

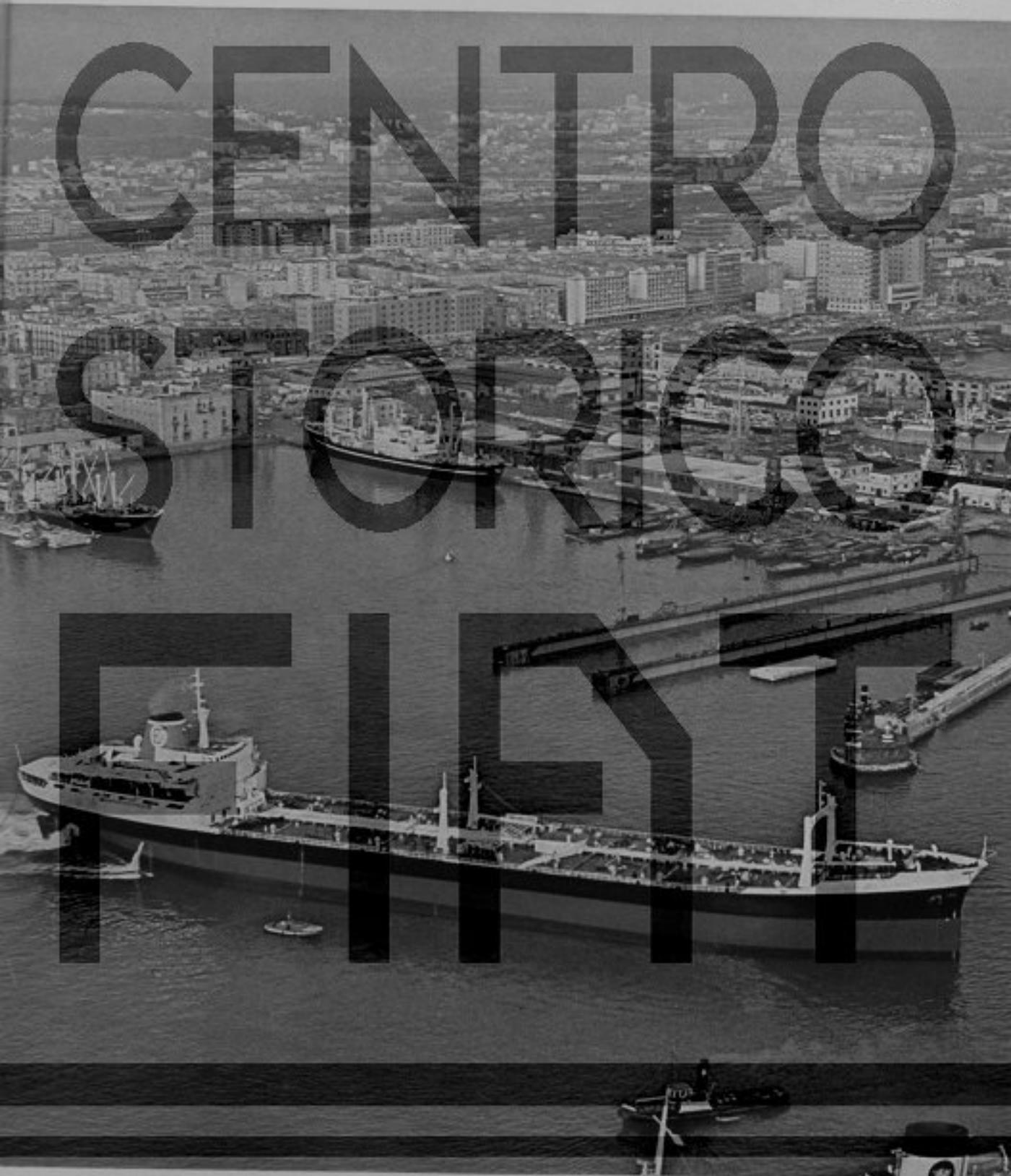
FIAT STABILIMENTO GRANDI MOTORI

BOLLETTINO TECNICO
VOL. XV - N. 4 - OTTOBRE-DICEMBRE 1962

CENTRO

STORICO

FIAT



Motori FIAT per le grandi navi

dott. ing. R. De Pieri Pag. 93

Considerazioni sul progetto di un motore
Diesel di grande potenza

dott. ing. A. Gregoretti Pag. 110

CENTRO STORICO FIAT



In copertina: La M/c "Raffaele Caliore" in partenza dal Porto di Napoli



CENTRO STORICO

Motori FIAT per le grandi navi

Nel corso dell'anno 1962 sono entrate in servizio varie grandi navi per trasporto di combustibili liquidi o per trasporto di materiale alla rinfusa (carbone, minerali), azionate da motori FIAT del tipo 900.

Alla data di questa pubblicazione sono in navigazione la M/c «Raffaele Cafiero» e n. 5 navi gemelle per carichi alla rinfusa («Edera», «Centaurò», «Maria Amelia Lollo Ghetti», «Gemini», «Mario Z.»); è stata varata ed è in corso di allestimento, sempre dello stesso gruppo di navi, la M/n «Galassia».

Questo cospicuo numero di navi di grandi dimensioni (la loro portata si aggira attorno alle 35 ÷ 40 000 t) e di notevole velocità (17 ÷ 18 nodi), costituisce una interessante testimonianza dei recenti indirizzi nelle costruzioni navali.

Il successo tecnico delle prime grandi navi da carico alla rinfusa messe in servizio alcuni anni or sono, ha portato a costruire con dimensioni sempre più elevate tutte quelle navi destinate al trasporto di carichi omogenei.

La tendenza verso costruzioni di navi con queste caratteristiche è giustificata non soltanto dall'economia nel costo di esercizio che esse consentono, ma ancor più dal fatto che i combustibili liquidi, carbone e minerali,

sono tipi di merce per la quale è in continuo crescente aumento la richiesta di trasporto per via mare, a differenza dei trasporti di merce varia che si mantengono praticamente stazionari.

Circa otto anni or sono ha avuto risonanza in Italia ed all'estero l'iniziativa del compianto Armatore Sen. Bibolini, per la costruzione di una serie omogenea di n. 6 navi per trasporto carbone e minerali, della portata utile di 16 000 t. Queste navi sono state descritte nel nostro Bollettino Tecnico n. 1-1956, in quanto tutte azionate da motori FIAT.

Oggi, navi destinate allo stesso servizio, come quelle che descriveremo nel presente articolo, hanno la portata più che raddoppiata ed una velocità aumentata di quasi il 20%. Né con questo si ritiene di aver raggiunto il limite massimo correntemente utilizzabile: navi di portata attorno alle 50 ÷ 60 000 t cominciano ad essere abbastanza frequenti almeno nel campo dei trasporti di combustibili, e qualche nave che supera le 100 000 t è già in navigazione.

La portata di queste grandi navi e la velocità notevole che ad esse viene richiesta, comporta potenze di apparati motori abbastanza elevate: potenze fra i 15 e i

20 000 Cv per le navi che potremmo chiamare più correnti (35 ÷ 50 000 t), e attorno ai 25 000 Cv per navi di dimensioni maggiori.

Fino ad alcuni anni addietro queste potenze erano ottenibili soltanto da apparati motori a vapore, essendo all'incirca di 15 000 Cv il limite di potenza dei motori Diesel disponibili. Sulla M.c. « Sicilmotor », descritta nel nostro Bollettino Tecnico n. 4-1958, è stato installato

Tutte queste macchine non hanno avuto, allora, seguito: le prime in quanto erano basate su programmi eccessivamente ambiziosi rispetto alla reale situazione della tecnica del tempo, le successive in quanto pur avendo dato servizio accettabile non hanno dato risultati migliori di quanto si poteva ottenere con cilindri più piccoli, del tutto sufficienti a coprire il campo di potenza richiesto. Il cilindro di grande potenza è diventato attualmente



Fig. 1 - La M.c. "Raffaele Calero" da 38 000 t.d.w. costruita nei Cantieri Navalmecanica di Castellammare di Stabia per la Società di Navigazione Elios di Palermo.

e funziona con ottimi risultati un motore FIAT a 12 cilindri di 750 mm di diametro per una potenza normale in quel tempo stabilita di 14 400 Cv e con potenza alle prove di 16 500 Cv.

Per soddisfare alle necessità di maggior potenza, tutti i costruttori europei di motori Diesel hanno messo allo studio ed hanno costruito motori aventi dimensioni di cilindri nettamente superiori ai 740 ÷ 780 mm di diametro fino allora correnti. I nuovi diametri sono stati compresi fra gli 840 e i 900 mm.

Motori aventi cilindri di queste dimensioni erano stati già costruiti in passato. Ricordiamo i motori sperimentali a doppio effetto costruiti nel periodo 1914 ÷ 1918 da Man e Krupp in Germania per la Marina Militare, e che avevano diametro di 850 e 875 mm, i primi motori a doppio effetto a 4 tempi costruiti da Burmeister & Wain con 840 mm di diametro, un cilindro sperimentale a doppio effetto costruito da noi con 850 mm di diametro ed alcuni motori a semplice effetto con diametro di 820 ÷ 900 mm messi in servizio prima dell'ultima guerra.

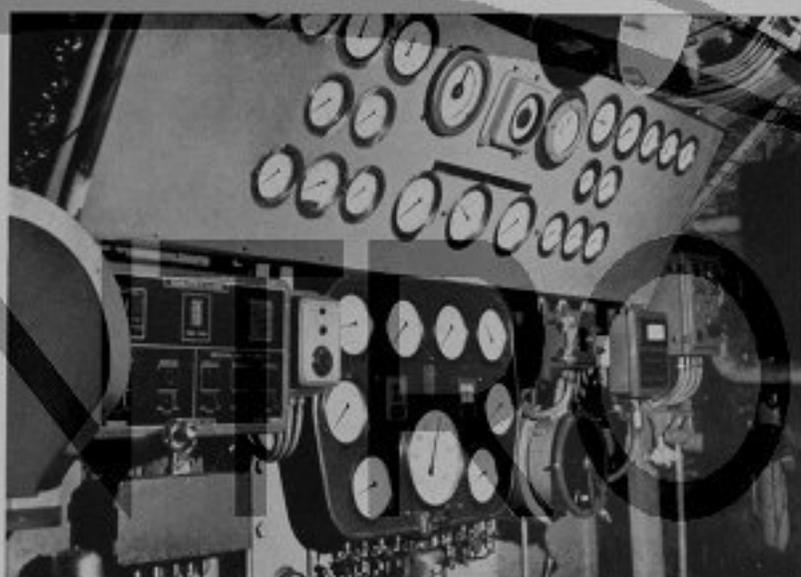
una necessità in quanto la tendenza verso le grandi e grandissime navi, ha richiesto potenze non realizzabili con cilindri di dimensioni minori.

D'altra parte, la richiesta di motori di maggior potenza



Fig. 2 - Il ponte di coperta della M.c. "Raffaele Calero" e le tubolature per il carico, visti dal ponte di comando.

Fig. 3 - Il quadro strumenti sul posto di manovra del motore di propulsione della M/c "Raffaele Calero..."



è venuta in un momento in cui i costruttori di motori Diesel, avendo messo a punto la sovralimentazione, ed avendo ottenuto da questa risultati forse superiori alle aspettative, si sentivano incoraggiati a prendere iniziative di notevole responsabilità. La costruzione di queste grandi macchine, secondo le dichiarazioni di tutti i costruttori, non ha dato luogo a particolari difficoltà: i motori si sono comportati bene alle prove in officina e anzi, nella maggior parte dei casi, le potenze previste all'atto del progetto sono state superate.

Sono oggi disponibili sul mercato in Europa e in Giappone, vari tipi di motore la cui potenza nominale per cilindro è dichiarata fra i 1800 e i 2300 Cv; parecchi di questi motori hanno superato in modo notevole, in prove dimostrative in officina, la potenza nominale di vendita, per quanto già maggiorata rispetto alle previsioni iniziali di progetto. È stata raggiunta ad esempio da noi e successivamente dalla Sulzer una punta massima di 3000 Cv/cil con motori aventi cilindri di 900 mm di diametro: noi abbiamo ottenuto, sempre in officina, nell'anno 1961 oltre 26000 Cv dal motore a 9 cilindri costruito per la M/c « Raffaele Calero », raggiungendo con questo, a quel tempo, un primato mondiale di potenza per motori Diesel.

La possibilità di raggiungere un elevato margine di sovraccarico può essere una conferma della bontà dei sistemi con cui il cilindro motore è alimentato di aria e di combustibile, e della capacità della macchina a sostenere senza inconvenienti, sia pure per periodi limitati,

sollecitazioni termiche e meccaniche notevolmente superiori a quelle per le quali essa è stata venduta. Un largo margine di sovraccarico può costituire elemento di fiducia per tutti quei costruttori che prima di mettere in servizio un motore di tipo nuovo, e venduto per prestazioni notevoli, hanno potuto assicurarsi che almeno in condizioni di prova il motore non presentasse difetti congeniti evidenti.

La disponibilità di motori Diesel adatti a soddisfare le esigenze delle grandi navi è stata molto bene accolta dagli armatori, i quali hanno visto nell'impiego del motore Diesel una possibilità di notevole economia di esercizio.

La quasi totalità delle grandi navi da carico messe in servizio prima del 1960 hanno dovuto ricorrere alle turbine a vapore, accettandone i consumi rilevanti di combustibile; consumi che d'altra parte in quell'epoca di noli elevati non pesavano in modo eccessivo sul bilancio economico della nave.

Il vantaggio economico del motore Diesel è risultato d'altra parte tanto più gradito agli armatori per le navi messe in servizio nel periodo attuale di bassi noli. La graduale messa in servizio di nuove motonavi e le condizioni del traffico hanno fatto sì che molte grandi navi a vapore, anche di costruzione recentissima, sono state messe in disarmo preferendo gli armatori e i noleggiatori impiegare navi azionate da motori Diesel.

Con questo le nuove costruzioni che vengono attualmente imposte sia pure, a causa della situazione dei

noli, in misura inferiore a quella degli anni passati, comportano una sempre maggiore prevalenza di navi azionate da motori Diesel. Questo non soltanto per navi di dimensioni come quelle qui considerate, ma anche per navi ancora più grandi. Citiamo ad esempio la nave dell'Armatore Cameli attualmente in costruzione presso i C.R.D.A., che con la sua portata di 87 400 t sarebbe, a quanto risulta, la più grande motonave attualmente in costruzione nel mondo. Questa nave sarà azionata da un motore FIAT 900 che con 12 cilindri darà una potenza superiore ai 25 000 Cv.

