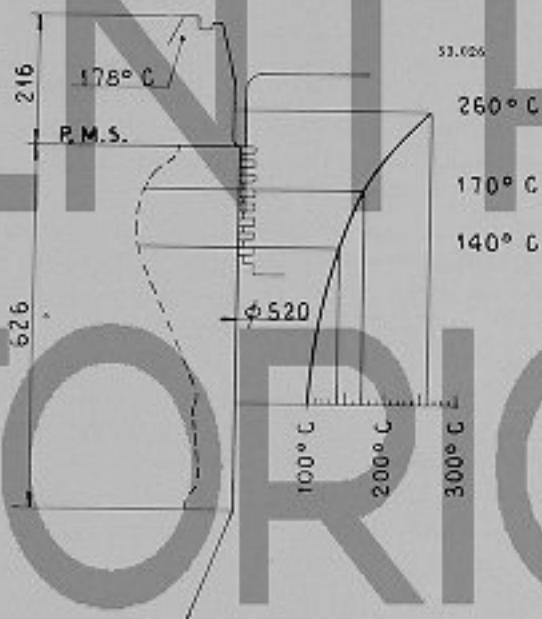


Fig. II - Andamento dell'usura e delle temperature sulla parete interna di una camicia di un motore di diametro 520 mm.

Le temperature si riferiscono al funzionamento a carico normale nei seguenti limiti: Temperatura gas scarico 275°C - Pressione massima 58 Kg/cm² - Temperatura acqua di raffreddamento da 58° a 62°C.
Combustibile usato miscela di Bunker e olio Diesel (zolfo 2,2%).

piccola parte riesce a reagire con gli altri prodotti della combustione, formando composti duri ed abrasivi oppure acido solforico.

Come è noto l'acido solforico anidro ed i suoi vapori non sono corrosivi e quindi influiscono sul consumo delle camicie solo le sue soluzioni più o meno diluite. Oggi si ritiene che in un cilindro motore, tenendo conto dei vari fattori in gioco, le temperature alle quali si formano ancora delle soluzioni acquose di acido solforico sensibilmente attive agli effetti corrosivi, stiano intorno ai 140 - 170°C.

Osservando — vedi fig. II — l'andamento delle temperature rilevate lungo la camicia di un motore di 520 mm di diametro e 960 mm di corsa, si deduce che la parte di superficie della camicia che sta tra la 4^a e l'8^a fascia

questa zona si nota effettivamente il massimo del consumo.

L'azione dell'acido solforico si fa sentire di più nei motori soggetti a frequenti avviamenti e fermate o a lunghi periodi di funzionamento a basso carico. Questo avviene perché durante i periodi di messa a regime o di marcia a regime ridotto la temperatura media delle pareti delle camicie è più bassa e quindi si verifica più facilmente ed in maggiore quantità la condensazione di brine di acido solforico. Inoltre durante le fermate il velo di rugiada seguita la sua azione corrosiva, ricoprendo in poche ore di ruggine le superfici lucide delle camicie e delle fascie elastiche.

Per motivi analoghi si avrà un comportamento pessimo agli effetti della corrosione se il motore è raffred-

dato con acqua a temperatura troppo bassa, come può avvenire nei motori con raffreddamento a circuito aperto; è questa una delle ragioni per cui si è ormai del tutto abbandonato nei motori marini il raffreddamento diretto ad acqua di mare. Per esempio in un motore così raffreddato si sono avute usure fino a $0,6 \pm 0,7$ mm ogni 1000 ore di moto, usando un Bunker con 2,4% di zolfo e 5% di Conradson.

Dopo quanto si è detto è ovvio che nelle nafta pesanti lo zolfo, dato il tenore elevato, può essere un elemento negativo di grande importanza agli effetti dell'usura. Non lo è però sempre, perché se la combustione è talmente buona da non dar luogo ad abbondanti residui asfaltici o carboniosi, se le temperature lungo le zone di maggior lavoro delle camicie sono vicine ai 200°C, se la lubrificazione è regolare ed efficace, se il motore funziona largamente a regime normale senza molte manovre, può darsi benissimo che esso risulti innocuo e noi lo abbiamo constatato per esempio sui motori di diametro 680 mm della M/c « Fede » e « Lavoro », i quali pur bruciando delle nafta ad altissimo tenore di zolfo (3,4 ± 3,6%) non risentivano di alcun aumento nel consumo delle camicie.

Oggi con le nafta di normale approvvigionamento notiamo invece una certa influenza, che non possiamo tuttavia stabilire con precisione perché bisognerebbe fare delle prove comparative di lunga durata con dei combustibili in cui l'unica differenza consistesse nel tenore di zolfo. Ora è ovvio che se in sede di esperienza ciò può farsi (ed anzi è già stata fatta qualche prova di breve durata variando solo il tenore di zolfo mediante desolfurazione della nafta di partenza e dimostrando in modo chiaro l'influenza negativa dello zolfo) non è possibile estendere tali prove al servizio pratico.

Non sappiamo quindi quale peso si debba dare all'opinione espressa da alcuni autori, i quali per esempio dichiarano che il consumo delle camicie raddoppia nel passare dal tenore di zolfo dall'1 al 2% oppure dall'1 al 3%.

4) Alcuni valori delle usure di camicie rilevati sui motori funzionanti con olii combustibili di differenti qualità.

Abbiamo or ora esaminato l'influenza che possono avere nel consumo delle camicie alcuni componenti dei combustibili e le opinioni espresse in proposito sono il risultato di considerazioni teoriche, di induzioni di carat-

tere fisico-chimico e di dati sperimentali, che nel loro insieme formano una sintesi che riteniamo possa essere attendibile almeno in prima approssimazione.

Stà di fatto però che è estremamente difficile ricavare delle conferme definitive e precise dalle condizioni di reale esercizio data la complessità degli elementi in gioco, e soprattutto perché tali conferme dovrebbero essere il risultato di anni di funzionamento durante i quali, malgrado la maggior attenzione da parte degli interessati, un certo numero di fattori del funzionamento del motore possono cambiare.

Nessuno di noi può garantire per esempio che i combustibili sui quali si basano le deduzioni siano rimasti sempre esattamente della medesima qualità.

Questa situazione spiega come molti dei risultati rilevati in esercizio presentino, non di rado, dei lati discordanti.

Valide queste riserve generali, riportiamo nella tabella di fig. 12 un certo numero di rilievi di usure di camicie ricavate in tempi e su navi diverse e con diversi tipi di combustibile.

Le cifre medie di usure si riferiscono al funzionamento di molte migliaia di ore, e sono per questo da ritenersi effettivamente rappresentative dell'andamento del fenomeno.

Tutte le camicie dei motori segnalati su questa tabella sono di ghisa ad alto tenore di fosforo, secondo l'analisi tipo (P₁ - Cr e P₂ - Cr - V - Ti) della tabella di fig. 13.

Salvo che per le M/n « Volere », « Giulio Cesare » e « Leme », che abbiamo riportato come esempio di motori funzionanti con Olii Diesel, tutti i combustibili usati appartengono alle categorie che nella nostra tabella di fig. 9 sono indicate come Bunker B e Bunker C; in ogni modo si tratta sempre di combustibili da caldaia della qualità più scadente, e quindi di minor prezzo, reperibili di volta in volta nei vari porti di bunkeraggio.

La tabella mostra un panorama che può ritenersi abbastanza soddisfacente: nella media le usure attuali massime delle camicie risultano comprese fra 0,15 e 0,2 mm per ogni 1000 ore di moto. Fanno eccezione soltanto due navi e cioè il « Corallo » e l'« Italvega », il che può essere giustificato per una di esse (Corallo) per avere impiegato per qualche tempo dei combustibili costituiti dal miscuglio di due nafta, mentre per la seconda (Italvega) bisogna pensare ad altre cause, (cattiva polverizzazione, sovraccarico ecc.) dato che un motore eguale installato sulla M/n « Italcielo » e che bruciava nafta pesanti delle stesse caratteristiche medie ha consumato le camicie in ragione della metà.

IV

INFLUENZA DELLE QUALITÀ DEL MATERIALE DELLE CAMICIE SULLA LORO USURA

L'influenza della qualità del materiale è indubbiamente notevole sia dal punto di vista chimico (analisi) che dal punto di vista fisico (struttura).

Il materiale quasi universalmente impiegato per la costruzione delle camicie dei motori Diesel è la ghisa, per quanto allo scopo di ridurre l'usura meccanica e la corrosione chimica e di aumentare la resistenza meccanica vengano continuamente sperimentati anche altri materiali e precisamente gli acciai speciali, allo stato naturale o trattati e il cromo o i riporti di metalli vari come rivestimento sulla ghisa o sull'acciaio.

Come detto avanti ci limiteremo a parlare solo delle camicie di ghisa allo stato naturale dato che, pur avendo eseguito molte prove su ghisa trattata e su altri materiali, non abbiamo finora raggiunto dei risultati pratici conclusivi.

1) Ghise perlite.

La ghisa che in passato è stata maggiormente impiegata nella costruzione delle camicie è quella normale di tipo perlítico senza elementi leganti, corrispondente ad un analisi media: $Ct\% = 2,8 \pm 3,1$ - $Si\% = 1,3 \pm 1,6$ - $Mn\% = 0,7 \pm 0,9$ - $P\% = 0,1 \pm 0,2$.

allo stato naturale e cioè greggia di fusione essa ha un comportamento accettabile, qualora si usino olii Diesel del tipo anteguerra. E' invece assolutamente inadatta, anche se prodotta con metodi perfezionati e controllati, all'impiego dei combustibili scadenti e a maggior ragione all'impiego degli olii Bunker.