Ricordiamo che oltre alle navi qui descritte o citate, sono in ordinazione e in costruzione in Italia altre 14 grandi navi che saranno azionate da motori dello stesso tipo, con un totale di 180 cilindri e una potenza totale di ca. 378 000 Cv. Il tonnellaggio totale di queste navi sale a ca. 870 000 t.

Abbiamo dato con questo un largo panorama sulla posizione attuale delle grandi navi e dei loro apparati di propulsione. Daremo ora una descrizione delle navi azionate con motori FIAT tipo 900 attualmente in servizio.

La costruzione dei motori è stata già descritta nel Bollettino n. 2 - 1960 quando i primi di essi erano in corso di costruzione; un breve riassunto delle caratteristiche di queste macchine, la esposizione di alcuni dei problemi che si sono presentati e che hanno dovuto essere risolti nel corso del progetto e alcuni risultati di ricerca eseguiti durante le prove, sono successivamente riportati riproducendo la memoria che l'Ing. Gregoretta ha presentato al Congresso Internazionale dei Motori a Combustione tenutosi a Copenhagen nel giugno del corrente anno.

Con questo il Lettore avrà a disposizione in questo Bollettino un panorama completo delle navi e del loro apparato motore.

La M/c « Raffaele Cafiero ».

Il primo motore tipo 900 costruito nel nostro Stabilimento nella versione a 9 cilindri è stato installato sulla M/c « Raffaele Cafiero » da 38 000 t della « Elios » S. p. A. di Navigazione di Palermo, costruita nei Cantieri Navali « Navalmeccanica » di Castellammare di Stabia. Essa è una delle più grandi e più veloci navi cisterna realizzate in Italia, ha scafo a struttura longitudinale prevalentemente saldato e presenta le seguenti caratteristiche principali:

— lunghezza fuori tutto	210,50 m
— lunghezza fra le perpendicolari	197 »
— larghezza massima fuori ossatura	28,50 »
— altezza di costruzione	14,70 »
— altezza del cassero	3 »
— altezza del castello	2,50 + 3 »
— immersione dalla linea di costruzione al centro disco	11,07 »
— portata lorda corrispondente circa	38 500 t
— stazza lorda	24 500 »
— capacità netta delle cisterne da carico al 100%	48 000 m ³
— potenza nominale dell'A.M. a 122 giri/min	18 900 Cv
— velocità alle prove in mare con dislocamento corrispondente a $\frac{1}{2}$ carico	18,5 nodi
— capacità casse combustibile	2950 m ³
— capacità casse olio lubrificante	150 »
— capacità acqua lavanda ed alimento	400 »
— capacità acqua distillata	300 »
— capacità acqua potabile	80 »
— capacità acqua zavorra nelle casse di bilanciamento prodiera e govone di prora	900 »

La nave è stata costruita sotto la sorveglianza del RINA, del Lloyds Register e dell'American Bureau per il conseguimento della più alta classe relativa a navi per il trasporto di prodotti petroliferi alla rinfusa.

Lo scafo. - La parte poppiera della nave comporta lo spazio destinato al motore di propulsione e ai suoi ausiliari, all'impianto per produzione di energia elettrica, alle caldaie e pompe del carico.

Due paratie longitudinali e dodici trasversali suddividono il successivo spazio destinato al carico in 23 cisterne: 11 centrali e 12 laterali.

Una cisterna laterale per ciascun fianco ed una centrale non sono allacciate né alla tubolatura del carico né a quella di zavorra perché l'accurata analisi delle sollecitazioni nelle varie ipotesi di carico ha suggerito l'opportunità di lasciare, al centro nave, in corrispondenza delle cisterne, ampi spazi vuoti. Tale accorgimento ha permesso di realizzare una non trascurabile economia nel peso dello scafo.

La estremità prodiera della nave contiene fra l'altro un

piccolo locale dove sono sistemate pompe ausiliarie per servizio zavorra.

Le strutture sopraelevate per il comando della nave e i servizi relativi e per gli alloggiamenti dell'equipaggio, sono stati portati interamente a poppa dando così alla nave un aspetto prossimo a quello di molte recenti navi costruite per carichi solidi alla rinfusa.

La coperta, libera dalle sovrastrutture di centro e della passerella che furono, per lunghissimi anni, elementi caratteristici di tutte le navi cisterna, si presenta particolarmente ampia e spaziosa.

Due robusti paraonde, opportunamente disposti, difendono le sistemazioni previste sul ponte stesso.

Il timone, compensato nella sola parte inferiore, è incernierato ad una robusta pinna portante, perfettamente avviata allo scafo e ad esso robustamente collegata.

La macchina del timone è del tipo elettroidraulico a 4 torchi. E' capace di un momento di 75 t per metro ed è servita da 2 gruppi di elettropompe a portata variabile dei quali uno è di riserva all'altro.

Il servizio di imbarco e sbarco del carico viene effettuato a mezzo di 4 collettori in ghisa del diametro di 350 mm che si allacciano a 4 elettropompe centrifughe ad asse verticale della portata di 1000 m³/h alla prevalenza di 100 m.

Lo «stripping» è assicurato da due collettori del diametro di 200 mm, serviti da 2 elettropompe da 150 m³/h e 100 m di prevalenza.

Il riscaldamento del carico nelle cisterne viene effettuato a mezzo di tubi in ghisa alettati.

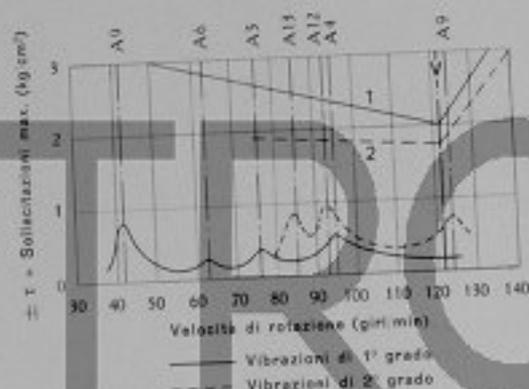
Da notare che 12 cisterne sono munite di protezione catodica a base di magnesio e otto ne sono sprovviste.

Il servizio zavorra e sentina è effettuato da 3 pompe: due elettriche, situate nel locale motore, con prevalenza di 30 m e portata rispettivamente di 100 e 40 m³/h, e da una pompa a vapore con portata di 100 m³/h e 60 m di prevalenza, sistemata nel locale di prora. Quest'ultima pompa può disimpegnare anche il servizio incendio al quale è pure destinata nel locale motore un'altra elettropompa della portata di 100 m³/h a 80 m di prevalenza.

Dal locale pompe, posto immediatamente a prora dell'apparato motore, si portano in coperta le tubolature del carico che corrono parallele all'asse nave sino al centro, dove si raccordano alle traverse destinate all'imbarco ed allo sbarco del carico stesso.

La manovra delle manichette (che trovano ottimo sgombero in un ampio casotto appositamente costruito a

prora delle citate traverse) può agevolmente effettuarsi mediante l'ausilio di 2 picchi da carico raccomandati a 2 colonne sagomate e serviti da 2 verricelli a vapore della portata di 5 t alla velocità di 120 giri/min.



- 1 - Limiti del Lloyd's Register per funzionamento continuo albero porta-elica
- 2 - Limiti del Lloyd's Register per funzionamento continuo albero motore

A - Ordine dell'armonica

V - Velocità di rotazione ad andatura normale - 122 giri/min

Fig. 4 - Vibrazioni torsionali di 1° e 2° grado della linea d'asse, rilevate sulla M/c "Raffaello Caliero"...

A prora altre due colonne sagomate, simili alle precedenti, sopportano 2 picchi destinati al servizio della stivetta prodiera che è munita di «trunk» ed è chiusa sul ponte del castello con portelli «Mc Gregor» tipo «Folding».

I boccaporti del carico sono di tipo cilindrico, hanno coperchio bombato, sopportato da traversa in acciaio fuso, mobile, a bandiera e di rapida apertura e chiusura a mezzo di volantino.

La nave è dotata dei più moderni e completi impianti per la navigazione: R.T., radiogoniometro, ecometro, solcometro, radar, girobussola e giropilota.

Un impianto di altoparlanti assicura le comunicazioni tra la plancia e i posti di manovra a prora e a poppa.

Un robusto salpancore a vapore serve le due ancore di posta e quella di speranza che trovano appropriato alloggio in altrettante nicchie ricavate a scafo.

Particolarmente curato risulta il servizio di ormeggio e tonneggio. Una coppia di verricelli autormeggianti è sistemata sul castello e completa l'attrezzatura del salpancore, una seconda coppia è ubicata in coperta e, infine, una terza è destinata a poppa unitamente ad un argano elettrico di tonneggio. I sei verricelli autormeggianti hanno la portata di 15 t e sono tutti a vapore, fatta eccezione per quelli di poppa che sono elettrici.

VISTA LONGITUDINALE



Castello di poppa

Ponte imbarcazioni

Tuga Comandante

Ponte di comando

Castello di prua

Ponte di coperta

SEZIONE
LONGITUDINALE
SALA MACCHINE

PIANTA SUL COPERTINO INFERIORE

MOTOCISTERNA "RAFFAELE CAFIERO"

PIANTA SUL PAGLIOLO

1 - Motore principale FIAT 909 S

2 - Vite

3 - Diesel-alternatore

4 - Turboalternatori

5 - Pompa acqua dolce e salata motore principale

6 - Pompa lubrificazioni motore principale

7 - Pompa alimentazione acqua calda griglia

8 - Filtro olio motore principale

9 - Pompa ultrafiltro olio

10 - Pompa circolazione acqua salata condenser del turboalternatore

11 - Pompa circolazione acqua salata condenser atmosferico

12 - Compressori e pompe circolazione

13 - Pompa travaso nafta

14 - Pompa servizio nafta

15 - Pompa servizio lavaggio interni

16 - Depuratore sentina

17 - Pompa acqua zeverre e sentina

18 - Pompa servizio antiscandalo sentina

19 - Pompa sentina Sala Macchine

20 - Pompa estrazione acqua distillata evaporatore

21 - Pompa estrazione sale da evaporatore

22 - Pompa raffreddamento polverizzatori

23 - Pompa travaso acqua distillata

24 - Pompa circolazione impianto frigorifero

25 - Pompe circolazione acqua salata

26 - Pompe acqua lavanda

27 - Pompe per servizi igienici

28 - Depuratori olio

29 - Depuratori nafta

30 - Rigeneratore olio lubrificazioni

31 - Pompe aspirazioni condensatore turbotrattore

32 - Quadro eccitazioni e compensazione statica

33 - Avvisatori pompe di carico

34 - Pompe residui scarico

35 - Pompa carico

36 - Pompa sentina

37 - Quadro elettrico principale

38 - Calzate

39 - Caldaia ricupero gas di scoppio

40 - Impianto alimentazione e servizio caldaia

41 - Impianto per "butlerworth"

42 - Serbatoi e pompe servizi igiolenatori

Particolare cura è stata posta nella sistemazione di tutte le attrezzature ed impianti destinati a salvaguardare la sicurezza dell'equipaggio e della nave. Il locale apparato motore è protetto da impianto a CO_2 e da sistemazione per spegnimento a vapore. Le cisterne possono rapidamente essere saturate con vapore ad esse direttamente addotto da apposita tubolatura indipendente.

Sono state sistemate n. 2 imbarcazioni di salvataggio, delle quali una a motore, servite da due coppie di gru del tipo a gravità.

numerose grandi navi con apparato motore a vapore, appunto per vibrazioni della parte poppiera dello scafo.

Il risultato pratico degli sforzi compiuti dal costruttore del motore e dal Cantiere agli effetti di progettare una robusta fondazione e di dare una conveniente struttura alla zona esterna della pave che è interessata alle azioni dinamiche dell'elica, è stato soddisfacente, come è stato testimoniato dai rilievi delle vibrazioni dello scafo e dal giudizio di tutte le persone che hanno partecipato alle prove in mare. A tal proposito il lettore potrà consultare l'interessante articolo



Fig. 5 - La M/A "Edera", costruita nel Cantiere Ansaldo Muggiano per la Società di Navigazione Aretusa di Palermo.

Come tutte le navi cisterna moderne, una cura notevole è stata posta nella disposizione e nell'arredamento degli alloggi per l'equipaggio; un impianto di condizionamento consente di mantenere in tutti gli alloggi, sale e mense, ottime condizioni ambientali; acqua calda e fredda sono a disposizione di tutto il personale.

Apparato motore. - L'apparato di propulsione è costituito da un motore a 9 cilindri aventi 900 mm di diametro e la corsa dello stantuffo di 1600 mm; la potenza nominale del motore è di 18900 Cv a velocità di circa 122 giri/min.

Si rimanda per la descrizione generale del motore e per informazioni sulle sue caratteristiche costruttive al seguente articolo pubblicato in questo Bollettino; daremo qui soltanto notizia di quanto possa considerarsi specifico di questa installazione.

Sono note le difficoltà a cui dà luogo la sistemazione di apparati motore di notevole potenza a poppa di una nave; e sono pure note le possibilità di vibrazioni indotte da queste sistemazioni per effetto dell'apparato motore e delle eliche. Notevoli difficoltà si sono incontrate su

pubblicato nel n. 2 - giugno 1962 della rivista germanica «Hansa», nel quale è riportata una ampia descrizione di questa nave corredata di una larga documentazione di disegni e di diagrammi.

Altro punto che ha dovuto essere debitamente considerato è la situazione torsionale dell'impianto, in generale difficile per apparati motori con linee d'assi corte. I risultati di prova hanno confermato l'ottimo comportamento del sistema che può ricavarsi dal diagramma di fig. 4.

Possiamo ricordare in relazione a questo che il motore aziona un'elica a 4 pale avente diametro di m 6,24, passo di m 4,90 e peso di circa 23 t.

I cilindri e le testate dei cilindri motore sono raffreddati ad acqua dolce per la cui circolazione è prevista una elettropompa della portata di 680 m³/h alla prevalenza di 20 m. Gli stantuffi motori sono raffreddati mediante olio, che serve anche per la lubrificazione dei movimenti della macchina e per questo sono previste tre elettropompe della portata di 280 m³/h ciascuna con prevalenza di 60 m.

Il raffreddamento dell'acqua dolce e dell'olio viene eseguito mediante un gruppo di refrigeranti entro cui

circola acqua di mare tramite una pompa di caratteristiche uguali a quelle della pompa per acqua dolce. L'acqua di mare è anche impiegata per il raffreddamento dell'aria di sovralimentazione. Una terza elettropompa uguale alle precedenti è disposta per riserva sia del servizio di acqua dolce che di quello di acqua di mare.

Pompe minori sono previste per servizi ausiliari del motore come raffreddamento dei polverizzatori, alimentazione del combustibile alle pompe di iniezione.

motore, segue nell'installazione i concetti tradizionali delle navi cisterna.

Un impianto di caldaie a fuoco diretto e una calderina ausiliaria inserita sullo scarico del motore principale producono il vapore sia per i servizi della nave sia per l'azionamento di macchinario e produzione di energia elettrica. Una parte del vapore è usata direttamente per i servizi di riscaldamento del carico, di lavaggio delle cisterne e le altre necessità della nave, nonché per l'azionamento di tutti quei macchinari di coperta e di



Fig. 6 - La M.M. "Centauro", costruita nel Cantiere Ansaldo Muggiano per la Società Italsider di Genova.

Particolare cura è stata posta negli impianti del combustibile e poiché il motore principale verrà normalmente alimentato con combustibile di qualità scadente, sono state disposte tutte le apparecchiature necessarie per la depurazione ed il riscaldamento.

Quattro depuratori, della portata di 4300 l/h ciascuno, servono per il combustibile; due altri depuratori di minore portata sono destinati alla depurazione dell'olio di lubrificazione.

Vi sono abbondanti riscaldatori per portare il combustibile alle temperature volute durante la depurazione e la iniezione nei cilindri. Riscaldatori e filtri, incluso un piccolo impianto di rigenerazione, sono stati applicati nel circuito dell'olio lubrificante.

Tre serbatoi di avviamento della capacità di 9 m³ alla pressione di 30 kg/cm² servono per l'avviamento del motore e sono alimentati da due elettrocompressori, atti a comprimere 400 m³/h di aria aspirata.

Macchinari ausiliari. - La disposizione del macchinario ausiliario e cioè di quanto è necessario per produrre energia per i diversi servizi della nave e dell'apparato

macchina che abbiamo precedentemente elencati e indicati come alimentati a vapore. Ricordiamo fra questi, varie pompe per i servizi di scalo, gli argani salpancore, i verricelli di ormeggio. Il vapore è utilizzato direttamente in tutte le apparecchiature occorrenti per il riscaldamento del combustibile destinato al motore principale.

Altra parte del vapore prodotto dall'impianto delle caldaie è trasformato in energia elettrica da due gruppi turboalternatori, e con questa energia vengono azionate le pompe del carico e le pompe necessarie al funzionamento del motore principale ed in genere tutti quegli altri macchinari o dispositivi che possono essere usati durante la navigazione.

In genere sono stati previsti per azionamento diretto a vapore tutti quei macchinari ed apparecchi la cui utilizzazione è richiesta durante il servizio in porto o manovra (ad eccezione delle pompe del carico), mentre sono a comando elettrico tutti quei macchinari il cui uso è prevalentemente richiesto durante la navigazione. La potenza assorbita da questi ultimi macchinari dovrebbe corrispondere all'incirca alla quantità di energia ottenibile dai turboalternatori utilizzando soltanto il vapore prodotto

VISTA LONGITUDINALE

Castello di prua

Ponte di comando

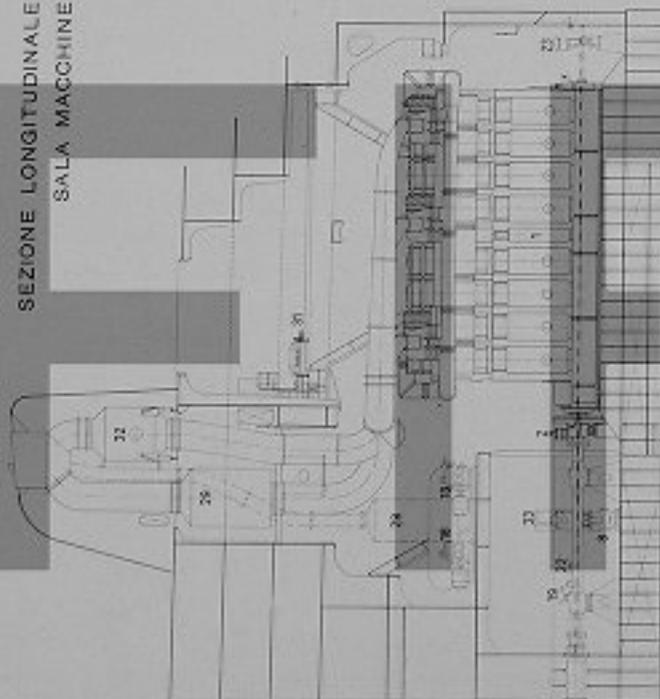
Tuga Comandante

Ponte imbarcazioni

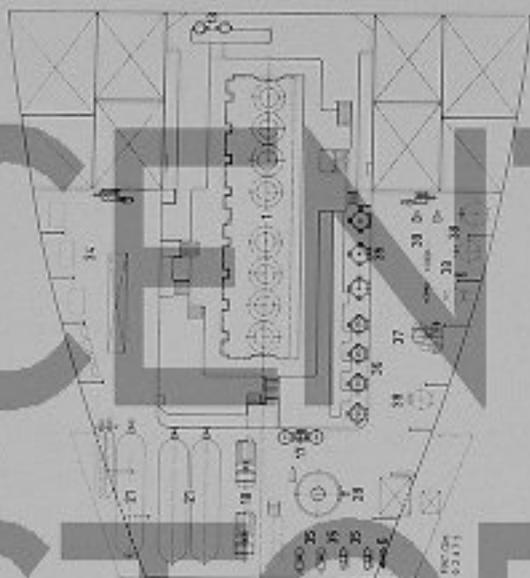
Cassero di poppa

Ponte di coperta



SEZIONE LONGITUDINALE
SALA MACCHINE441/66
424/75

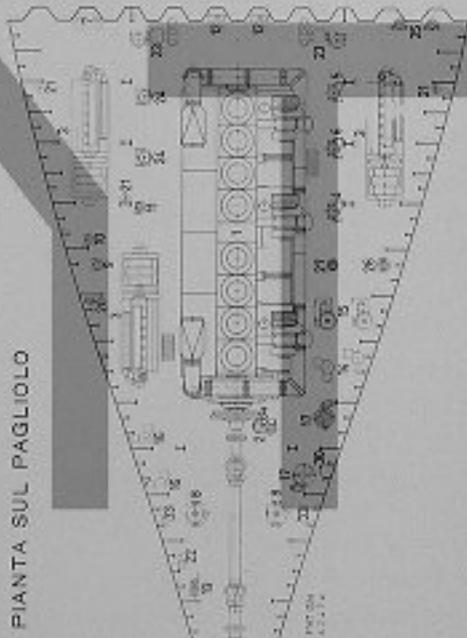
PIANTA SUL COPERTINO INFERIORE



MOTONAVE "CENTAURO"

- 1 - Motore principale FIAT 908 S
 2 - Virelone
 3 - Diesel-allargatori
 4 - Pompa circolazione acqua dolce
 5 - Pompa circolazione acqua salata
 6 - Pompa riserva acqua dolce e salata
 7 - Pompa acqua dolce polimerizzatori
 8 - Pompa circolazione olio lubrificazioni
 9 - Pompa acqua dolce Diesel alternatore
 10 - Pompa acqua salata Diesel alternatore
 11 - Pompa riserva acqua dolce e salata Diesel alternatore
 12 - Pompa alimentazione nella motore principale
 13 - Riscaldatori a vapore per natta alimentazione motore principale
 14 - Elettrodomestici nella
 15 - Elettroseparatori autopulitori natta
 16 - Elettroseparatori olio
 17 - Filtri olio
 18 - Compressori aria avviamento
 19 - Miscecompressore primo avviamento
 20 - Pompa raffreddamento compressori
 21 - Bombola aria avviamento
 22 - Elettropompa circolazione servizio cella ingegnere
 23 - Elettropompa zavorra a riserva circolazione motore principale
 24 - Elettropompa servizi e riserva zavorra
 25 - Pompa doppio drenaggio zavorra
 26 - Elettropompa imbarco e traversa natta
 27 - Elettropompa natta servizio generale
 28 - Calderina Ansaldo-Clarkson, a natta scarico
 29 - Calderina Ansaldo-Clarkson, a gas scarico
 30 - Evaporatore di trielina
 31 - Carro-piolo
 32 - Parancintille motore principale
 33 - Avviatori pompe olio
 34 - Trattori-motore, pannello autoconnessione e quadro elettrico
 35 - Elettropompa servizio calcinaria
 36 - Refrigeranti olio e acqua dolce
 37 - Evaporatore distillatore
 38 - Elettropompa e serbatoi servizio idrofori

PIANTA SUL PAGLIOLO



dalla caldaia alimentata dai gas di scarico; con questo i servizi ausiliari durante la navigazione dovrebbero risultare praticamente gratuiti agli effetti del consumo di combustibile.

Le caldaie a fuoco diretto dovrebbero essere tenute in opera soltanto quando occorre per i servizi delle cisterne, per le operazioni di arrivo e di partenza e durante le soste in porto.

L'apparato principale di produzione di vapore è costituito da due caldaie tipo Foster Wheeler costruite dall'Ansaldo, ciascuna capace di fornire 12000 kg/h di vapore surriscaldato a 350°C alla pressione di 19 kg/cm².

La caldaia a gas di scarico tipo Casighini dovrebbe produrre in navigazione 5000 kg/h di vapore surriscaldato a 204°C alla pressione di 9 kg/cm².

L'acqua destinata all'alimento delle caldaie e al servizio lavanda è prodotta da un impianto evaporatore distillatore capace di produrre 20 t in 24 h; tale impianto è stato fornito dalla SCAM ed evapora gratuitamente acqua di mare utilizzando quale fluido preriscaldatore l'acqua dolce che esce dai cilindri motori, e l'acqua di mare che si scarica dai refrigeranti olio e acqua dolce.

L'impianto elettrico della nave è a corrente alternata a 60 periodi, tensione 440 V per il macchinario principale; mediante trasformatori la tensione viene ridotta a 115 V per i servizi luce e i macchinari minori.

L'energia elettrica è fornita da due gruppi turboalternatori di costruzione Ansaldo, proporzionati in modo da poter essere alimentati contemporaneamente con vapore a caratteristiche diverse. Più precisamente essi possono essere alimentati dal vapore primario a 18 kg/cm² a 340°C prodotto dalle grandi caldaie, e da vapore secondario a 8 kg/cm² con 20°C di surriscaldamento prodotto dalle caldaie a gas di scarico, che viene immesso in corrispondenza della seconda ruota della turbina. La turbina funziona a 8000 giri/min.

La macchina elettrica produce 1300 KVA quando è alimentata dal vapore principale e 400 KVA quando è azionata dal vapore della caldaia a gas di scarico. Come detto sopra questa potenza dovrebbe essere sufficiente da sola al normale azionamento dei macchinari occorrenti durante la navigazione.

L'impianto di produzione di energia è completato con un gruppo elettrogeno della potenza di 440 KVA costituito da un motore Diesel di costruzione Ansaldo della potenza di 525 Cv a 400 giri/min.

Risultati di prova. - La nave è entrata in servizio nella primavera del corrente anno sviluppando alle prove, in condizione di mezzo carico, una velocità di 18,6 nodi, notevolmente in eccesso rispetto alle prescrizioni contrattuali. Completamente soddisfacente il comportamento del macchinario, e come detto avanti, i risultati dei rilievi di vibrazioni di scafo e di macchina.

M/n tipo « Edera ».

Al tempo stesso in cui veniva impostata la M/c « Raffaele Caliero », veniva iniziata la costruzione di una numerosa serie di navi gemelle per il carico alla rinfusa, e previste per trasporto di minerali di ferro e di carbone.

Come detto avanti, 5 di queste navi sono già in servizio ed una sesta è in allestimento. Sulle M/n « Edera » e « Gemini » sono stati installati motori FIAT 900 a 8 cilindri costruiti dallo Stabilimento Meccanico Ansaldo. Sulle M/n « Centauro », « Maria Amelia Lolli Ghetti », « Galassia » sono installati motori dello stesso tipo costruiti dal nostro Stabilimento mentre sulla M/n « Mario Z » è installato un motore uguale costruito dai Cantieri Riuniti dell'Adriatico.

L'« Edera » è stata costruita nel Cantiere di Muggiano per conto della Aretusa S.p.A. di Navigazione di Palermo; è stata varata il 2 luglio 1961 ed è entrata in servizio il 22 gennaio 1962.

La « Centauro », della Italsider S.p.A. di Genova, pure costruita nel Cantiere di Muggiano, è scesa in mare il 24 settembre 1961 ed è entrata in servizio il 18 giugno scorso.

La « Maria Amelia Lolli Ghetti » costruita nello stesso Cantiere per conto della Carbocoke S.p.A. di Navigazione, di Palermo, è stata varata il 14 aprile 1962, ed ha iniziato il servizio il 6 settembre.

La « Mario Z », che è stata costruita nel Cantiere di Monfalcone dei Cantieri Riuniti dell'Adriatico per conto della SASDA - Società Anonima Sarda di Armamento, di Cagliari, è stata varata il 29 ottobre 1961 ed ha iniziato il servizio il giorno 29 agosto 1962.

La « Gemini », costruita per conto della S. p. A. Sidermar di Genova, è stata ultimata nei Cantieri di Genova Sestri il 25 marzo scorso ed è entrata in servizio il 7 settembre 1962.

Notiamo che questa è stata la prima unità di grandi dimensioni realizzata in Italia la cui costruzione, anziché sugli scali tradizionali, è avvenuta entro un grande bacino

a secco (lunghezza 215 m, larghezza 36 m) che ha permesso di ultimare i lavori in meno di quattro mesi.

La costruzione in bacino della nave ha permesso, nonostante il brevissimo periodo di tempo, di spingere molto avanti l'allestimento, anche per le parti del motore principale, per cui l'entrata in servizio della nave potrà avvenire il 7 settembre scorso.

Una sesta unità, in tutto uguale alle precedenti, la M.N. «Galassia», che farà parte della flotta della Sidermar (che gestisce, com'è noto, tutte le unità costruite per conto della Italsider) è stata varata nel Cantiere Ansaldo di Muggiano il 24 settembre ed entrerà in servizio nei prossimi mesi.

Tutte queste navi sono state realizzate secondo schemi praticamente uguali e ripetono sostanzialmente l'impostazione di progetto delle navi della serie Capitani di Industria descritte nel nostro Bollettino Tecnico n. 1-1956, con una portata però più che raddoppiata. Esse sono oggi fra le maggiori e più veloci motonavi da carico alla rinfusa esistenti nel mondo.