Incidentalmente notiamo che tale tipo di ghisa, di facile fusione ed economia, può essere accettata ancora oggi nei motori veloci a 4 tempi di piccolo diametro che usano notoriamente Gasolio di ottima qualità. In questo caso ha senza dubbio importanza il miglioramento della sua struttura cristallina quale può ottenersi mediante la centrifugazione del getto, la fusione al forno elettrico e i trattamenti di bonifica.

2) Ghise legate.

La riconosciuta insufficienza delle ghise perlítiche normali ha portato all'uso di ghise legate, di cui esistono moltissime varietà. Citiamo fra le più note quelle al Ni-Cr, al Ni-Cr-Mo, al P, al P-Cr-V-Ti, al P-Ni-Cr, al Cr-Cu, al Cr-Mo, al V ecc. (vedi tabella di fig. 13).

Abbiamo direttamente sperimentato da oltre 25 anni la maggior parte di questi tipi di ghise e possiamo dire di aver avuto finora i risultati migliori specie nei confronti dell'impiego dei Bunker Oils con le ghise ad alto tenore di fosforo. Si oppone all'uso di queste leghe al fosforo una certa difficoltà di fusione e più ancora la loro scarsa resistenza meccanica ed una elevata fragilità in particolare per i grossi spessori, che ne rendono pericoloso l'impiego specie nelle camicie di grandi dimensioni.

Questa ultima difficoltà è però aggirabile costruendo la parte superiore della camicia in acciaio, e ripartendovi dentro a caldo una boccola sottile di ghisa al fosforo.

Con questo sistema che applichiamo correntemente dal 1924 si realizza una vera e propria divisione del lavoro: la parte esterna di acciaio sopporta solo gli sforzi meccanici e termici, mentre la parte interna ha il compito esclusivo di resistere all'usura e alla corrosione e quindi può essere fatta di materiale più adatto allo scopo, anche se debole e fragile agli effetti della resistenza meccanica.

Riteniamo interessante esporre alcuni risultati ottenuti con diverse camicie, tutte fuse al cubilotto. Indicando con 100 il coefficiente di usura di una ghisa grigia perlítica con un tenore di fosforo sul $0,9 \pm 1\%$ (tipo P di fig. 13), abbiamo mediamente trovato su ns/motori a due tempi, di grande diametro, in condizioni di reale esercizio i seguenti coefficienti, i cui limiti più elevati si riferiscono all'uso delle nafta pesanti:

— Con ghisa analoga al tipo P ma con tenore di fosforo sul 0,6 ± 0,7 %, coefficienti da 120 a 130 circa.

— Con ghise uguali alle precedenti ma con aggiunta del 0,2 ± 0,3 % di cromo (tipo P₁-Cr e P₂-Cr) dei coefficienti un po' minori.

tipo di ghisa ed in questa percentuale non migliora la resistenza all'usura.

— Con ghisa uguale al tipo P ma con aggiunta di Ni (1 %) e Cr (0,3 %) tipo P-Ni-Cr, coefficienti da 70 a 80.

Olio combust.	NAVE o IMPIANTO	ANNE	Motore Tipo 4)	ANALISI OLIO COMBUSTIBILE (Valori medi)						Usura per 1000 ore moto min
				Densità 15° C	Visc. Engler 50° C	Pot. Cal. Sup. Cal/Kg.	Zolfo %	Ceneri %	Conradson %	
Bunker B + C	Barbarigo . . . 1)	1929-41	750 SE	0,940 0,980	7 ± 48	10,140 9,816	0,8 1,2	0,05 0,06	8	0,15 ± 0,18
	Leme + Sn. . . 2)	1938-40	680 SE	0,970 0,990	25 ± 60	10,150 10,270	1,4 1,6	0,2 0,18 *	—	0,14
	Fede + Lavoro . . .	1938-40	680 SE	0,940 0,960	45 ± 55	10,350	3 ± 4	0,16 *	14	0,12 ± 0,14
	Italciclo . . .	1949	680 SE	0,960 0,990	20 ± 40	—	—	—	—	0,2
	Laguna . . .	1951	680 SE	0,945	11	10,520	1	0,05	8	0,22
	Italregia . . .	1951	680 SE	0,960 0,990	20 ± 40	10,260	3	0,026	8,7	0,45
	Cocullo . . .	1951	680 SE	0,960	12	10,300	1,51	0,07	9	0,37
	Ercia . . .	1951	680 SE	0,970	40	10,190	1,7	0,18 *	8	0,2
	Anna C. . .	1952	750 SE	0,947	8	10,460	2,1	0,044	9,4	0,13
	Sirena . . .	1949	640 DE	0,960	30	10,260	2,5	0,06	11	0,15
Diesel Oil	Mazara . . .	1949	640 DE	0,940	8	10,430	2,2	0,06	9	0,17
	SGES . . . 3)	1950	650 DE	0,930	8	10,380	2,6	0,05	6,5	0,18 ± 0,2
	Leme + Ds. . . 4)	1958-40	680 SE	0,860 0,880	—	—	—	—	—	0,1
Diesel	Volere . . .	1952	750 SE	0,885	1,50	10,690	0,42	0,01	0,1	0,11
	Giulio Cesare . . .	1952	650 DE	0,870	1,2	10,700	1,5	0,01	1	0,08

1) I motori delle navi tipo Barbarigo funzionavano con iniezione del combustibile ad aria compressa.

2) Sulla M/a « Leme » della Soc. « Italia » sono stati montati nel 1938 due motori a 6 cilindri, 2 tempi S. E. Ø 680 mm e per esperimento uno di questi, quello di destra ha sempre funzionato con Diesel Oil, e l'altro con Bunker C della peggiore qualità, lo stesso bruciato nelle caldaie del « Rex » e del « Conte di Savoia ». Questa prova è durata per due anni (6500 ore di moto) cioè fino a che la nave è stata internata.

3) S.G.E.S.: Centrale elettrica (Valori su due motori).

4) S.E.: Motore semplice effetto - D.E.: Doppio effetto.

* Percentuale ceneri prima della depurazione.

Tutte le canne di questi motori sono costituite da ghisa ed alto tenore di fosforo del tipo P₂-Cr e P₂-Cr-V-Ti (Ved. fig. 13).

Fig. 12 - Usure media riferite a 1000 ore di moto delle canne di alcuni motori Fiat a semplice e doppio effetto che hanno funzionato con esiti pesanti (Bunker B o C). A titolo di confronto sono riportati anche i consumi di tre motori che hanno funzionato con Diesel oil.

— Con ghise uguali al tipo P₂-Cr ma con 0,15 ± 0,2 % di V-T (Tipo P-Cr-V-Ti) coefficienti un po' minori ma praticamente invariati rispetto al tipo P₂-Cr. Si direbbe quindi che il V per questo

— Con ghisa al Ni-Cr-Mo (Ni 1% - Cr 0,3% - Mo 0,4%) e basso tenore di P coefficienti tra 140 ± 200 circa.

— Con ghisa al Cu (Cu 0,8 ± 1%) coefficienti da 140 a 220 circa.

— Con ghisa al solo V e basso tenore di Si coefficienti da 130 a 300 circa.

— Con ghisa perlita normale coefficienti da 200 a 500 circa.

Nella media resta confermato, secondo la nostra espe-

rienza all'usura, e che queste camicie apparentemente identiche come analisi possono dare in pratica risultati differenti. Circa la resistenza alla corrosione occorre notare che la graduatoria dei diversi elementi presenti nella ghisa a partire dal più corrodibile è la seguente: sulfuri,

TIPO GHISA	ANALISI CHIMICA								Caratteristiche Meccaniche			
	Ci %	Si %	Mn %	P %	Ni %	Cr %	Mo %	Cu %	Va %	Ti %	R _e Kg/mm ²	Hd Brinell
P	2,8 3,3	1,4 1,7	0,9 1	0,9 1	—	—	—	—	—	—	20 : 25	200 : 250
P ₁ - Cr	2,8 3,3	1,4 1,7	0,9 1	0,6 0,7	—	0,2 0,3	—	—	—	—	22 : 28	210 : 260
P ₂ - Cr	2,8 3,3	1,4 1,7	0,9 1	0,9 1	—	0,2 0,3	—	—	—	—	22 : 28	210 : 260
P-Ni-Cr	2,8 3,1	1,4 1,7	0,9 1	0,6 1	0,8 1,5	0,2 0,3	—	—	—	—	24 : 28	210 : 260
P - Cr V - Ti	2,6 3,1	1,4 1,7	0,9 1	0,9 1	—	0,2 0,3	—	—	0,15 0,2	0,15 0,2	22 : 24	220 : 260
Ni - Cr	2,8 3,1	1,6 1,9	0,9 1	0,2 0,3	0,8 1,5	0,3 0,5	—	—	—	—	26 : 32	200 : 260
Ni Cr - Mo	2,9 3,2	1,5 1,9	0,9 1	0,2 0,3	0,8 1,5	0,2 0,3	0,4 0,5	—	—	—	28 : 35	200 : 260
Cr - Mo	2,9 3,3	1,8 2,2	0,7 0,9	0,1 0,2	—	0,5 0,8	0,4 0,6	—	—	—	25 : 30	200 : 260
Cr - Cu	3 3,3	1,5 1,9	0,8 1	0,15 0,3	—	0,4 0,5	—	0,8 1,2	—	—	25 : 30	200 : 250
V	2,8 3,2	0,8 1,2	0,9 1	0,25 0,35	—	—	—	—	0,15 0,2	0,15 0,2	25 : 30	200 : 250

R_e = Cancio di rottura alla trazione.