Le principali caratteristiche sono le seguenti:

— lunghezza fuori tutto	205,90 m
— lunghezza al galleggiamento di pieno carico	197,30 »
— lunghezza dall'asse del timone alla perpendicolare AV	194 »
— larghezza massima fuori ossatura	28 »
— altezza dalla L. C. alla retta del baglio del ponte di coperta	15,70 »
— bolzone al centro	0,56 »
— immersione di pieno carico, dalla L. C. misurata sulla scala delle immersioni a mezza nave	10,45 »
— portata lorda corrispondente	32.650 t
— immersione di proporzionamento valida per gli Istituti di Classifica misurata dalla L. C.	10,95 m
— potenza nominale apparato motore	16.800 Cv
— velocità alle prove a metà carico con potenza dell'A. M. di 16.800 Cv asse a 122 giri/min	17 nodi

Queste navi sono state costruite sotto la speciale sorveglianza del Registro Italiano Navale, del Lloyd's Register of Shipping e dell'American Bureau of Shipping per il conseguimento della classe più alta relativa a bastimenti

destinati al trasporto di carichi alla rinfusa in navigazione di lungo corso. Hanno scafo metallico con cassero prodiero e poppiero, quattro ordini di tughe a poppa, prora inclinata in avanti e poppa arrotondata tipo incrociatore.

Il doppio fondo, il ponte di coperta fuori della linea delle boccaporte e le casse alte di murata sono state costruite col sistema longitudinale combinato con ossature rinforzate poste ad intervalli adeguati.

Le murate ed il ponte di coperta entro la linea delle boccaporte, sono state costruite col sistema trasversale, con ossature comuni intervallate ad ossature rinforzate, poste in corrispondenza di quelle delle casse alte e del doppio fondo.

Per i vari servizi del carico la nave dispone di: due picchi da 6 t di portata per il servizio di macchina, sistemati su due colonne; di due picchi per carico da 7 t sistemati su due colonne sul castello; di due picchi, anch'essi sistemati su due colonne, ognuno da 1 t di portata posti a poppa per il servizio di cambusa.

Le manovre di ormeggio e tonneggio sono assicurate: da un elettroverricello di tonneggio combinato col salpancore sistemato nel castello; da un elettroverricello di tonneggio e ormeggio sistemato nel cassero poppiero; da due elettroverricelli di ormeggio sistemati rispettivamente sul castello e sul cassero; da quattro elettroverricelli sistemati sul ponte di coperta che assolvono pure al servizio di apertura e chiusura dei coperchi «Mc Gregor» delle 6 boccaporte.

Le stive del carico sono ventilate naturalmente mediante colonne di altezza conveniente. Hanno anche ventilazione naturale, oltre alla meccanica, i depositi, la cambusa, le lavanderie, gli asciugatoi ed il locale agghiaccio.

Pure il locale dell'apparato motore, oltre alla ventilazione meccanica, gode della ventilazione naturale assicurata da 4 trombe a vento del diametro di 800 mm.

Dato il servizio pesante previsto per queste navi e la breve durata delle soste a terra, gli alloggi del personale sono stati curati in modo da rendere il soggiorno a bordo per quanto possibile confortevole. Sono previsti impianti di riscaldamento e ventilazione; gli impianti di condizionamento d'aria sono previsti soltanto per alcuni locali tenendo conto che le navi presteranno servizio in climi temperati.

L'apparato motore. - Come detto avanti l'apparato motore è installato a poppa ed è costituito da un motore principale FIAT avente 8 cilindri diametro 900 mm e



7 - La M/V "Gemini", della Società Sidermar di Genova, durante le prove in mare. Essa è stata costruita nei Cantieri Ansaldo di Genova Sestri.



8 - La M/V "Mario Z.", costruita nei Cantieri di Monfalcone del C.R.D.A., è in servizio della Società di Navigazione SASDA di Cagliari.

9 - Il ponte di coperta della "Gemini", visto dal ponte di comando.



Fig. 10 - La sala macchine della M.n. "Gemini",
con il motore FIAT 908 S.

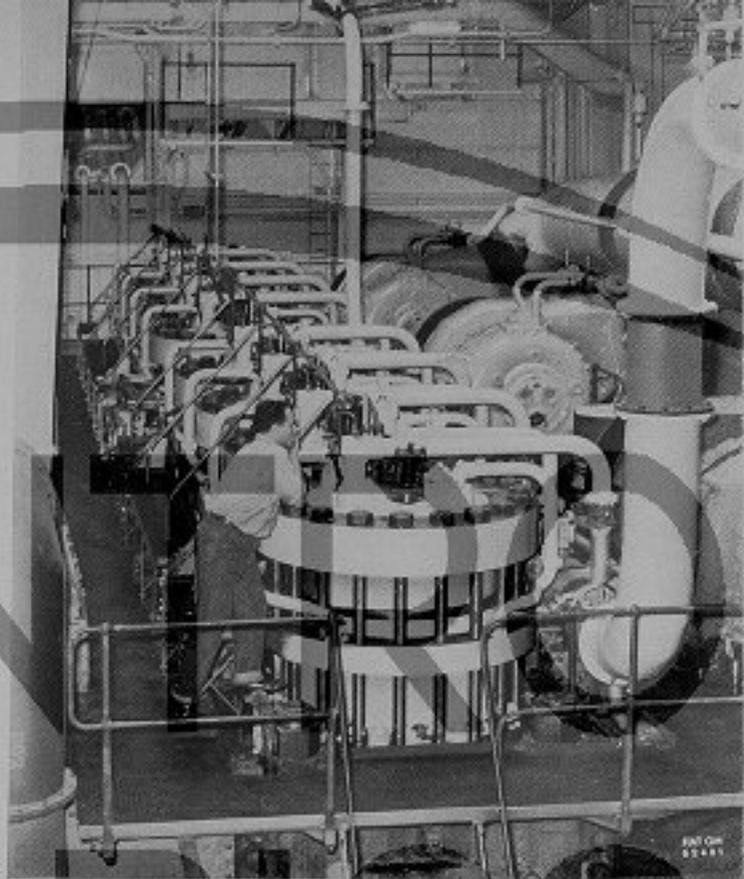
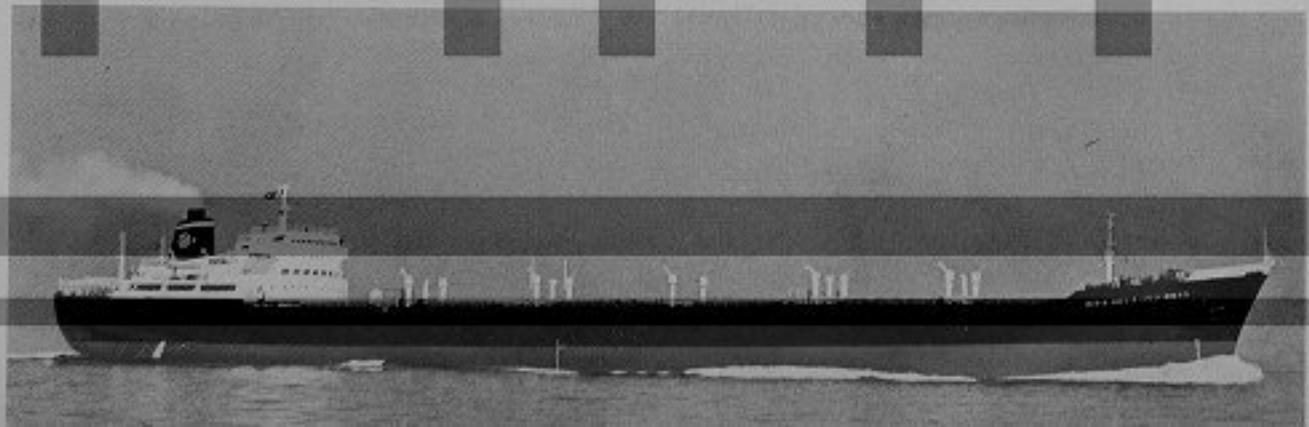


Fig. 11 - La M.n. "Galassia", della Società
Sidermar di Genova, dopo il varo. Anche
questa unità è stata costruita nel Cantiere
Ansaldo Muggiano.

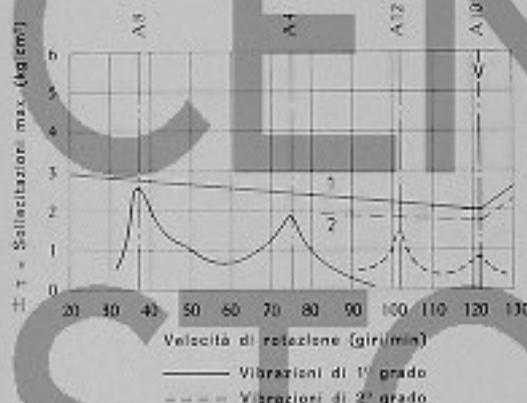


Fig. 12 - La M.n. "Maria Amelia
Lilli Ghetti", costruita nel Cantiere
Ansaldo Muggiano per la Società
Carbocoke di Palermo.



la corsa degli stantuffi di 1600 mm; la potenza nominale delle macchine è di 16.800 Cv/asse a 122 giri/min.

Mediante una breve linea d'assi della lunghezza di 19,27 m il motore aziona un'elica a 4 pale. Eliche di caratteristiche alquanto diverse sono state montate sulle differenti navi allo scopo di ottenere attraverso una sperimentazione diretta, indicazioni sull'elica di miglior rendimento e questa è risultata avere le dimensioni di 6,15 m di diametro e 4,725 m di passo.



- 1 - Limiti del Lloyd's Register per funzionamento continuo albero portaelica ($\varnothing = 572$ mm)
 2 - Limiti del Lloyd's Register per funzionamento continuo albero motore ($\varnothing = 700$ mm)

Fig. 13 - Vibrazioni torsionali di 1° e 2° grado della linea d'asse, rilevate sulla M/n « Edera »...

Valgono anche per queste navi le considerazioni fatte per la M/c « Cabero » circa i problemi conseguenti al bilanciamento del motore e alle reazioni dello scafo e della linea d'assi alle eccitazioni derivanti dal motore e dall'elica. I provvedimenti presi in sede di progetto sono stati riscontrati buoni, e la situazione torsionale è stata confermata buona, come risulta dal diagramma di fig. 13.

Le vibrazioni di scafo, rilevate sul ponte principale, sul ponte di comando e nella sala nautica, all'andatura di circa 120 giri/min e nelle condizioni di dislocamento delle prove in mare, sono risultate di ampiezza massima non superiore a $\pm 0,65$ mm; l'accelerazione massima è dell'ordine di circa 1/100 di quella di gravità e quindi notevolmente inferiore ai limiti generalmente ammessi.

Il macchinario ausiliario occorrente per il funzionamento dei motori principali è stato scelto secondo gli stessi criteri indicati nella precedente descrizione dell'apparato motore della M/c « Raffaele Cabero ».

Le pompe d'acqua sono anche qui 3 con 640 m³/h di portata e prevalenza totale di 20 m; una di queste

è destinata al servizio dell'acqua salata, un'altra al servizio dell'acqua dolce e una terza è destinata a riserva delle precedenti.

Vi sono due elettropompe per la circolazione dell'olio lubrificante, ognuna della capacità di 485 m³/h con prevalenza totale di 60 m.

L'impianto per i servizi del combustibile del motore principale e gruppi elettrogeni ausiliari comprende fra l'altro 4 depuratori centrifughi per depurazione del combustibile, ognuno avente la capacità di 8000 l/h quando lavorano con nafta leggera e che scende a circa 3000 l/h quando debbono lavorare con combustibile di cattiva qualità. Sono naturalmente previsti i necessari riscaldatori per la depurazione e per l'alimentazione del motore.

Il servizio di avviamento del motore principale comprende tre serbatoi per l'aria di avviamento aventi la capacità complessiva di 24 m³, alimentati da due elettropompe ognuna capace di aspirare 360 m³/h di aria e comprimerla a 30 kg/cm² di pressione. Due depuratori centrifughi delle stesse caratteristiche di quelli impiegati per la nafta sono installati per la depurazione dell'olio lubrificante.

Macchinari ausiliari. - Il particolare servizio di queste navi non richiede praticamente installazioni per l'imbarco e lo sbarco del carico che avviene in ogni caso mediante impianti portuali esterni alla nave.

Per questo gli impianti per la produzione di energia sono relativamente limitati specialmente se confrontati con quelli delle navi cisterna. Su queste navi sono stati installati tre gruppi elettrogeni azionati da motori Diesel della potenza ognuno di circa 1000 Cv. Questi azionano alternatori trifasi alla frequenza di 60 periodi e che danno corrente a 440 V. Appositi trasformatori riducono tale corrente a 115 V per i servizi luce e macchinari minori.

Per i gruppi elettrogeni sono stati adottati motori di costruzione Ansaldo su tutte le navi tranne sulla M/n « Maria Amelia Lolli Ghetti » su cui sono installati motori FIAT.

Questi ultimi motori sono a 4 tempi con 6 cilindri di 300 mm di diametro e 450 mm di corsa degli stantuffi, sono sovralimentati ad alta pressione con refrigerazione intermedia dell'aria di sovralimentazione, e danno, come detto sopra, una potenza di circa 1000 Cv a 450 giri/min.

Questo tipo di motore è stato largamente impiegato negli ultimi 10 anni per i servizi ausiliari a bordo di

grandi navi, nella versione ad aspirazione naturale per gruppi elettrogeni da circa 300 kW, a media sovralimentazione per gruppi elettrogeni da 450 kW, e ad alta sovralimentazione, come in questo caso, per gruppi elettrogeni da circa 600 kW. Di alcuni motori di questo tipo sono state date saltuariamente informazioni in precedenti Bollettini, e poiché essi hanno avuto notevole sviluppo tecnico ed industriale non soltanto nel campo degli ausiliari di bordo qui considerato, ma anche in quello della produzione di energia a terra e per impianti industriali, ci riserviamo di dare a suo tempo informazioni più dettagliate.

Tutte le navi da carico come quelle qui considerate, hanno sempre bisogno di una certa quantità di vapore sia per il riscaldamento degli alloggi che per altri servizi dell'equipaggio, ma ancor più per i riscaldamenti necessari per l'impiego di combustibili pesanti. Per questo scopo è installata nel locale di macchina una calderina a fuoco diretto avente una produzione normale di circa 1300 kg/h

di vapore saturo a 7 kg/cm^2 e sulle tubolature di scarico è inserita una calderina a gas di scarico che produce circa 700 kg/h di vapore saturo a 7 kg/cm^2 . Detta calderina può essere parzializzata o esclusa mediante azionamento di valvole opportunamente disposte. Queste calderine, il cui vapore è impiegato direttamente come sorgente di calore, utilizzano soltanto una modesta parte del calore disponibile nei gas di scarico.

Risultati di prova. - I risultati delle prove delle navi sono stati largamente soddisfacenti essendo stati in ogni caso superati, ed in qualche caso in modo notevole, le previsioni di velocità di 17 nodi a mezzo carico, dando il motore la potenza nominale di ca. 16.800 Cv. La velocità alle prove delle varie navi in queste condizioni è risultata variabile da 17,7 nodi a 18 nodi; le differenze riscontrate sono da attribuirsi come detto avanti alle differenti caratteristiche delle eliche impiegate. Ottimo il comportamento dello scafo e di tutto il macchinario.