Hd = Durezza Brinell 10/3000/30°.

Fig. 13 - Tabella delle caratteristiche chimiche e fisiche di alcuni dei tipi di ghisa legate più usate nella costruzione delle camicie di motori Diesel.

rienza, che le ghise ad elevato tenore di fosforo preferibilmente legate con Cr-Ni, sono fino ad oggi le più adatte a resistere alle azioni fisico-chimiche a cui i combustibili scadenti assoggettano le camicie.

La maggior resistenza all'usura che il fosforo impedisce alla ghisa è da tempo nota, ed è dovuta al caratteristico reticolo di steadiite (eutettico binario di fosfuro di ferro — Fe₃P — e soluzione di P in Fe) che si viene a formare nella massa perlita della ghisa. Tale reticolo ha una durezza molto elevata circa 600 Brinell, contro i 200 Brinell della perlite, ed è meno sensibile della perlite agli agenti corrosivi.

Abbiamo notato che dalla particolare conformazione di tale reticolo, influenzata per esempio dal modo con cui si esegue la fusione, dipende in misura sensibile la

ferrite, perlite, cementite, steadiite, grafite. Questa situazione rende ragione forse di uno dei motivi di vantaggio delle ghise ad alto tenore di fosforo.

3) Qualche caso interessante.

Abbiamo tratteggiato questo argomento della qualità dei materiali esprimendo in modo chiaro il frutto della nostra lunga esperienza in merito, ma dispensandoci di entrare nei dettagli, perché ciò richiederebbe tempo e spazio troppo in contrasto con lo scopo e le dimensioni della presente memoria. Prima di lasciare l'argomento desideriamo tuttavia ancora esaminare tre rilievi degni di particolare interesse:

a) Nella fig. 6 riportiamo il confronto dei diagrammi di usura fra una camicia di ghisa perlitica senza elementi aggiuntivi ed una camicia in ghisa perlitica con tenore

funzionando nelle stesse condizioni ma con olio Diesel del tipo oggi reperibile sul mercato. Anche in questo caso la ghisa normale ha dato un maggior consumo ri-

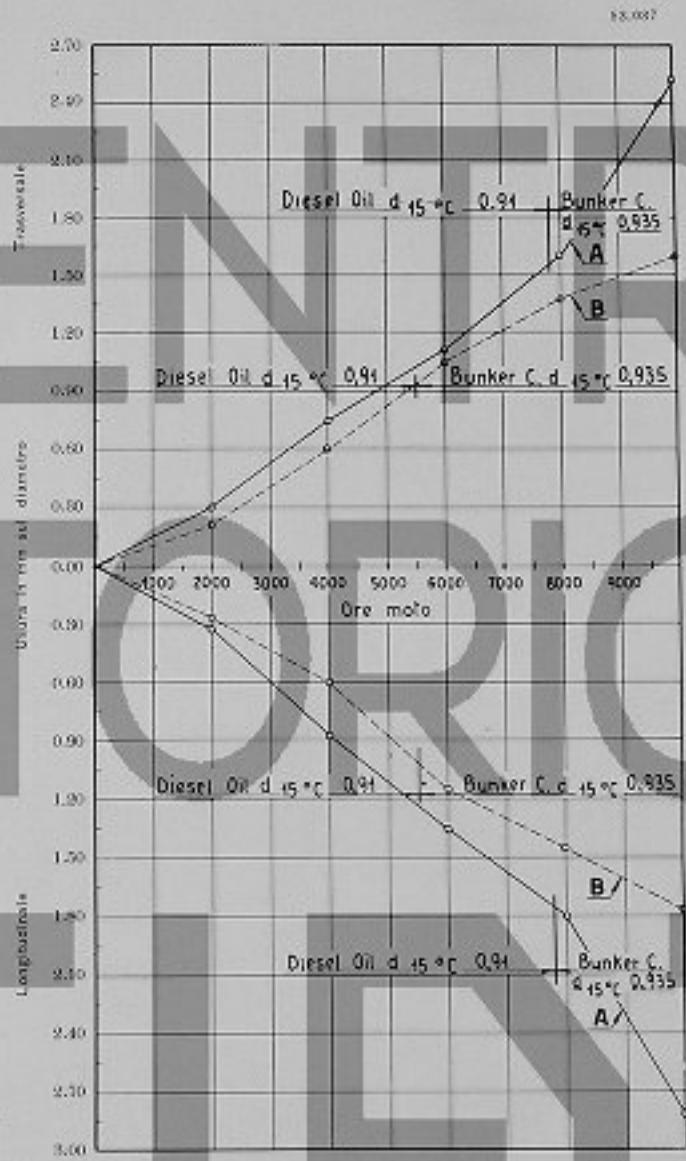


Fig. 14 - Consumi medi delle 16 camicie appartenenti a due motori uguali a 2 tempi semplice effetto di diametro 680 mm in esercizio sulla medesima linea e funzionanti con olii combustibili dello stesso caratteristico e della stessa provenienza.

I diagrammi mettono a confronto il diverso comportamento del materiale delle camicie:

Motore A - Ghisa al Cu (0.8 ± 1%)

Motore B - Ghisa al P (0.6 ± 0.7%) tipo P₁ - Cr

È evidente il miglior comportamento della ghisa al fosforo, in particolare nel secondo periodo di funzionamento nel quale è stato usato Bunker C.

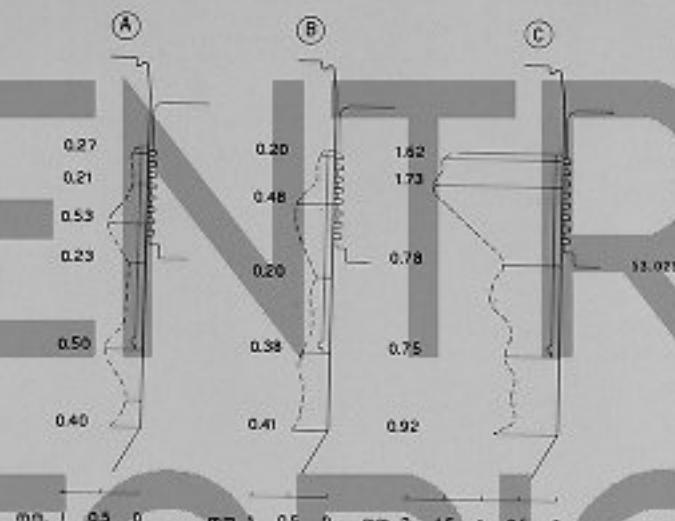
di fosforo del 0.9 ± 1% (tipo P-Cr-V-Ti). I due diagrammi di usura sono stati rilevati sullo stesso motore e usando nafta da caldaie. Rilievi analoghi sono stati fatti

rispetto alla ghisa al P, per quanto in proporzione minore.

b) La fig. 14 riporta i diagrammi di usura nel tempo

di due motori uguali di due navi diverse della stessa compagnia e in servizio sulla stessa linea regolare. Entrambi i motori hanno funzionato in un primo tempo con lo stesso olio Diesel di densità circa 0,91 a 15°C e in

con il combustibile più leggero una usura solo un po' superiore al precedente, ha dato luogo ad un'usura molto maggiore dal momento in cui la qualità del combustibile è peggiorata.



Motore	Camicie tipo ghisa 1)	Usura 1000/ora mm	ANALISI OLIO COMBUSTIBILE					
			Densità 15°C	Viscosità Engl. 50°C	Pot. Cal. Sup. Cal/Kg.	Zolfo %	Conradson %	Ceneri %
A	P (1%)	0,11	0,885	1,48	10,690	0,42	0,1	0,01
B	P (1%)	0,13	0,947	7,7	10,460	2,1	9,4	0,044
C	V (0,2%)	0,8	0,946	42,6	10,410	3,3	7,9	0,05

1) Tipo ghisa P (1%) - tipo P-Cr-V-Ti di fig. 13.
x V (0,2%) - tipo V di fig. 13.

Fig. 15 - Valori medi dell'usura rilevati su tre motori uguali a 2 tempi semplice effetto diametro 750 mm utilizzanti combustibili diversi come indicato nella tabella. - I rilievi grafici, relativi a 3 camicie scelte a caso a titolo indicativo, corrispondono rispettivamente per il motore A a 6.000 ore di moto, per B a 4.000 ore, per C a 2.000 ore. - Le camicie dei motori A e B sono di ghisa della stessa qualità ad alto tenore di fosforo (0,9 - 1%) mentre quelle del motore C sono di ghisa al V (0,15 - 0,2%). - Si noti il buon comportamento delle camicie del motore B che pur avendo funzionato con Bunker B hanno usure di poco superiori a quelle del motore A alimentato invece con olio Diesel.

un secondo tempo con la stessa nafta di densità 0,935 a 15°C. Un motore aveva camicie di ghisa a medio tenore di fosforo (tipo P-Cr) mentre l'altro aveva camicie di ghisa al Cu. Come si vede dai dati di fig. 14 il primo ha mantenuto durante 10.000 ore di moto una usura specifica costante con entrambi i combustibili pari a 0,16 mm ogni 1000 ore. Per contro il secondo motore con camicie al 0,8 - 1% di Cu mentre presentava

Questo esempio conferma quindi ancora una volta la minore sensibilità della ghisa al fosforo alle variazioni in peggio della qualità della nafta.

c) Il diagramma della fig. 15 riporta tre caratteristici profili di usura ricavati su motori uguali ma funzionanti con tre diverse qualità di combustibile.

I primi due diagrammi che si riferiscono a camicie della stessa lega (tipo P-Cr-V-Ti) indicano un con-

sumo massimo praticamente invariato al variare della qualità del combustibile. E' interessante notare che in un caso si è usato olio Diesel con 0,42% di zolfo e bassa percentuale di residui carboniosi e ceneri, mentre nell'altro caso la nafta aveva il 2% di zolfo circa. Il terzo diagramma rilevato su un motore avente camicie di ghisa a basso tenore di P ma con una maggior percentuale di vanadio, indica un'usura del tutto eccessiva, che a nostro giudizio non può essere attribuita, se non in minima parte al maggior tenore di zolfo della nafta rispetto ai due casi precedenti.

E' interessante notare come questa ghisa ad alto tenore di vanadio che ha dato così cattivi risultati con l'uso della nafta pesante, non si possa senz'altro considerare una qualità di ghisa scadente perché su altri motori impiegando olio Diesel di densità 0,86 - 0,89 a 15°C essa aveva dato dei consumi specifici solo di 0,07 - 0,1 mm ogni 1000 ore di moto.

E' quindi evidente che quello che manca a questo tipo di ghisa è una elevata resistenza all'usura dovuta ad attacco chimico e ad una più grande azione abrasiva.

4) Qualche parola sulla struttura fisica delle ghise per camicie.

Oltre a quanto esposto or ora circa le caratteristiche chimiche delle ghise impiegate per le camicie, deside-

riamo aggiungere ancora alcune brevissime osservazioni circa la struttura fisica di queste.

E' noto già da tempo che in una ghisa qualunque a parità di analisi si ha un vantaggio agli effetti dell'usura aumentando la durezza o modificando la struttura; noi stessi abbiamo constatato un miglioramento di più del 30% a parità di analisi su prove eseguite su motori a 4 tempi impiegando camicie centrifugate.

E' quindi un vero peccato che per motivi di fabbricazione tale procedimento possa essere applicato finora solo alle camicie di piccole dimensioni e non lo si possa estendere a quelle dei motori di media e grandi dimensioni che ne avrebbero più bisogno, dato i peggiori combustibili che essi ormai usano correntemente.

Equali difficoltà costruttive impediscono pure di usare grosse camicie di ghisa trattata o temperata, benché si è ormai accertato che questi procedimenti migliorerebbero ulteriormente le condizioni di usura.

Vengono viceversa sempre più impiegate nella fusione delle camicie le ghise prodotte al forno elettrico ad arco; queste ghise a parità di analisi hanno una struttura più fine e più compatta e per riflesso l'usura diminuisce abbastanza sensibilmente. Ipotetica resta invece ancora l'influenza dell'indurimento superficiale ottenuto mediante rullatura della superficie interna: nei tentativi da noi fatti risulta una notevole difficoltà d'esecuzione, specialmente per grandi diametri data la natura fragile e cristallina della ghisa.

V

ALCUNE RICERCHE DI LABORATORIO SUI MATERIALI DELLE CAMICIE

Per quanto nei capitoli precedenti le nostre osservazioni siano state circoscritte soltanto a qualcuno dei fattori in gioco, crediamo che il lettore si sia reso conto di come il problema sia estremamente complesso e di come in pratica sia assai difficile l'esecuzione durante l'esercizio dei motori di ricerche sistematiche atte ad identificare l'influenza separata delle singole cause che agiscono sul consumo delle camicie.

Per questo ultimo motivo molti sperimentatori hanno tentato fin dall'inizio dell'applicazione su larga scala dei motori Diesel di eseguire delle prove di laboratorio, sperando in questo modo di girare l'ostacolo e di giungere

a dei risultati concreti in un termine di tempo più breve e con minor disturbo.

Noi stessi da decine di anni, usando apparecchi che la tecnica di volta in volta suggeriva, abbiamo eseguito numerose prove, le quali ci hanno lasciato in genere poco soddisfatti perché nella massima parte dei casi i loro risultati non corrispondevano nemmeno qualitativamente e qualche volta erano addirittura in contraddizione con quelli rilevati durante l'esercizio.

Ultimamente però, a furia di provare, crediamo di aver trovato un metodo che ci sembra abbastanza soddisfacente e perciò desideriamo segnalare le caratteristiche

dell'apparecchiatura usata, le modalità del suo impiego ed i risultati ottenuti, sperando che altri sperimentatori ci seguano su questa via e aggiungano il loro contributo in questo vasto ed utile campo di ricerche.

motorino elettrico della potenza di $\frac{1}{2}$ HP alla velocità di circa 1400 giri, il cui albero prolungato alle due estremità porta due cilindretti. Su questi vengono di volta in volta montati diversi anelli ciascuno della lunghezza di 30 mm.

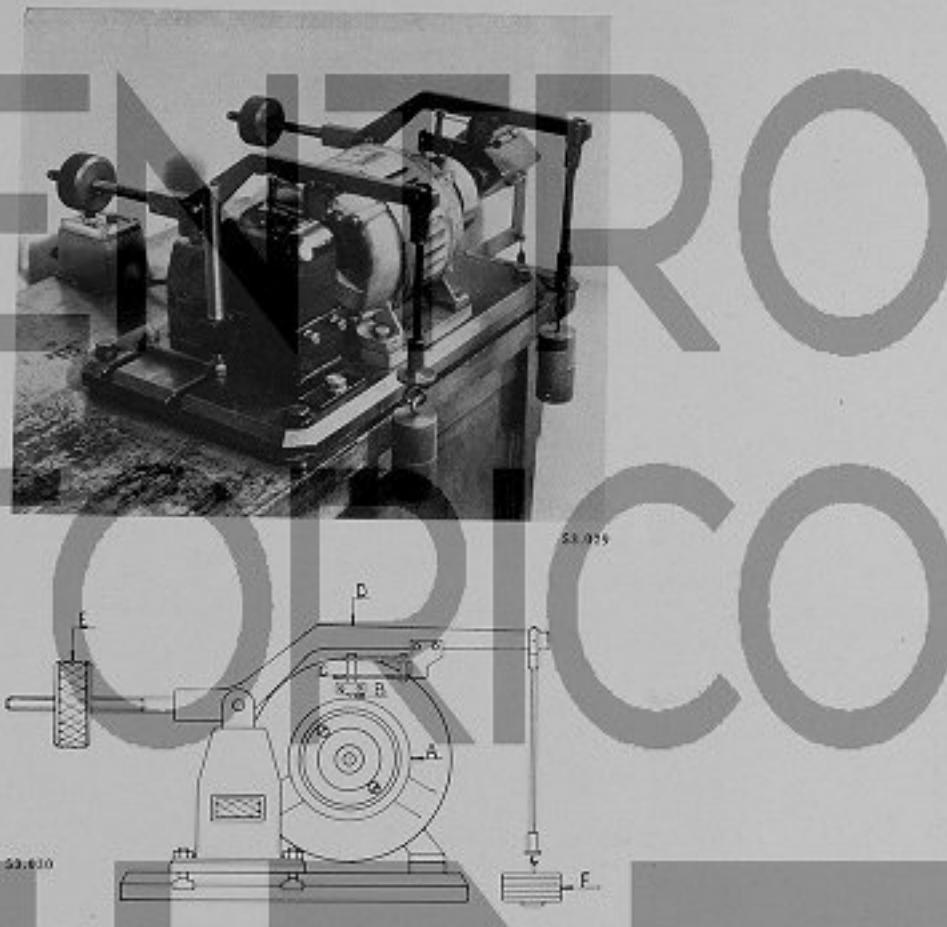


Fig. 16 - Macchinetta per le ricerche sull'usura dei materiali per camicie.

- A) Tamburo con anello di ghisa. L'anello costituisce la pista sulla quale scorre il ceppo B. Questo anello può essere utilizzato per parecchie prove successive.
- B) Ceppo costituito dai provini del materiale in esame. Dimensioni della superficie di usura mm 2 x 2.
- C) Bastegno smorzante delle vibrazioni.
- D) Leva per il sostegno dei provini e per l'applicazione del carico.
- E) Contrappeso di bilanciamento.
- F) Pesi per l'applicazione del carico.

Nella fotografia si nota anche il dispositivo per le prove con lubrificazione sia a temperatura ambiente che a caldo.

L'apparecchio da noi impiegato per le prove di usura dei materiali delle camicie è rappresentato nella fotografia e nello schema di fig. 16 e si basa come principio meccanico sul noto sistema del ceppo che sfrega contro un rullo rotante.