STORICO

FIAT

Considerazioni sul progetto di un motore Diesel di grande potenza

dott. ing. A. Gregoretti

(Memoria presentata al Congresso CIMAC 1962 il cui Comitato Permanente ha concesso la pubblicazione)

Nella presente memoria vengono esposti i criteri in base ai quali la FIAT è giunta alla costruzione e alla successiva messa a punto del nuovo motore di grande potenza tipo 900 S.

Vengono in particolare riportati i risultati di ricerche e misure effettuate per la definizione degli organi maggiormente esposti alle sollecitazioni termiche e meccaniche.

Considerazioni vengono svolte circa i fenomeni vibrazionali interessanti i motori di grandi dimensioni ed i provvedimenti occorrenti per dominarli.

Infine si danno alcune notizie circa i criteri seguiti nel progetto della struttura saldata del basamento e dell'incastellatura del motore.

1) Premessa.

Da alcuni anni l'incremento verificatosi nel tonnellaggio unitario delle navi, specialmente cisterne e per trasporto minerali, ha portato alla richiesta di apparati motori di potenza sempre maggiore, oltre i 15 000 Cv e fino a 30 000 Cv circa. Questo campo era riservato, finora, quasi esclusivamente agli apparati motori con turbine a vapore, macchine che, nonostante i progressi realizzati negli ultimi tempi, hanno pur sempre un rendimento termico inferiore a quello dei motori Diesel. D'altra parte, le difficoltà economiche connesse alla situazione piuttosto depressa dei noli marittimi hanno spinto gli Armatori a chiedere, in questi ultimi anni, con maggior insistenza, apparati di propulsione di maggior rendimento.

Tutti i principali costruttori di motori Diesel hanno pertanto messo recentemente sul mercato unità con potenza per cilindro di circa 2000 Cv e oltre, in modo da poter realizzare, con un solo motore, apparati sempre più potenti. Anche la FIAT ha messo sul mercato un motore di grande potenza, il tipo 900 S, avente cilindri di 900 mm di diametro e 1600 mm di corsa degli stantuffi.

Nella fig. 1 è rappresentato il disegno delle sezioni trasversale e longitudinale del nuovo motore.

Come si può notare l'architettura principale della macchina non si discosta, nelle linee essenziali, da quella dei precedenti motori FIAT di grande diametro; fanno eccezione alcune particolarità costruttive che sono risultate conseguenti alle particolari esigenze di questa grande macchina e sulle quali ci soffermeremo in dettaglio più avanti.

Il nuovo motore è previsto per essere costruito con

numero di cilindri da 6 a 12. Nelle figg. 2 e 3 sono rappresentati l'ingombro e il basamento dell'unità più grande e cioè del motore a 12 cilindri che è attualmente in costruzione e sarà installato su una motocisterna da 87 000 t.d.w. circa, destinata ad un Armatore italiano. Questo motore è stato venduto per la potenza normale di 25 000 Cv a 122 giri/min. Le figg. 4 e 5 rappresentano invece, sul banco di prova, rispettivamente il motore a 9 cilindri costruito per una motocisterna da 38 000 t.d.w., e il motore a 8 cilindri di cui parecchie unità sono state costruite e sono in costruzione per navi trasporto minerali.

La costruzione dei motori definitivi è stata preceduta da quella di un motore sperimentale a due cilindri sul quale è stata effettuata la messa a punto della macchina totalizzando oltre 1500 ore di funzionamento e raggiungendo la potenza di 6116 Cv a 123 giri/min, cioè di oltre 3000 Cv per cilindro.

I dati più significativi ottenuti nelle prove in Officina sono riportati nel grafico della fig. 6; il raggiungimento della pressione media effettiva di 11 kg/cm² in corrispondenza della potenza massima di 3000 Cv per cilindro sono una conferma della buona impostazione del progetto.

Notizie dettagliate sulle prove effettuate sul motore sperimentale e sui motori a più cilindri successivamente costruiti sono state già rese note attraverso pubblicazioni comparse sulla stampa tecnica all'epoca in cui le prove stesse sono state eseguite. Nella presente memoria, verranno esposti i criteri che hanno portato alla definizione costruttiva del nuovo motore ed i risultati di studi e ricerche effettuati in proposito; verranno inoltre rapor-

tati in dettaglio i risultati di alcune misure, effettuate in laboratorio e sul motore in funzione, sugli organi più interessati alle sollecitazioni termiche e meccaniche che hanno portato alla messa a punto definitiva della macchina.

Impiego della nafta da caldaie.

La FIAT non ha avuto difficoltà in proposito ed anche per il nuovo motore tipo 900 ha mantenuto quelle caratteristiche costruttive che da anni rendono i suoi grandi

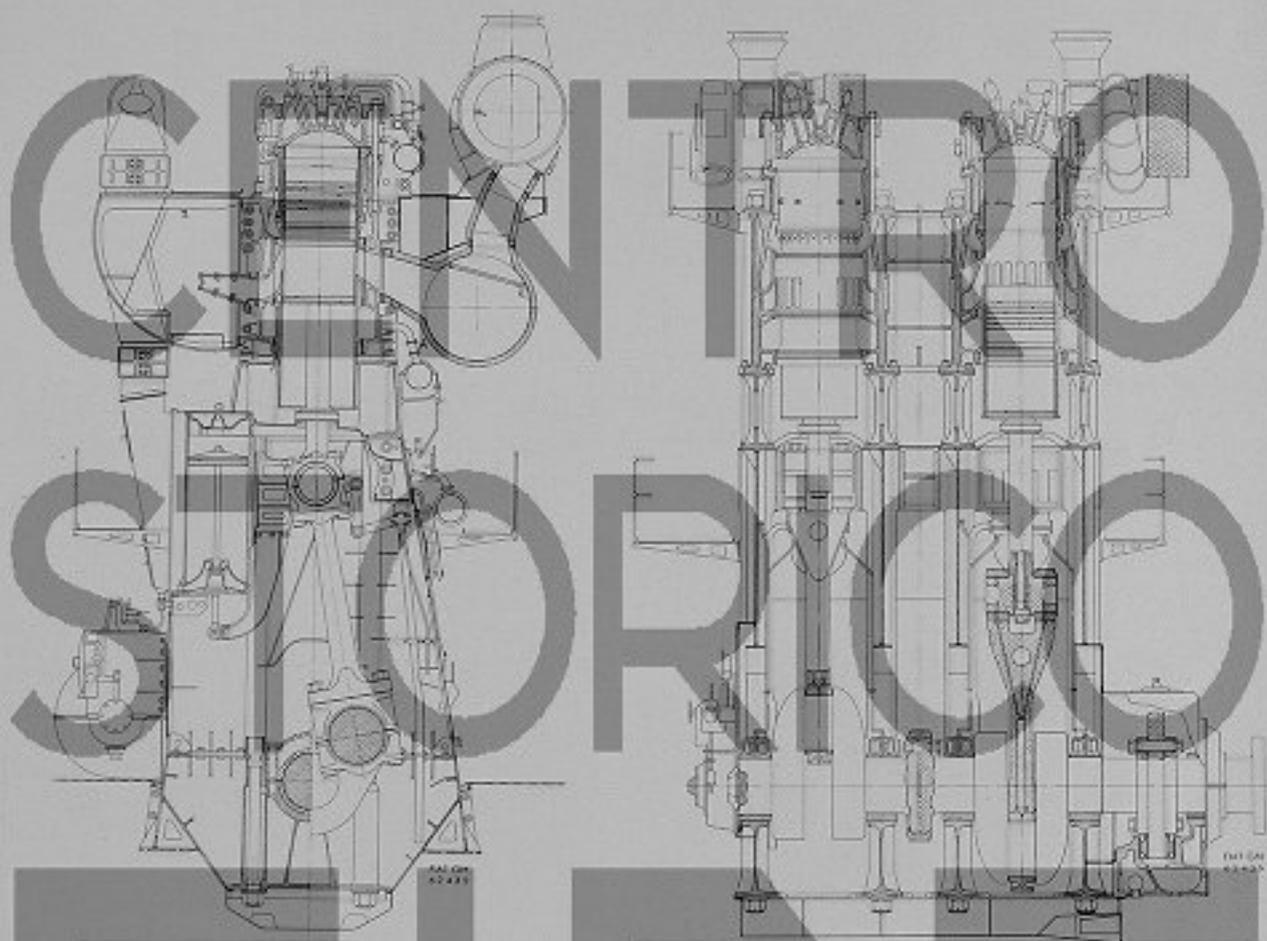


Fig. 1 - Il motore 900 S avente cilindri di 900 mm di diametro e corsa degli stantuffi di 1600 mm, che la FIAT ha realizzato per la propulsione delle grandi navi.

2) Criteri di impostazione del progetto.

I motori della potenza e dell'importanza di quelli in argomento devono innanzitutto soddisfare quelle che sono le ovvie esigenze dell'Armatore, il quale desidera, in sostanza, avere una macchina di ottimo rendimento, di grande sicurezza di funzionamento e di limitato costo di manutenzione. In primo luogo è necessario che il motore possa funzionare con il combustibile più a buon prezzo esistente sul mercato, e cioè con nafta da caldaie senza limitazione di qualità, uguale cioè a quella che viene impiegata negli apparati a vapore. E' ovvio, d'altra parte, che questo funzionamento deve essere completamente sicuro, senza richiedere lavori di manutenzione onerosi o soste in più di quelle occorrenti per le inderogabili esigenze dell'esercizio commerciale della nave.

motori adatti a bruciare il combustibile di tipo più scadente. Queste particolarità costruttive sono ormai ben note; si ritiene però opportuno riepilogare qui le più importanti perché esse serviranno a meglio comprendere quanto verrà detto più avanti in proposito. Esse sono:

- Diaframma di separazione all'aria aperta — quindi completamente accessibile, ispezionabile e pulibile con continuità durante il funzionamento — tra i cilindri motori e la camera delle manovelle. Questa soluzione dà, evidentemente, garanzia assoluta che i residui di combustione non scendano ad inquinare l'olio lubrificante provocando quelle avarie a tutti ben note — corrosione sui perni dell'albero a manovelle, incendi e scoppi nei collettori di lavaggio o nella camera manovelle — che, quando si manifestano, provocano

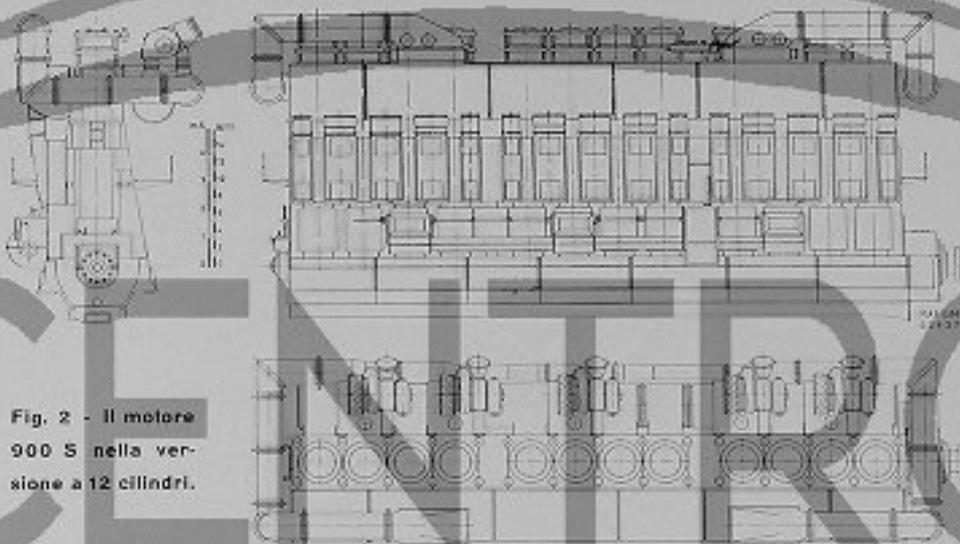


Fig. 2 - Il motore 900 S nella versione a 12 cilindri.

danni ingenti anche per l'immobilizzo della nave che generalmente ne deriva. Con il diaframma all'aperto la tenuta in corrispondenza del foro di passaggio dell'asta stantuffo resta semplificata in quanto non è soggetta a pressione. Nella fig. 7 è rappresentato il dettaglio di questo dispositivo quale è stato adottato nel nuovo motore tipo 900.

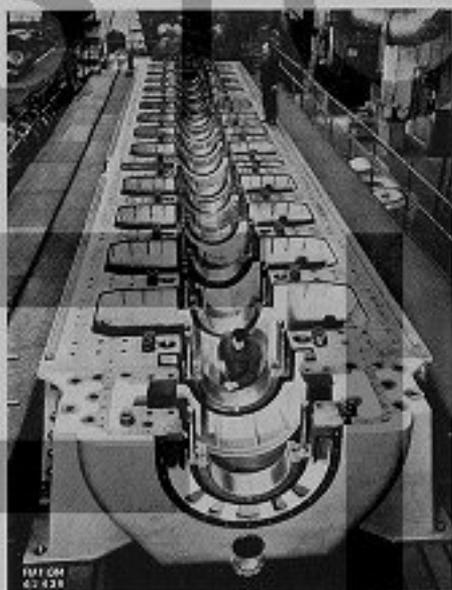


Fig. 3 - Il basamento del motore 900 S a 12 cilindri destinato ad una motocisterne da 87 000 t.d.w.

— Lavaggio « trasversale » con introduzione dell'aria nel cilindro e scarico dei gas combusti attraverso feritoie. Non vi è così sul percorso dei gas di scarico alcun organo in movimento, come valvole o cassette, la cui vita non sarebbe evidentemente facile al contatto con i gas caldi, contenenti prodotti corrosivi che si formano nella combustione delle nafte da cal-

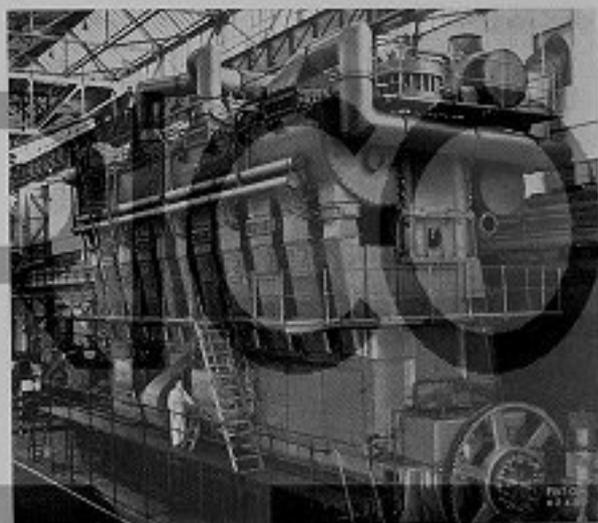


Fig. 4 - Il motore a 9 cilindri costruito per motocisterne da 38 000 e 45 000 t.d.w.

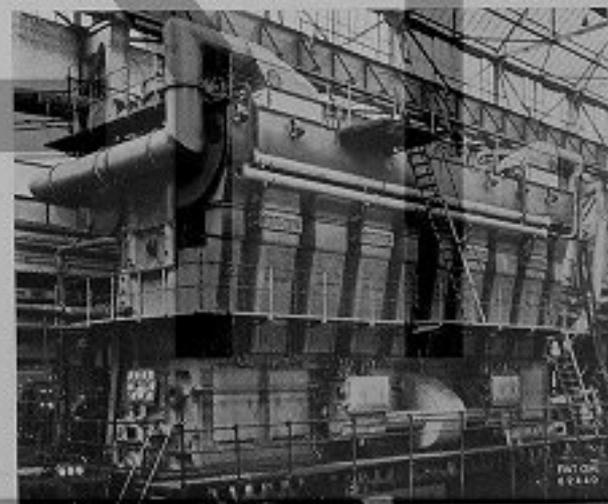


Fig. 5 - Il motore a 8 cilindri installato su numerose navi per trasporto minerali.

date dei tipi più scadenti. Le feritoie sono raffreddate mediante attiva circolazione d'acqua che favorisce, come è stato più volte riscontrato, il distacco di eventuali depositi carboniosi e oleosi quando questi hanno raggiunto una certa consistenza. Qualche dubbio si è avuto all'inizio circa la disuniformità di temperatura che il lavaggio del tipo trasversale può indurre in uno stantuffo di grandi dimensioni. Infatti, lo stantuffo funziona da un lato quale otturatore delle luci di lavaggio ed è quindi lambito da aria che è relativamente fredda, dal lato opposto agisce quale otturatore delle luci di scarico ed è quindi lambito da gas caldi. Le misure di temperatura, effettuate sul tipo di stantuffo adottato, hanno eliminato, come si vedrà più avanti, ogni dubbio in proposito.

Sovralimentazione con compressione dell'aria in due stadi, fig. 5, il primo ottenuto mediante turbosoffianti a gas di scarico alimentate da gas a pressione costante; il secondo realizzato mediante pompe aria a stantuffo incorporate nelle guide pattino dei cilindri motori. Questa soluzione, che forse è un po' più onerosa come costo iniziale rispetto ad altri sistemi oggi in uso, migliora però le condizioni di lavoro delle turbosoffianti. Infatti il rendimento delle turbine migliora in quanto esse sono alimentate con continuità da gas a pressione costante; e migliora pure il comportamento nei riguardi della corrosione delle palettature, in quanto queste sono attraversate da gas a temperatura relativamente bassa, alla quale i fenomeni corrosivi dovuti ai prodotti di combustione delle nafta da caldaie non si manifestano ancora. Occorre a tale proposito tener presente che per poter abolire le pompe aria di lavaggio o i dispositivi ad esse equivalenti, è necessario dare maggiore energia alle turbine, il che si ottiene soltanto anticipando notevolmente l'apertura dello scarico dei gas dal cilindro motore e alimentando le turbine ad impulsi di pressione. In questo modo, però, gli organi del motore e delle turbine a contatto con i gas di scarico lavorano a temperatura sensibilmente più alta. Con il mantenimento delle pompe aria volumetriche, inoltre, a tutte le andature, anche quelle minime, vi è sempre a disposizione del motore quel quantitativo d'aria che garantisce un'ottima combustione, senza residui carboniosi, della nafta da caldaie. Ne deriva che lo stantuffo e le camicie si mantengono in ottime condizioni di lavoro anche dopo molte migliaia di ore di funzionamento. Questa costanza di ottime condizioni di funzionamento nel tempo si traduce, evidentemente, in un minor consumo effettivo di combustibile nell'esercizio; ciò, in definitiva, compensa il rendimento globale leggermente inferiore che il sistema di alimentazione delle turbine a pressione costante può presentare rispetto al sistema ad impulsi di pressione. E' inoltre da ricordare che il collettore di scarico di

grandi dimensioni, caratteristico del sistema di alimentazione a pressione costante delle turbine, esercita un notevole effetto silenzioso sullo scarico, il che permette di risparmiare a bordo l'installazione di un silenziatore separato.

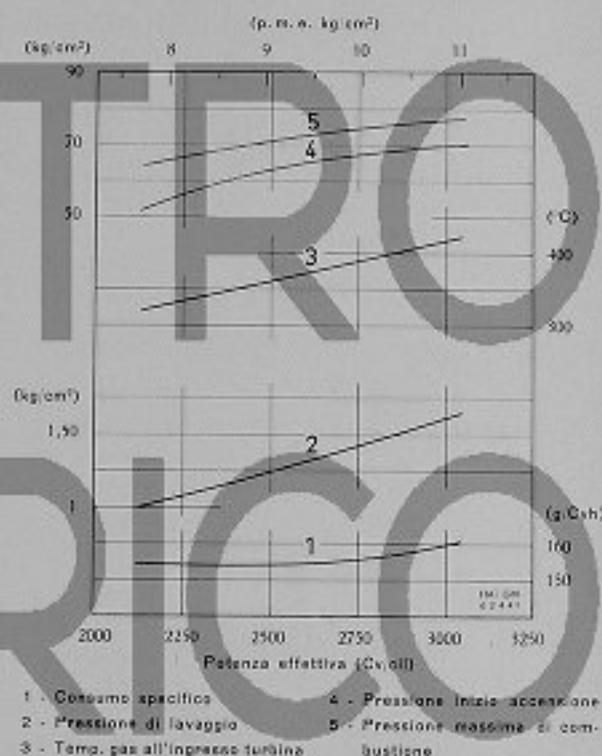


Fig. 6 - I dati più significativi ottenuti alle prove in officina durante le quali si è raggiunta la p.m.e. di 11 kg/cm² in corrispondenza della potenza massima di 3000 Cv/cil. I dati sono riferiti al funzionamento con velocità costante di 122 giri/min.

La sicurezza di funzionamento.

La sicurezza di funzionamento del motore e quindi di esercizio della nave è, evidentemente, un fattore di importanza fondamentale quando si consideri il valore della nave e del suo carico; il motore, con la sua forza

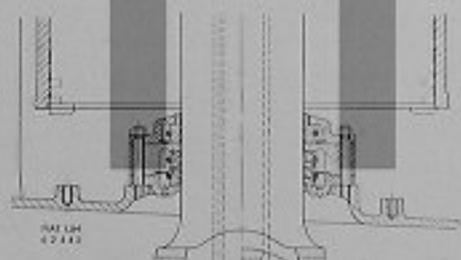


Fig. 7 - I diaframmi di separazione fra cilindri e camera della manovelle sono all'aria aperta e quindi completamente accessibili durante il funzionamento.

propulsiva, deve garantire il trasporto e l'arrivo a destinazione della nave nel tempo previsto anche nelle più avverse condizioni ambientali e di mare. L'alimentazione a pressione costante delle turbine dei gruppi di sovralimentazione rappresenta indubbiamente un fattore di sicurezza; infatti, essa, comportando l'adozione di un collettore di scarico molto grande, dove i gas hanno velocità relativamente

lizzazione a pressione costante, rendono evidentemente più remota la possibilità di eventuali avarie dovute a fenomeni vibratorii delle palette.

La presenza delle pompe aria volumetriche rappresenta un altro importante fattore di sicurezza; infatti, esse permettono al motore, anche in caso di avaria totale delle turbosoffianti di sovralimentazione, di sviluppare una potenza fino al 60 ÷ 70 % di quella massima e cioè praticamente quella che compete al motore senza sovralimentazione.

Facilità di manutenzione.

Per quanto riguarda la facilità di accesso ai diversi organi per le normali operazioni di manutenzione la FIAT ha adottato, anche per il nuovo motore, quelle particolarità e quegli accorgimenti costruttivi che derivano dalla sua ben nota esperienza in proposito, acquisita anche direttamente sui numerosi motori per i quali, da molti anni, stipula regolari contratti di manutenzione.

Le esigenze della manutenzione sono state tenute nella dovuta considerazione nel definire il tipo di materiale più conveniente agli effetti della durata del pezzo, nello stabilire la forma costruttiva che rende un determinato organo più facilmente accessibile ed ispezionabile, nel realizzare, infine, per gli organi soggetti più frequentemente a smontaggio, forma e peso tali da agevolare il sollevamento con i comuni mezzi di bordo.

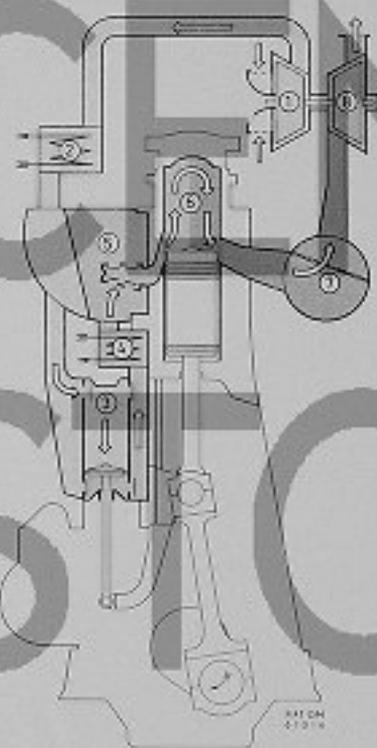
3) Alcuni problemi specifici.

Naturalmente nel progettare la nuova macchina di grande potenza si sono dovuti affrontare alcuni problemi sotto un punto di vista nuovo in quanto, come è noto, alcuni fenomeni non si svolgono nello stesso modo in motori geometricamente simili, ma aventi dimensioni notevolmente diverse; alcuni dei più caratteristici sono considerati qui di seguito:

Feritoie di lavaggio e scarico.

Il problema dell'ottenimento di una buona efficienza del lavaggio, strettamente legato alla disposizione e forma delle luci di lavaggio e scarico del cilindro, è ovviamente di fondamentale importanza. Esso è oggetto di continue ricerche e perfezionamenti da parte dei costruttori e costituisce, si può dire, il problema base per l'ottenimento di un elevato rendimento termico del motore a due tempi.

Le ricerche di questo tipo venivano effettuate, in passato, prevalentemente su modelli in scala ridotta, in un cilindro di plexiglas avente 500 mm di diametro; si era però notato che i risultati ottenuti su questi modelli non sempre trovavano rispondenza nel cilindro di vera grandezza. Per il nuovo motore di grande potenza la serie di prove su modelli in scala ridotta è stata completata



- | | |
|-------------------------------|---------------------------------|
| 1 - Compressore centrifugo | 5 - Collettore aria di lavaggio |
| 2 - Primo refrigerante aria | 6 - Cilindro motore |
| 3 - Pompa aria alternativa | 7 - Collettore gas di scarico |
| 4 - Secondo refrigerante aria | 8 - Turbina a gas di scarico |

Fig. 8 - La sovralimentazione con compressione dell'aria in due stadi è ottenuta mediante turbosoffianti a gas di scarico e pompe aria a stantuffo.

bassa, rende praticamente impossibile che corpi estranei, come, ad esempio, qualche pezzo di fascia elastica, vadano a finire nelle palettature delle turbine danneggiandole seriamente. Inoltre, le palette delle turbosoffianti alimentate a pressione costante risultano di altezza minore in quanto, per l'efflusso del gas resta disponibile la sezione completa del distributore; nel caso di turbine alimentate, invece, ad impulsi di pressione, dovendo alimentare una turbina con più cilindri, resta disponibile per lo scarico di ciascun cilindro soltanto un settore del distributore e quindi, per realizzare la sezione di efflusso occorrente, è necessario aumentare l'altezza delle palette. Palette turbina più corte e flusso continuo di gas, caratteristici, come abbiamo visto, del sistema di sovralimen-

con prove in scala più vicina alla reale utilizzando a tal fine un cilindro di un motore tipo 750 che è quello di dimensioni maggiori costruito in precedenza. La disposizione di prova è indicata in fig. 9. Come si noterà, la

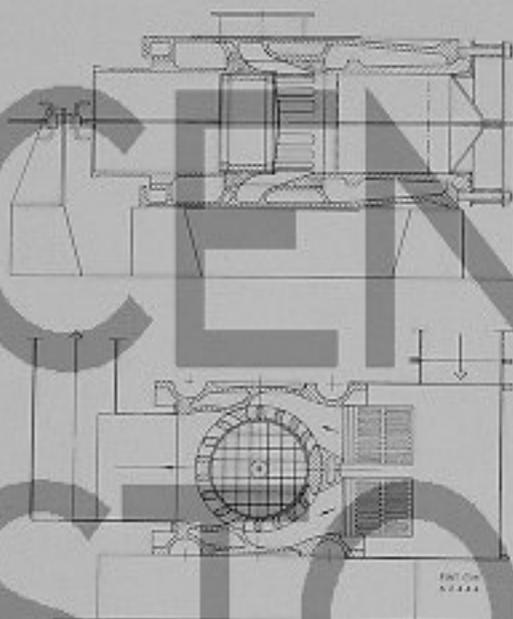


Fig. 9 - Le prove per la ricerca del miglior tipo di camicia sono state eseguite su un cilindro di 750 mm, sostituendo la parte centrale della camicia che porta le feritoie con un elemento in legno in modo da poter provare agevolmente diverse forme e disposizioni di feritoie.

parte centrale della camicia che porta le feritoie di lavaggio e scarico è stata sostituita con un elemento in legno facilmente sostituibile in modo da poter provare più agevolmente diverse forme e disposizioni di feritoie. L'andamento dei filetti fluidi veniva osservato attraverso un coperchio trasparente di plexiglas sistemato al posto della testata cilindro. La direzione dei filetti fluidi nelle diverse sezioni del cilindro veniva messa in evidenza mediante un diaframma di rete metallica a larghe maglie portante dei fiocchetti di lana.

Nelle prove, per ciascun modello di feritoie, si è preso quale elemento di giudizio oltre l'andamento dei filetti fluidi per diverse posizioni dello stantuffo anche la corrispondente portata di aria.

In base a queste prove sono stati costruiti due diversi tipi di camicie che sono stati provati in funzionamento reale sul motore sperimentale a due cilindri. È stato così scelto il tipo da adottare come definitivo.

Camera di combustione.