Costruttivamente tale apparecchio è formato da un

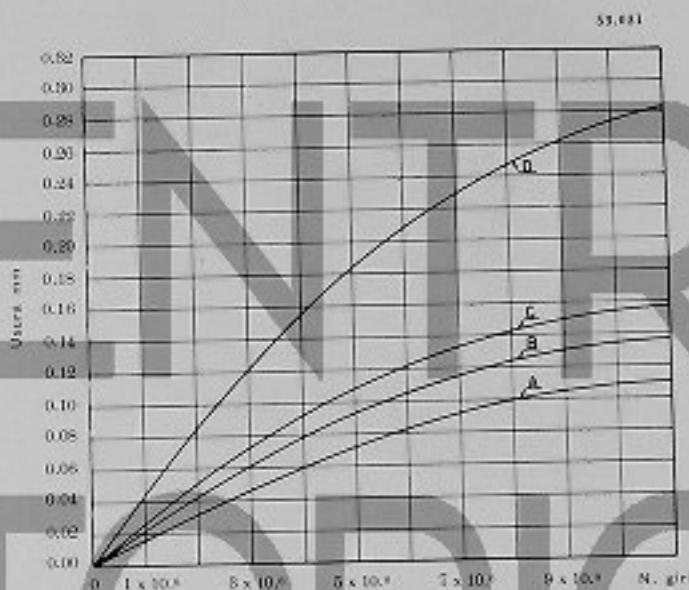
e diametro esterno di 100 mm, anelli che nel caso nostro sono per comodità costituiti dallo stesso materiale con cui fabbrichiamo le nostre fascie elastiche (ghisa perlitica di media resistenza).

Su questi anelli tenuti in rotazione dal motore elettrico appoggiano e vengono a strisciare durante il moto

i materiali in prova, cioè nel caso nostro i vari materiali da usarsi per la costruzione delle camice.

Ogni provino è sostenuto da una leva ed appoggia sull'anello rotante mediante un braccio elastico; la pres-

1) Prove di usura con attrito a secco - facendo cioè strisciare i provini fra di loro senza alcuna lubrificazione. I risultati sono in sperta contraddizione con quanto risulta dall'esperienza pratica di funzionamento sui motori.



Tipo	CARATTERISTICHE GHISE							Durezza Brinell
	C %	Si %	Mn %	P %	Ni %	Cr %	Mo %	
A	3,34	1,62	0,8	1	—	0,3	—	197
B	3,3	1,97	0,68	0,63	0,26	0,32	—	185
C	3,34	1,97	0,69	0,28	1,27	0,33	0,44	192
D	3,04	1,92	1,13	0,10	—	0,137	—	185

Fig. 17 - Curve di usura ottenute con la macchinetta di fig. 16.

Le prove si riferiscono a ghise: A) ad alto tenore di P, B) a medio tenore P, C) al Ni-Cr-Mo, D) ad una ghisa grigia perlittica. Sono state eseguite lubrificando i provini con olio nuovo al quale si è mescolato il 10% di residui di combustione prelevati dalle camice di un motore funzionante con olio Diesel di buona qualità.

Ghisa A - Tipo P₁-Cr di fig. 13 — Ghisa B - Tipo P₁-Cr di fig. 13 — Ghisa C - Tipo Ni-Cr-Mo di fig. 13.

sione di contatto è determinata da un sistema di contrappesi che ne permettono l'esatta dosatura. Dalla fotografia appare anche il dispositivo per eventuali prove a caldo.

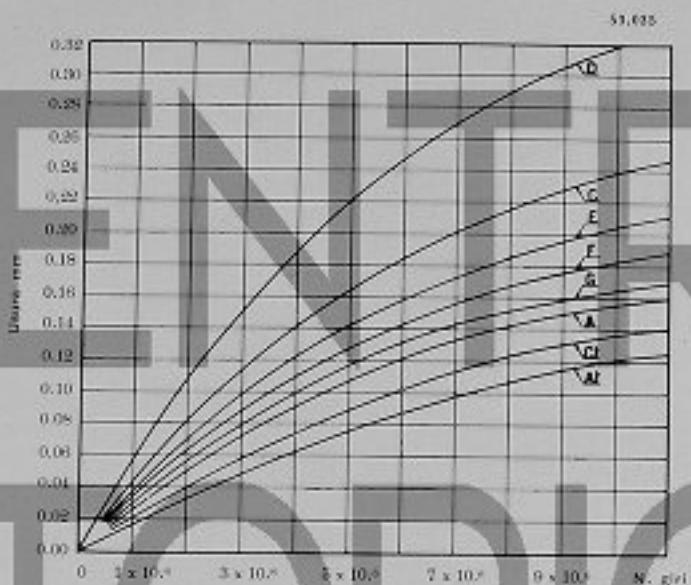
La superficie di contatto è di 2×2 mm, la pressione superficiale è di solito di 60 Kg/cm^2 .

Abbiamo eseguito con questo apparecchio le seguenti serie di prove:

2) Prove di usura con lubrificazione mediante olio nuovo. — Sono state eseguite numerosissime prove ed anche in queste condizioni i risultati ottenuti sono stati pure in palese contraddizione con quelli di esercizio. In particolare si sono comportate benissimo le ghise perlittiche di tipo normale, che invece in servizio si sono dimostrate di gran lunga inferiori ad altre, tanto da doverle a nostro avviso considerare non adoperabili.

3) Prove di usura con lubrificazione mediante olio mescolato alle morchie che si depositano sulle camicie e sugli stantuffi dei motori in esercizio. - Abbiamo avuto l'idea di cercare di riprodurre i fenomeni

stantuffi di motori funzionanti con diverse qualità di combustibile. Si è perciò provveduto a prelevare da nostri motori a due tempi i depositi che si raccolgono sulle pareti di separazione al di sotto delle camicie e sulle



COMPOSIZIONE CHIMICA								Durezza Beinell
Tipo	C %	Si %	Mn %	P %	Ni %	Cr %	Mo %	
A	3,34	1,62	0,8	1	—	0,3	—	197
A ₁	Simile alla A - Temperata e rivenuta							415
C	Simile alla ghisa C della fig. 17							195
C ₁	Uguale alla C - Temperata e rivenuta							500
D	3,04	1,92	1,13	0,10	—	0,137	—	185
E	Ghisa a graticcia steroidale - Temperata e rivenuta							390
F	2,45	2,40	0,86	0,59	14	2,81	Cu 6	183
G	Acciaio inossidabile							162

Le ghise A e D sono le stesse di fig. 17.

La ghisa C è della stessa qualità della C di fig. 17.

La ghisa A₁ senza tempera e rivenamento ha dato gli stessi valori di usura della A.

F - corrisponde ad una ghisa austenitica inossidabile.

Fig. 18 - Curve analoghe a quelle della fig. 17, ma ottenute con residui di peggior qualità. Sono stati provati 7 campioni di ghisa (vedi tabella) e uno di acciaio inossidabile. Notare come il miglior comportamento si sia avuto con una ghisa ad alto tenore di fosforo e bonificata.

meni fisico-chimici di usura quali si hanno effettivamente nei motori, aggiungendo artificialmente nell'olio di lubrificazione dei provini una certa percentuale delle morchie che si depositano nella parte bassa delle camicie e degli

camicie stesse in prossimità delle feritoie, e si è mescolato il 10% in peso di tali residui con olio dello stesso tipo usato per la lubrificazione delle camicie, nella presunzione che una simile miscela sia quella effettivamente

presente sulle pareti delle camicie durante l'effettivo funzionamento.

Dopo una laboriosa fase di messa a punto ci è stato possibile ottenere risultati sempre ripetibili nel tempo e da considerarsi quindi del tutto attendibili.

Questo metodo ha dato in generale dei risultati più che soddisfacenti, poiché dal punto di vista qualitativo non si sono mai avute delle contraddizioni fra i valori di laboratorio e quelli di esercizio e dal punto di vista quantitativo i consumi specifici di prova riferiti a 1000 ore di moto risultano nella maggioranza dei casi abbastanza vicini a quelli reali misurati sui motori.

Allo scopo di tracciare delle curve in cui si potessero anche fare delle estrapolazioni, abbiamo determinato in genere quattro valori di usura corrispondenti a quattro durate diverse, fino ad un massimo di circa 10×10^6 giri, pari a circa 120 ore di funzionamento effettivo dell'apparecchio.

Le prove sono state prolungate per un periodo così lungo anche per osservare l'andamento delle curve di usura nel tempo e valutare i limiti dell'eventuale periodo di adattamento. Come si vede nelle figure N. 17 e 18, i diagrammi mostrano un andamento nel tempo del tutto simile a quello che si rileva nelle camicie montate sui motori, e cioè un primo periodo a forte consumo specifico a cui fa seguito un secondo a consumo minore e costante.

Riportiamo qui di seguito gli elementi ricavati da due serie di prove eseguite con diversi materiali e con diversa origine dei mezzi corrosivi ed abrasivi:

a) La prima serie di prove è stata eseguita introducendo nell'olio impiegato il 10% di residui di combustione prelevati da camicie di un motore che bruciava olio Diesel di buona qualità:

— Densità 15°C	0.9 + 0.92
— Viscosità Engler a 50°C	1.3 + 3
— Potere cal. sup. Cal/Kg	10.600
— Conradson %	0.5 + 1
— Ceneri %	circa 0.004
— Zolfo %	0.4 + 0.8

Di fronte ad anelli costituiti da ghisa perlittica per fascie elastiche abbiamo provato campioni di ghisa per camicie aventi le caratteristiche riportate nella fig. 17.

Si tratta cioè rispettivamente di ghisa ad alto tenore

di fosforo, di ghisa a medio tenore di fosforo, con piccole percentuali di cromo e di nichel, di ghisa a basso tenore di fosforo al Ni-Cr-Mo e di ghisa grigia perlittica esente da fosforo.

I risultati dimostrano che in queste condizioni la ghisa all'1% di fosforo è la migliore e che rispetto ad essa gli altri tipi di ghisa manifestano in corrispondenza di 9×10^6 giri (vedi grafico fig. 17) usure superiori, precisamente del 24%, del 42% e del 150%.

I corrispondenti valori medi di usura in funzionamento di camicie fuse con ghise uguali ai provini esaminati confermano tali valori, in quanto si sono avuti nello stesso ordine aumenti rispettivamente dal 20 al 30% con la ghisa a medio tenore di fosforo, dal 40 al 70% con la ghisa al Ni-Cr-Mo e dal 100 al 300% con la ghisa perlittica normale.

b) Nella seconda serie di prove, vedi grafico fig. 18, abbiamo cercato di aggravare la situazione impiegando residui ricavati da un motore che bruciava olio Diesel più ricco di zolfo e di ceneri avendo le seguenti caratteristiche:

— Densità a 15°C	circa 0.865
— Visc. Engler a 50°C	1.2
— Pot. cal. sup. Cal/Kg	10.650
— Conradson %	1%
— Ceneri %	0.01%
— Zolfo %	1.6%

Infatti l'analisi dei residui aggiunti all'olio presentava rispetto ai residui della prova a) una maggiore acidità e una percentuale di zolfo praticamente doppia (3.72% contro 1.8%) e le camicie del motore su cui si era impiegato tale combustibile avevano a loro volta presentato in servizio un'usura più elevata rispetto a quella osservata sul motore ove si era usata invece la nafta della prova a).

Sempre impiegando come riferimento un anello di ghisa per fascie elastiche eguale alla precedente prova abbiamo provato otto diverse qualità di materiale.

Anche in questo caso la ghisa ad alto tenore di fosforo ha dato i risultati più soddisfacenti, specialmente nella variante bonificata e infatti nella nuova condizione di prova il trattamento termico ha permesso di compensare la maggiore azione abrasiva e corrosiva dando luogo ad un coefficiente di usura equivalente a quello della prova precedente. Un sensibile aumento percentuale

nell'usura si è avuto invece con la ghisa legata al Cr-Ni-Mo senza trattamento di bonifica, ghisa che evidentemente dimostra di non resistere bene come la precedente alla corrosione chimica.

E' stata fatta anche per curiosità una prova su un acciaio inossidabile, il quale si è dimostrato inferiore alla ghisa ad alto tenore di fosforo come del resto avviene per la ghisa austenitica inossidabile.

Noi pensiamo che questi primi risultati siano molto

interessanti in quanto sono concordi qualitativamente, e con discreta approssimazione anche quantitativamente, con i valori rilevabili nell'effettivo esercizio e quindi stiamo procedendo a numerose prove del genere allo scopo di raccogliere una vasta documentazione che ci consenta sia di sviluppare meglio le cause intime dell'usura delle camicie sia di portare nella pratica costruttiva quegli eventuali progressi nella scelta dei materiali che potranno derivare da queste esperienze comparative.

CENTRO CONCLUSIONE VI

Da questo rapido e purtroppo incompleto sguardo ai motivi, alle modalità, ai rimedi che rispettivamente, originano, si compiono e si cercano di adottare in quel complesso di fenomeni che provocano l'usura delle camicie, possiamo ragionevolmente trarre le seguenti conclusioni:

a) La conferma pratica e sperimentale dell'essere l'usura la conseguenza di un'azione combinata fisica e chimica, con una più sensibile azione chimica quando le nafta sono di cattiva qualità,

b) La conferma pratica e sperimentale dell'essere la maggior parte delle ghise generalmente raccomandate ed impiegate poco adatte alle condizioni di esercizio con nafta pesanti.

c) La conferma pratica e sperimentale che le ghise ad alto tenore in fosforo da noi correntemente usate sin dal 1924 siano le migliori come resistenza alla elevata usura combinata fisico-chimica, che si manifesta quando si usino nafta pesanti.

Queste ghise richiedono però particolari accorgimenti costruttivi nel disegno delle camicie, accorgimenti che non sempre possono venire applicati su qualunque motore.

d) Un sensibile ma non eccessivo aumento nell'usura passando, nello stesso motore, dai combustibili leggeri a quelli pesanti purché le camicie siano in ghisa al fosforo e purché il motore abbia delle caratteristiche

adatte all'impiego della nafta pesante e sia esercito con ragionevole competenza.

In questa ipotesi e con i combustibili attualmente sul mercato l'aumento dell'usura può mantenersi tra il 30 ed il 70 %.

e) Una certa discrepanza nell'usura, anche a parità di tipo di motore e apparentemente di tipo di combustibile pesante, dovuta a cause non sempre di facile valutazione (cattiva polverizzazione - sovraccarico temporaneo - raffreddamento eccessivo). Queste discrepanze possono qualche volta essere rilevanti, per esempio in ragione del doppio.

f) La convenienza di studiare altre composizioni di ghise altrettanto o meglio adatte della ghisa ad alto tenore di fosforo a resistere all'usura fisico-chimica e nello stesso tempo di più facile fusione e provviste di una maggiore resistenza meccanica.

g) La possibilità di ottenere mediante delle prove di laboratorio dei risultati di usura attendibili e paragonabili a quelli rilevabili nell'esercizio pratico.

h) Una certa cautela circa l'uso delle nafta mescolate (cioè delle miscele di oli pesanti e di oli leggeri) in quanto spesso queste miscele, se non esaltano, certamente non attenuano l'influenza negativa dei componenti nocivi contenuti nelle nafta pesanti.

Dott. Ing. GIUSEPPE SIMONETTI

LE MOTONAVI "ENOTRIA" E "MESSAPIA"

Con l'entrata in servizio della M/n « Enotria » nel Gennaio dello scorso anno e della « Messapia » alla fine dello stesso anno le linee celeri Italia-Mari del Mediterraneo orientale hanno ripreso, come nel periodo prebellico, la loro regolare periodicità.

dell'industriosa repubblica, e questa volta a testimoniarne la ripresa della nostra marina mercantile.

La M/n « Enotria », costruita dai Cantieri Ansaldo di Livorno, è in servizio di grande espresso sulla linea Adriatico-Tirreno ed Egitto-Libano; la M/n « Messapia »,

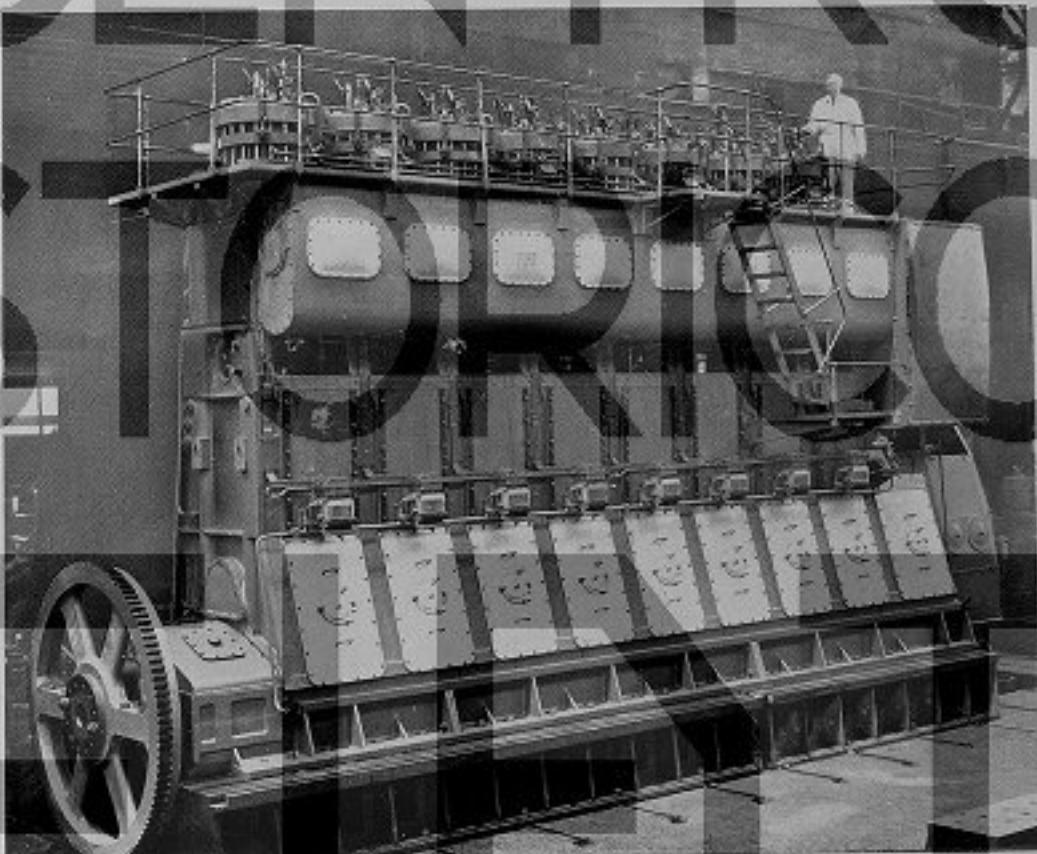


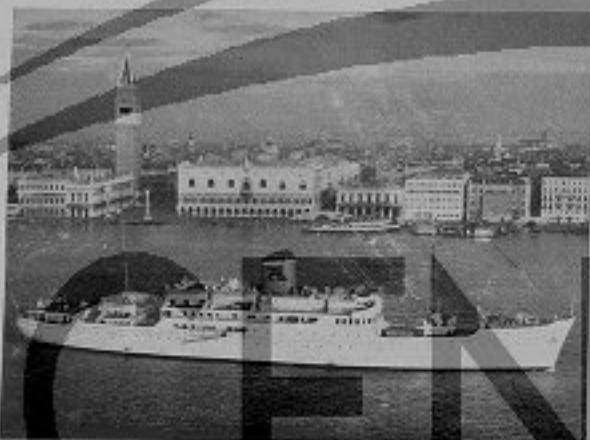
Fig. 1 - Uno dei motori principali sul banco di prova: ogni nave è fornita di due di questi motori.