Un problema funzionale che è stato considerato attentamente fin dall'inizio è quello relativo alla camera di combustione. Con un adeguato proporzionamento dell'ap-

parato di iniezione si è riusciti ad adottare una camera con un unico polverizzatore centrale che è in definitiva la soluzione che dà i migliori risultati come è stato più volte riscontrato. Ad essa corrisponde la più uniforme distribuzione della temperatura sullo stantuffo e quindi anche delle sollecitazioni dovute alle dilatazioni termiche che ne conseguono. Inoltre, l'adozione di un polverizzatore unico, sistemato al centro della camera di combustione è anche vantaggiosa perché riduce al minimo l'effetto nocivo dell'inevitabile usura col tempo dei forellini. Infatti, i forellini, risultano tutti di ugual diametro e simmetricamente disposti attorno all'asse del pezzo, sono soggetti col tempo ad un'usura quasi uniforme e quindi la suddivisione del combustibile iniettato nei vari getti resta praticamente invariata anche dopo periodi di funzionamento molto lunghi.

Testata cilindro, testata stantuffo e camicia.

Nel progettare un motore di grande potenza occorre, ovviamente, considerare con particolare attenzione il proporzionamento degli organi delimitanti la camera di combustione e cioè: testata cilindro, testata stantuffo e camicia. Questi organi sono evidentemente soggetti a sollecitazioni di carattere termico e meccanico particolarmente gravose.

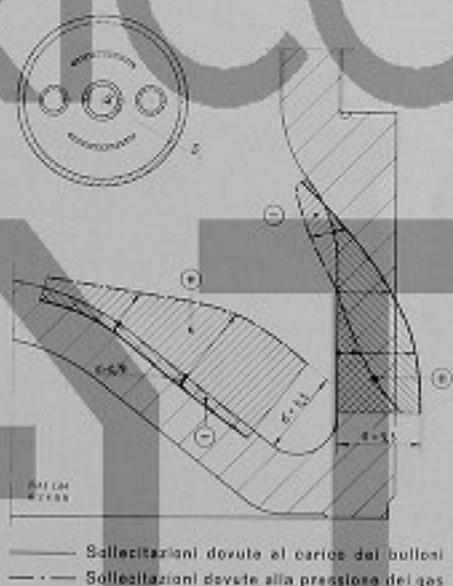


Fig. 10 - La distribuzione delle tensioni sulle testate dei cilindri, dovute all'azione dei bulloni e alla pressione massima di combustione.

Testata cilindro. - La testata è stata proporzionata tenendo essenzialmente conto dei tre tipi principali di azioni che la sollecitano, e cioè:

— sollecitazioni di origine termica, derivanti dalla differenza di dilatazione tra la parte inferiore che è più

calda in quanto prospiciente la camera di combustione, e quella superiore, più fredda:

- sollecitazioni statiche, dovute all'azione delle forze applicate alla testata dai bulloni che la fissano al cilindro;
- sollecitazioni dinamiche, dovute all'azione della pressione del gas sulla parte delimitante la camera di combustione.

Per ridurre e praticamente eliminare dalla parte centrale le sollecitazioni di flessione derivanti dalla chiusura del cilindro, la testata è stata divisa in due parti: una inferiore, costituente la testata vera e propria, ed una superiore, a forma di anello, che funge semplicemente da intermediario tra i bulloni di chiusura e la parte centrale. La distribuzione della tensione nella parte centrale è stata controllata mediante strain-gages ed i risultati delle misure sono riportati nella fig. 10. Come si vede, con la costruzione ad anello, le sollecitazioni di trazione dovute all'azione dei bulloni di chiusura sono risultate molto basse; quelle dovute all'azione della pressione massima di combustione non superano i 6 kg/mm^2 .

Il proporzionamento dei bulloni di chiusura della testata del cilindro rappresenta, come è noto, un compromesso tra le due opposte esigenze: la prima è quella di ridurre al minimo le sovrassollecitazioni statiche dovute alle dilata-

zioni e che richiederebbe bulloni molto elastici; la seconda è quella di avere una buona tenuta in corrispondenza del piano di unione tra testata e camicia che richiederebbe, invece, bulloni relativamente rigidi per ridurre al minimo la sollecitazione dinamica nella guarnizione, dovuta alla pressione del gas nel cilindro. Il proporzionamento adottato si è rivelato buono; le misura-

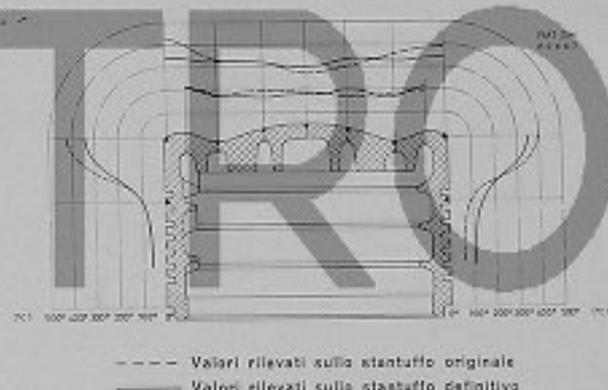


Fig. 12 - L'andamento delle temperature nei diversi punti dello stantuffo, durante il funzionamento alla p.m.e. di $7,6 \text{ kg/cm}^2$.

zioni effettuate in esercizio sulle colonnette di chiusura hanno dimostrato l'elevato grado di sicurezza che esse presentano. Infatti, la sollecitazione dovuta alle dilatazioni termiche è risultata in media di circa $4,5 \text{ kg/mm}^2$; quella dovuta alla chiusura di circa 6 kg/mm^2 ; nel funzionamento, per effetto della pressione del gas nel cilindro, si ha una variazione di sollecitazione di soli $0,7 \text{ kg/mm}^2$.

Stantuffo. - Per lo stantuffo del nuovo motore si è deciso di adottare, sin dal primo momento, il tipo composito, con la parte delimitante la camera di combustione e portante le fasce elastiche a parete sottile. Infatti questo tipo di stantuffo, impiegato dalla FIAT da alcuni anni sui suoi motori di grande diametro, aveva dimostrato in esercizio un ottimo comportamento. Lo stantuffo del motore 900 riproduce quindi, praticamente in scala, nelle linee fondamentali, quello dei motori precedenti tipo 750, come risulta dalla fig. 11. Naturalmente, sono state eseguite in funzionamento diverse serie di misure di temperatura delle parti più interessate all'azione dei gas caldi.

Nella fig. 12 è rappresentato l'andamento delle temperature misurate con pinze termoelettriche nei diversi punti dello stantuffo in corrispondenza della p.m.e. di $7,6 \text{ kg/cm}^2$. La linea tratteggiata rappresenta i valori rilevati sullo stantuffo in condizioni originali; la linea continua si riferisce invece allo stantuffo nell'edizione definitiva, cioè dopo la modifica di riduzione dello spessore della parte periferica, che è stata effettuata per avere una migliore distribuzione della temperatura nella parte prospiciente la camera di combustione.

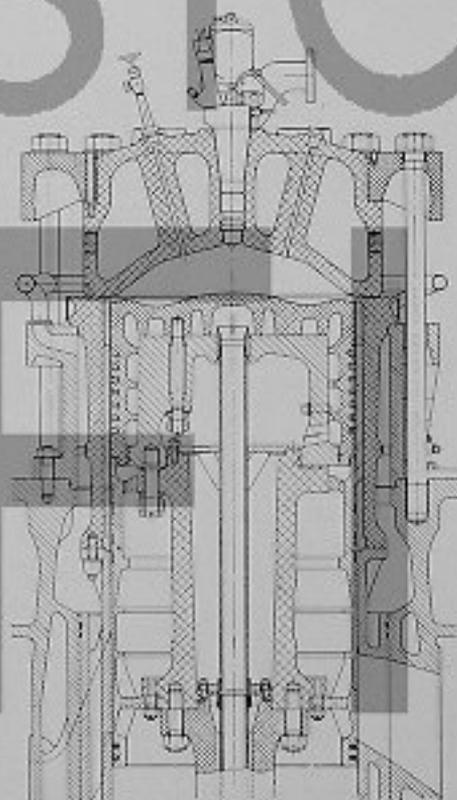


Fig. 11 - Lo stantuffo motore è del tipo composito a pareti sottili nella parte superiore ed in corrispondenza delle fasce elastiche.

Sono state inoltre effettuate delle misure di temperatura nel funzionamento a velocità di rotazione costante e facendo variare la pressione media effettiva da 6 a 11 kg/cm², e a velocità variabile da 115 a 130 giri/min, sia mantenendo costante la potenza, sia facendo variare la potenza secondo la legge cubica a partire dalla velocità di funzionamento normale di 122 giri/min.

ridurre il grado di sicurezza del pezzo; ciò è stato ottenuto eliminando, rispetto alle costruzioni precedenti, il ringrosso della parte alta della camicia, immediatamente al di sopra della boccola, che dava luogo ad una concentrazione locale di sollecitazioni. Nelle camicie del nuovo motore, infatti, la parte di acciaio ha diametro interno costante il che ha permesso, a parità di sollecitazione

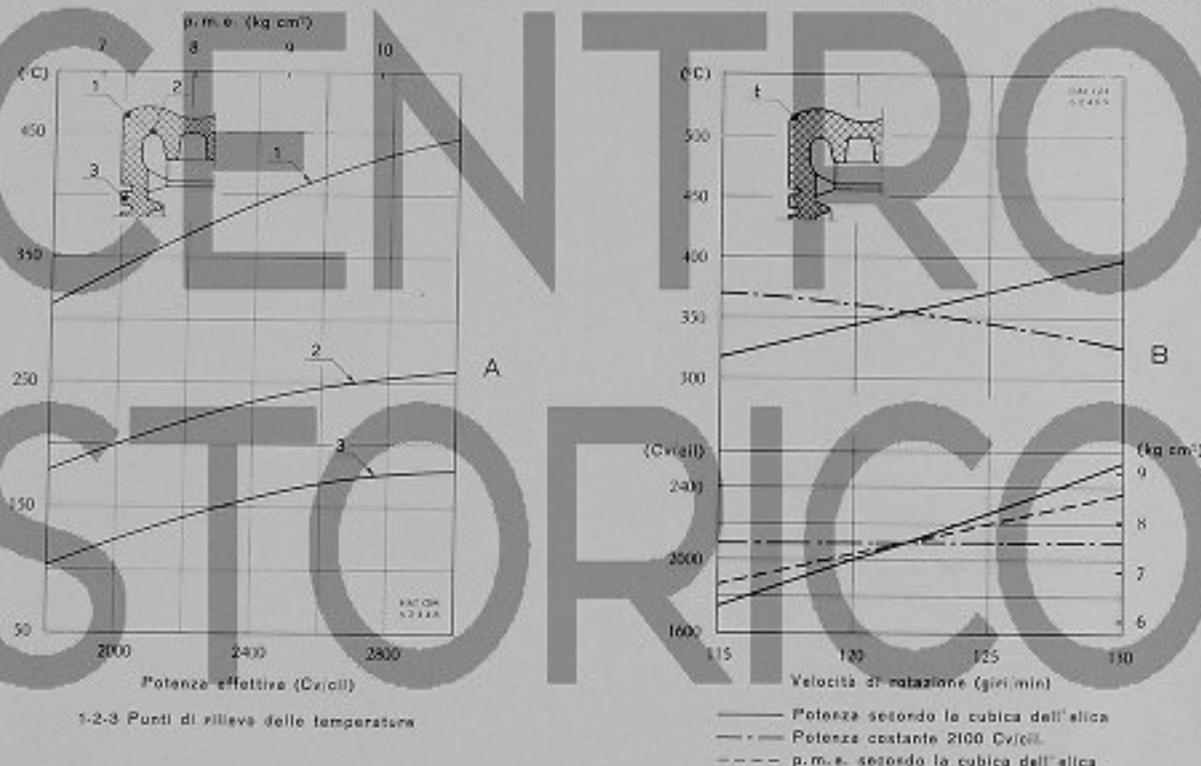


Fig. 13 - Temperature nelle parti più calde dello stantuffo rilevate a diverse condizioni di p.m.e. e di velocità del motore.

I risultati ottenuti sono rappresentati nei grafici di fig. 13; da essi si nota come le temperature delle parti più calde siano relativamente basse e che alla pressione media effettiva di 11 kg/cm² la temperatura risulti inferiore ai 450°C. Questo valore è da ritenersi ancora perfettamente accettabile, tanto più che lo stantuffo è protetto, nella parte superiore, mediante uno strato di materiale avente alta resistenza al calore, riportato mediante spruzzatura.

Camicia cilindro. - Per la camicia, la FIAT ha adottato, anche nel nuovo motore, il tipo in due pezzi con parte superiore di acciaio rivestita internamente con una boccola di ghisa ad alta resistenza. Siccome però con l'aumentare delle dimensioni del motore, il raffreddamento della camicia per l'aumentato spessore delle pareti risulta più difficile, si è pensato di modificare, in alcune parti, il disegno. Come primo provvedimento si è cercato di ridurre gli spessori senza contemporaneamente

massima nel pezzo, di ridurre contemporaneamente il diametro esterno. La boccola di ghisa speciale che è infilata forzata dal basso, si estende verso l'alto limitatamente alla zona di lavoro delle fasce elastiche; nella parte soprastante la boccola è montato un anello di acciaio che serve semplicemente da riempitivo del volume nocivo fra stantuffo e camicia. Inoltre, per migliorare ulteriormente il raffreddamento della camicia è stata adottata una circolazione supplementare d'acqua in corrispondenza dell'appoggio della camicia sul cilindro; questo accorgimento ha permesso di ridurre sensibilmente la temperatura della parte più calda della camicia, e di conseguenza anche la temperatura della sovrastante testata cilindro (fig. 14).

La distribuzione dell'olio di lubrificazione nell'interno della camicia è stata pure oggetto di attento esame e di ricerche sperimentali sul motore bicilindrico, che hanno dimostrato la convenienza di suddividere al massimo le

mandate d'olio; è stata così adottata la soluzione con dieci mandate nella parte alta e sei mandate nella parte bassa della camicia.

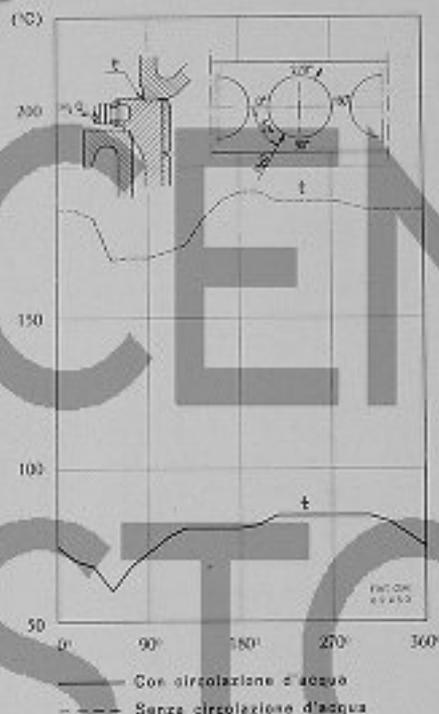


Fig. 14 - Temperature della parte superiore della camicia con raffreddamento mediante circolazione d'acqua in corrispondenza dell'appoggio sul cilindro, raffrontate alle temperature rilevate senza il raffreddamento supplementare.