Di nuovo queste navi portano nei Porti del Levante le tradizioni della Soc. Adriatica: tradizioni di signorilità, di gusto, di cura nei servizi per cui sempre sono andate famose e ricercate le navi con il segno del Leone di S. Marco.

Di nuovo il simbolo di Venezia marinara è ritornato in quei porti che già conobbero la grandezza ed i fasti

costruita dai Cantieri di Taranto, fa servizio celere sulla linea Adriatico-Grecia-Cipro-Israele.

Le due motonavi sono gemelle: entrambe sono lunghe 110 m, larghe 16 m, hanno un dislocamento a pieno carico di 6300 t, ed una stazza lorda di 5200 t. Una velocità massima di 19 nodi, perfetti ed aggiornati apparecchi per il controllo della navigazione, attrezzi-



53.059

La motonave "Messenia".



53.062

Una cabina di I classe.



53.066

La sala da pranzo di I classe.



53.064

Un vestibolo.



53.061

Una veranda.



53.053

La sala da pranzo di II classe.

rispondenti alle più recenti norme sulla sicurezza, garantiscono ai 280 passeggeri che ciascuna può ospitare divisi nelle tre classi, una traversata rapida e sicura. Si aggiunga che nei locali d'uso comune, dalla lussuosa veranda soggiorno di prima classe ai soggiorni delle altre classi, dalle varie sale da pranzo a quelle di scrittura e lettura, ai bar, ai vestiboli, l'architettura, le decorazioni, l'arredamento ispirati come sono a concetti di sobria eleganza, modernità e signorilità, contribuiscono a rendere la permanenza a bordo quanto mai piacevole. Tutte le cabine sono esterne, ben servite e confortevoli. Regola la temperatura nelle cabine e negli altri ambienti un impianto condizionatore per la circolazione forzata di aria calda e fredda.

Il crescente successo di queste navi è certamente motivo di soddisfazione per i tecnici della Soc. Adriatica che ne hanno studiato e seguita la costruzione e per i Cantieri che l'hanno così brillantemente realizzata.

* * *

L'apparato di propulsione è costituito da due motori Diesel, azionanti ciascuno direttamente la propria elica. Essi sono del nostro tipo A 528 T a due tempi, semplice effetto, direttamente reversibili: ogni motore sviluppa una potenza normale di 2450 Cv a 160 giri/l'. A questa prestazione corrisponde una pressione media effettiva moderata di 4,25 Kg/cm², e una bassa velocità media di stantuffo di 5,12 m/sec.

I motori sono costituiti da 8 cilindri aventi diametro 520 mm e corsa 960 mm e da una pompa a stantuffo per l'aria di lavaggio; sia questa che quelli sono del tipo con testa a croce.

Oltre alla pompa aria di lavaggio, sono azionate direttamente dal motore le pompe d'iniezione del combustibile. Sono invece a comando indipendente le pompe di servizio e cioè: la pompa circolazione acqua dolce, circolazione acqua salata, olio lubrificazione e raffreddamento stantuffi, alimentazione combustibile, circolazione acqua raffreddamento polverizzatori.

Questo tipo di motore, in esecuzioni di differente numero di cilindri, è stato largamente fornito in questo dopoguerra, tanto che a tutt'oggi risultano costruiti più di 150 cilindri.

Tra le principali sistemazioni eseguite ricordiamo: le quattro motonavi tipo « Zagreb » per la flotta mercantile jugoslava, ciascuna con un motore a 7 cilindri; le tre motonavi argentine tipo « Les Eclaireurs », ciascuna con due motori a 6 cilindri; le quattro motonavi norvegesi tipo « Erling Jarl » adibite al servizio costiero di passeggeri

e merci, ciascuna con un motore a 8 cilindri; la motocisterna « Esso Guyenne » e la bananiera « Esterel », rispettivamente a 6 e a 8 cilindri per la marina mercantile francese; le due motonavi gemelle « Maria Fausta G. » e « Maria Teresa G. » per la Società Gens di Palermo ed altre minori.

I motori di queste costruzioni, malgrado la potenza relativamente modesta, sono come già abbiamo detto a testa croce e hanno tutti la caratteristica di essere provvisti del diaframma di separazione tra i cilindri motori e la camera delle manovelle. Questo diaframma applicato sui nostri motori forniti di testa croce già sin dal 1922, elimina nel modo più completo ogni possibilità di inquinamento dell'olio lubrificante da parte dei residui della combustione ed è perciò uno dei fattori principali che permette nei nostri motori medi e grandi il normale impiego delle nafta da caldaia. Piace a tale proposito ricordare come quasi tutti gli altri costruttori europei abbiano recentemente adottato tale elemento costruttivo e come la loro pubblicità esalti questa nuova applicazione anche se fatta in modo meno completo e soddisfacente di quanto non sia stato fatto da noi da più di 30 anni.

Sui motori delle M/n « Enotria » e « Messapia », i più recenti del tipo 520, si è naturalmente tenuto conto dell'esperienza costruttiva e di esercizio dei precedenti motori dello stesso tipo e quindi si è apportato qualche minore variante costruttiva. Però sostanzialmente la macchina è quella delle costruzioni precedenti, già descritta più volte nel nostro Bollettino: unica innovazione degna di nota consiste nella semplificazione della manovra, effettuata con una leva unica di comando.

L'adozione della manovra pneumatica, introdotta in tutti i motori Fiat costruiti in questo dopoguerra, non aveva alterato lo schema classico dell'avviamento e fermo del motore, effettuato mediante due leve indipendenti, agenti ciascuna su metà cilindri, più una terza leva preseletrice del senso di rotazione.

Si trattava di un sistema che aveva dato buona prova ed era entrato nella pratica dei meccanisti, per cui una sua sostituzione, sia pure a scopo semplificativo, richiedeva un esame molto ponderato. In ogni caso la prudenza consigliava di andare per gradi. D'altra parte, la piena utilizzazione delle possibilità offerte dalla manovra pneumatica conduceva inevitabilmente alla leva unica per la manovra, ed esperimenti in tale senso erano stati subito compiuti, con esito soddisfacente.

Con il nuovo sistema, a leva unica, il posto di manovra, come aspetto, assume quello di fig. 3 mentre prima si presentava come in fig. 2.

Con il vecchio sistema, per avviare il motore in determinato senso occorreva compiere ordinatamente le seguenti operazioni:

a) prescelgere il senso di rotazione spostando opportunamente la leva centrale;

b) avviare il motore ad aria spostando sulla posizione « avviamento » entrambe le leve laterali;

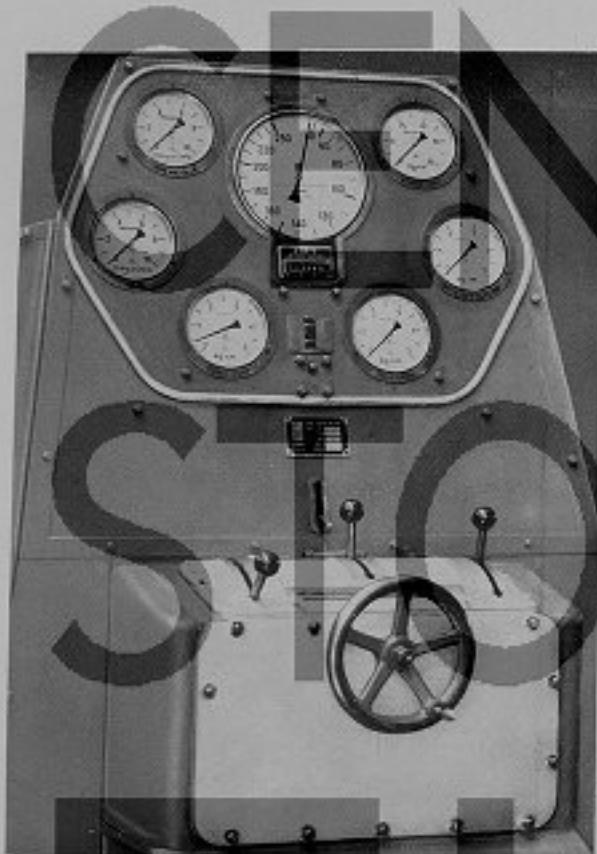


Fig. 2 - Manovra di tipo vecchio.

c) passare il motore a combustione spostando una dopo l'altra le due leve laterali nella posizione di « marcia ».

Con il nuovo sistema il senso di rotazione risulta automaticamente prescelto a seconda del senso di spostamento dell'unica leva, la quale dalla posizione di « fermo » viene portata, come prima, nella posizione « avviamento ». Con questo il motore viene avviato ad aria. Non appena esso, raggiunta la velocità di avviamento, ha cominciato ad « accendere » la leva viene passata a « marcia ».

La dosatura del combustibile è rimasta indipendente nei due casi ed effettuata mediante volantino che permette la regolazione micrometrica.

Con questo ultimo sistema si ritiene di avere raggiunto il massimo di semplicità, comodità e sicurezza di manovra e pertanto questo sistema viene ora introdotto in esecuzione normale.

L'apparato generatore per i servizi di bordo è costituito da quattro gruppi elettrogeni con motori tipo 255 E

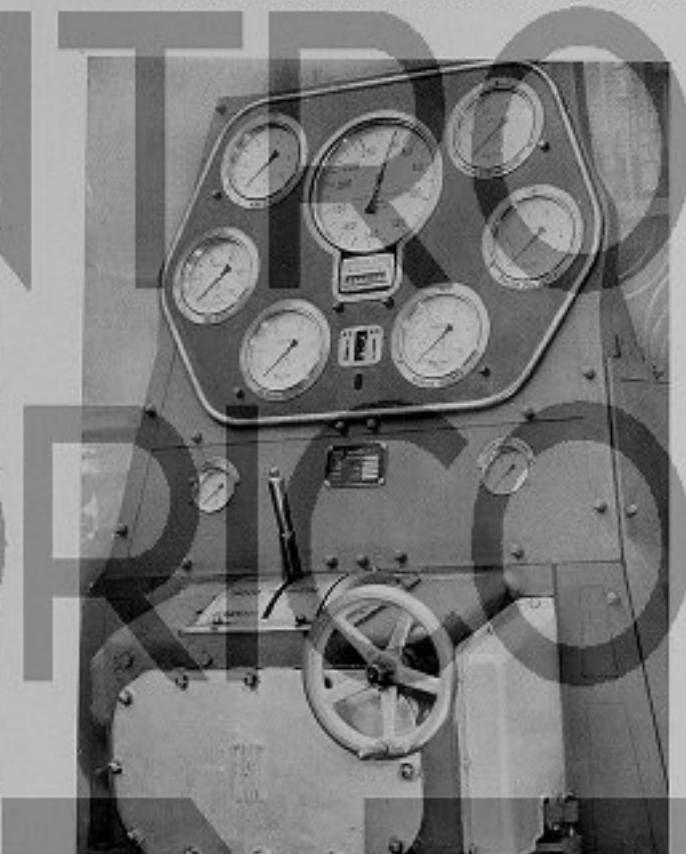


Fig. 3 - Manovra di costruzione attuale:
si noti l'estrema semplicità.

avendo le seguenti caratteristiche:

- ciclo: Diesel - 4 tempi
- cilindri: 5 con diametro di 250 mm,
corsa di 400 mm
- potenza normale: 275 Cv a 500 g/l.

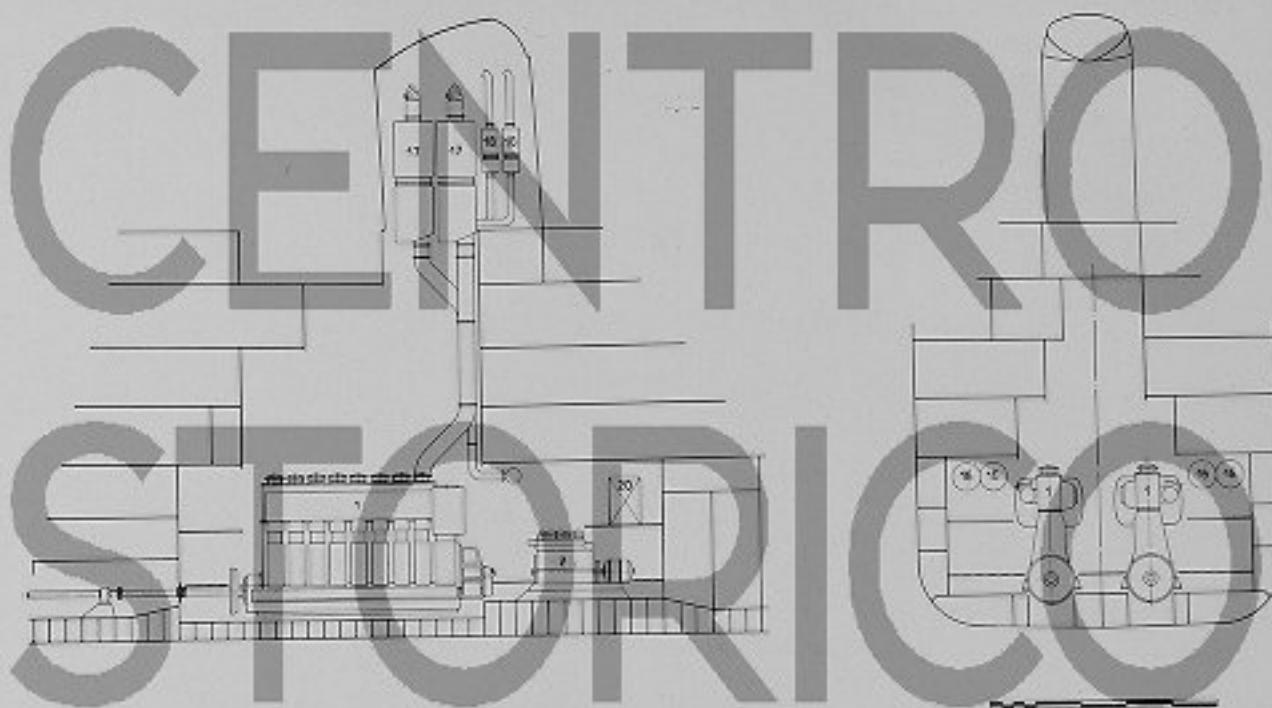
I lettori del nostro Bollettino riconosceranno che si tratta di motori di serie, costruiti per gruppi elettrogeni di bordo e terrestri, e già descritti in passato.

Il locale macchine si presenta come in fig. 4, spazioso e razionale.

Tutti gli ausiliari dei motori di propulsione sono a comando elettrico, ed anche i motori Diesel dei generatori comandano direttamente solo la rispettiva pompaolio lubrificazione.

Mezzi proponzialmente molto potenti sono adibiti alla

Le prove in mare hanno dimostrato la possibilità di raggiungere una velocità della nave di 17 nodi con 4900 Cv totali a circa 160 g/l dei motori, e di circa 19 nodi con 8000 Cv totali a circa 190 g/l dei motori, confermando pienamente i valori di progetto.



- 1 - Motori principali
- 2 - Gruppi elettrogeni
- 3 - Calderone
- 4 - Elettro-compressori aria avviamento
- 5 - Elettropompe acqua
- 6 - Elettropompe olio
- 7 - Refrigeranti acqua
- 8 - Refrigeranti olio
- 9 - Filtro olio
- 10 - Elettropompa sentina
- 11 - Elettropompa incendio
- 12 - Elettropompa zavorra
- 13 - Depuratori olio
- 14 - Deparzolati salma
- 15 - Pompa travaso nafta
- 16 - Serbatoi aria avviamento
- 17 - Silenziatori motori principali
- 18 - Silenziatori motori ausiliari
- 19 - Vibratori per motori principali
- 20 - Quadro elettrico
- 21 - Compressore per impianto refrigeranti
- 22 - Pompa circolazione acqua gruppi elettrogeni
- 23 - Refrigeranti acqua gruppi elettrogeni

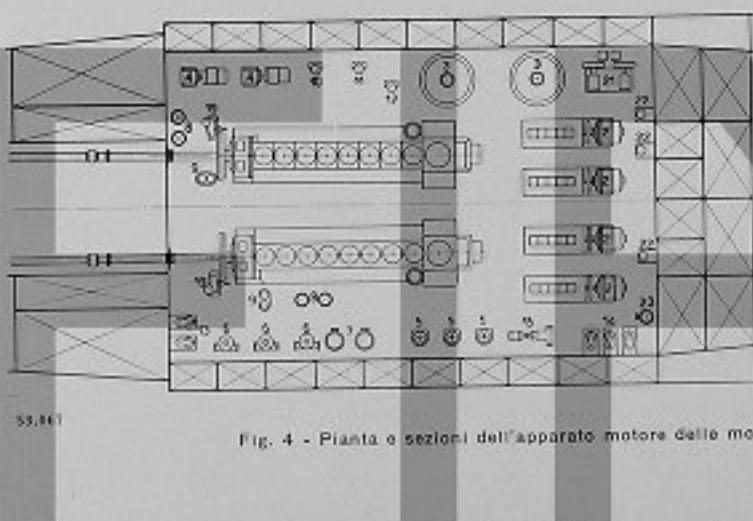


Fig. 4 - Pianta e sezioni dell'apparato motore delle motonavi "Enotria..." e "Mossopis..."

produzione di vapore e alla depurazione del combustibile, essendo previsto l'impiego di nafta da caldaia come combustibile normale.

Anche la centrale elettrica appare assai sviluppata e questo è una riprova dell'elevato « confort » della nave.

Lo stesso dicasi delle condizioni vibrazionali delle linee d'assi e dello scafo, in quanto le verifiche, che per entrambi i casi vengono da noi ormai eseguite sistematicamente, hanno confermato le tranquillizzanti previsioni di progetto.

CENTRO STORICO

F.I.T.



INCERSOLL

CANTIERI
SISTEMI
FRESCA

La grande frese-piatto, avente un bancale di 36 m e una tavola di 18 m, recentemente sistemata nella nostra officina.