Durante il funzionamento del motore sperimentale ai vari carichi è stato pure controllato il movimento di rotazione della prima fascia elastica rispetto alla camicia; a tal fine è stata utilizzata una serie di termocoppie disposte circonferenzialmente nella camicia, nella posizione in cui viene a trovarsi la prima fascia elastica quando lo stantuffo è al punto morto superiore; le temperature erano riportate su un apparecchio registratore. Il movimento della fascia elastica era messo in evidenza dal fatto che, quando il taglio tra le punte veniva a coincidere con una delle termocoppie si notava in questa un aumento di temperatura dovuto evidentemente all'inevitabile passaggio di una piccola quantità di gas attraverso al taglio stesso. Si è così potuto constatare che questa punta di temperatura si spostava, nel tempo, da una termocoppia all'altra confermando che la fascia restava libera di muoversi nella sua sede a tutte le andature.

Articolazione di testa croce. - Le grandi dimensioni del cilindro e la ragionevole previsione di dover sviluppare in futuro potenze sempre maggiori, hanno portato la FIAT a considerare con particolare attenzione l'articolazione della biella sul perno di testa croce. Questa articolazione,

infatti, per il moto relativo alterno che la caratterizza, viene a funzionare, com'è noto, in condizioni di lubrificazione tutt'altro che ideali. La parte superiore della biella è stata

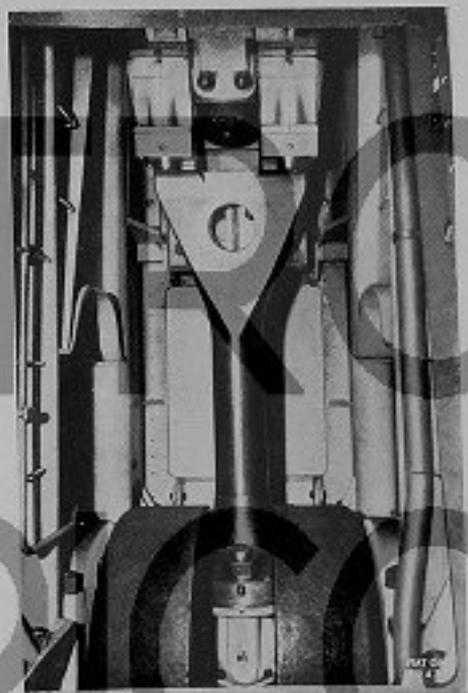


Fig. 15 - La parte superiore della biella è stata proporzionata in modo da dare un sostegno molto rigido ai cuscinetti di testa croce.

proporzionata in modo da dare un sostegno molto rigido ai cuscinetti di testa croce e ridurre così al minimo, in funzionamento, le sollecitazioni a fatica nel metallo bianco dovute alle deformazioni dell'appoggio (fig. 15). D'altra

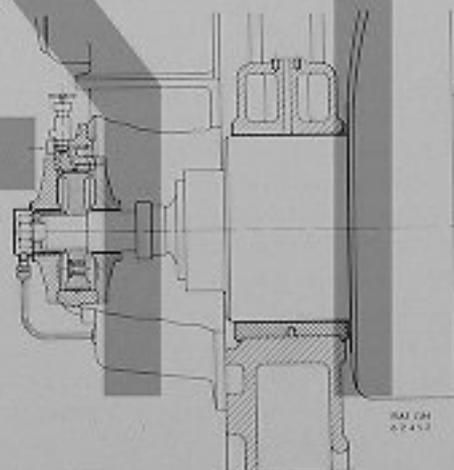


Fig. 16 - Per le vibrazioni assiali è stata prevista, ove necessario, l'adozione di uno smorzatore di costruzione molto semplice e già sperimentato con ottimo successo.

parte, in considerazione del fatto che tra i diversi fattori influenzanti il comportamento dei cuscinetti di testa croce la pressione specifica e la velocità di strisciamento rispetto al perno hanno un'azione combinata e preponderante, sono stati costruiti, a scopo sperimentale, due tipi di testa croce, uno con diametro 420 mm e uno con diametro 480 mm. I risultati sono stati praticamente equi-

che sono risultati di 700 mm di diametro. Per le vibrazioni assiali, che possono in qualche caso particolare raggiungere delle ampiezze apprezzabili è stata prevista, ove necessario, l'eventuale adozione di uno smorzatore di costruzione molto semplice e già sperimentato con ottimo successo e per lungo tempo in esercizio su altri tipi di motori (fig. 16).

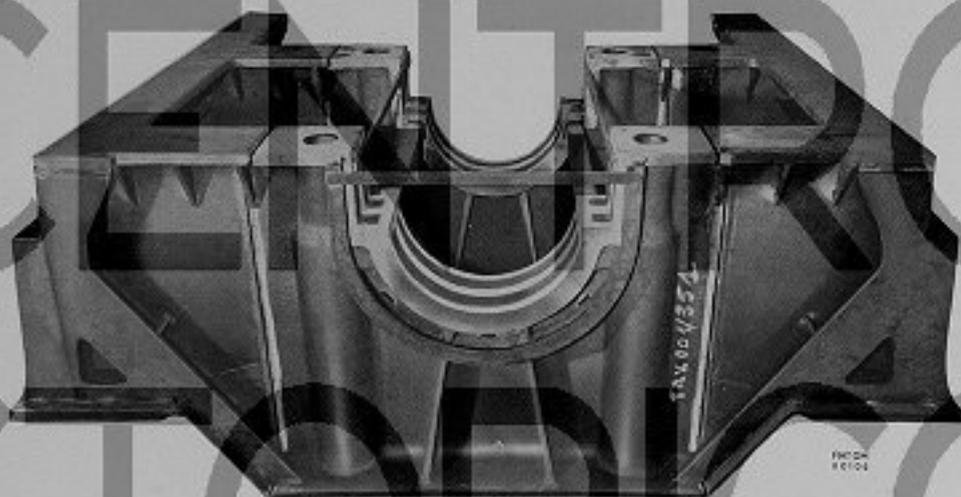


Fig. 17 - Tronco di basamento pronto per l'esecuzione delle saldature.

valenti per i due tipi, con un leggero vantaggio per quello di diametro più piccolo. Pertanto, anche allo scopo di evitare un inutile aumento delle masse in moto alterno, è stato adottato come definitivo il cuscinetto di diametro più piccolo. Con questo cuscinetto sono state totalizzate sul motore sperimentale oltre mille ore di funzionamento con esito completamente soddisfacente. Le prove effettuate successivamente sui motori a 9 e ad 8 cilindri hanno confermato il buon comportamento di questo importante organo.

Fenomeni vibratori.

Con l'aumento del diametro dei cilindri tutti i fenomeni vibratorii del motore acquistano maggiore importanza: infatti l'aumento delle dimensioni porta, in genere, ad un abbassamento delle frequenze proprie delle vibrazioni torsionali e assiali in quanto l'aumento delle masse predomina sulla maggiore rigidità degli alberi che le collegano.

Per i motori con numero di cilindri di più probabile impiego, sono stati eseguiti dei calcoli di previsione per diversi calettamenti delle manovelle dell'albero a gomiti. Per le vibrazioni torsionali si è cercato di portare al di fuori del campo di normale utilizzazione del motore le principali velocità critiche, mediante la scelta di un adeguato calettamento delle manovelle e proporzionando piuttosto abbondantemente i perni di banco e di manovella

Calcoli di previsione sono stati pure eseguiti per le vibrazioni trasversali del motore; agendo sul calettamento delle manovelle — naturalmente tenendo contemporaneamente presenti le esigenze in proposito delle vibrazioni torsionali e assiali — si è agito sulle cause eccitanti e quindi sull'ampiezza delle vibrazioni. Inoltre si è cercato di portare le risonanze al di sopra della velocità di

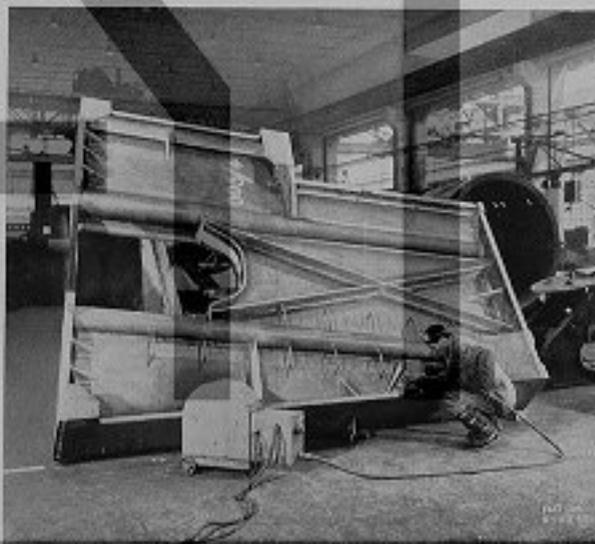


Fig. 18 - Uno dei montanti in lamiera durante la saldatura.

normale funzionamento adottando una struttura molto rigida in lamiera saldata per il basamento ed i montanti sottostanti i cilindri. Contemporaneamente si è cercato di ridurre il peso delle parti alte del motore; ad esempio per il cilindro del nuovo motore è stata adottata la costruzione in due pezzi: una, inferiore, portante le flange per il collegamento ai condotti dell'aria e dei gas di scarico, e una parte superiore, costituita da un semplice cilindretto distanziatore sul quale appoggia la camicia.

La presenza delle colonne che collegano il cilindro al basamento attraversando in senso verticale praticamente tutta la struttura del motore ha conferito, evidentemente, ulteriore rigidità all'insieme.

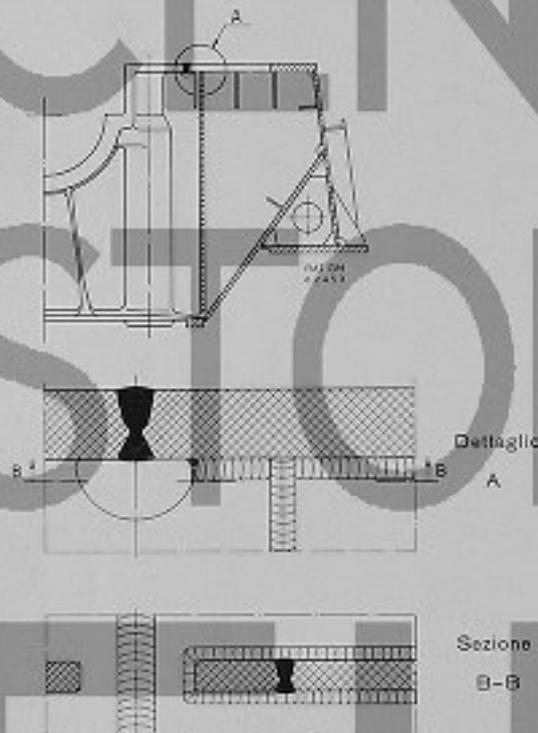


Fig. 19 - Particolare di saldatura del basamento.

Basamento e montanti di costruzione saldata.

Particolare attenzione è stata posta nella progettazione del basamento e dei montanti in lamiera saldata. Si è cercato di disegnare i pezzi in modo da ottenere la massima sicurezza nelle unioni saldate. A tal fine è stata evitata la costruzione a scatola o a doppia parete in quanto essa non permette la ripresa a rovescio delle saldature e rende meno facile il controllo, mediante ultrasuoni e radiografie, delle saldature stesse. Per le traverse del basamento che sostengono i cuscinetti di banco è stata adottata la soluzione composta con parte centrale in acciaio fuso — con particolari prescrizioni di analisi — e parti laterali di lamiera.

Nella fig. 17 è rappresentato un tronco di basamento pronto per l'esecuzione delle saldature; nella fig. 18 è rappresentato uno dei montanti di lamiera che sono sistemati tra il basamento e i cilindri motore.

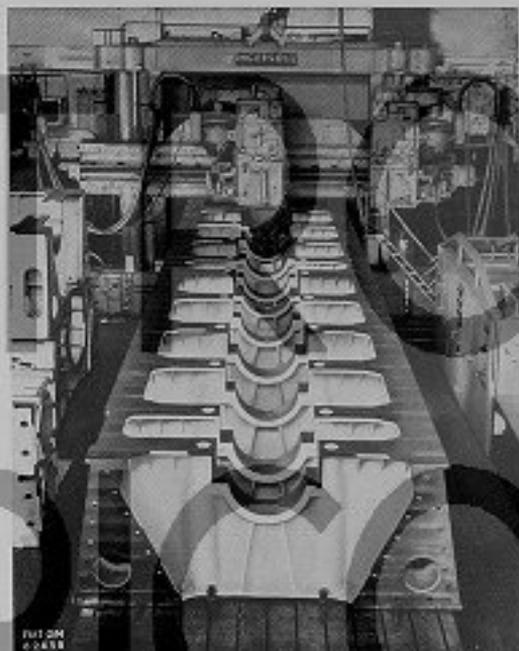


Fig. 20 - L'intero basamento viene lavorato come un blocco unico su una grande fresa-pialla. In figura è rappresentata la lavorazione della sede dei cuscinetti.

Particolare cura è stata posta nel predisporre a disegno le saldature in modo da evitare incroci dei cordoni di saldatura nei punti più sollecitati; nella fig. 19 è rappresentata, a titolo di esempio, la saldatura in corrispondenza dell'unione tra la traversa di acciaio fuso del basamento e le lamiere attigue. Dopo la saldatura, il basamento e i montanti sono stati ricotti con permanenza di due ore alla temperatura di 650°C.

Le grandi dimensioni dei pezzi hanno comportato di effettuare il riscaldamento e il successivo raffreddamento nel forno con molta gradualità, allo scopo di eliminare ogni pericolo di formazione di tensioni residue nelle saldature dovute a dilatazione termica. Pertanto, il riscaldamento del pezzo e il successivo raffreddamento sono stati regolati in modo da avere una variazione di temperatura di circa 50°C per ora.

Particolarità degna di rilievo è il fatto che l'intero basamento viene lavorato come un blocco unico su una grande fresa-pialla (fig. 20).

Questo consente di ottenere una maggiore precisione per quanto riguarda l'allineamento dei vari tronchi ed in particolare della sede dei cuscinetti.