

BERTINI MARCO I M

AREA DI PROGETTO 2005/06

PROGETTO DI UNO SCARICO PER UN MOTORE 2 TEMPI

**ELEMENTI DEL GRUPPO:
BERTINI MARCO
DI LUPO ADRIANO
SQUARCINI MASSIMILIANO**



Per l'anno scolastico in corso ho deciso, insieme al mio gruppo, di sviluppare il progetto di una marmitta per un motore a due tempi nell'ambito dell'area di progetto. Questa decisione è stata presa in conformità ad un notevole interesse nel campo dei motori, specialmente quelli a due tempi. Per elaborare un progetto del genere è stato necessario ricercare materiale in vari campi: dalle formule per trovare diametri e lunghezze, al materiale idoneo per la costruzione del pezzo, al metodo per costruire il pezzo e verificare se questo è funzionale e prestazionale.

Spieghiamo comunque il funzionamento di uno scarico per un motore a due tempi e per fare questo partiamo col dire proprio come funziona un motore a ciclo Otto e poi più specificatamente quello a due tempi:

- ✦ La versione più diffusa del motore a ciclo Otto è quella a quattro tempi: ciò significa che in un ciclo completo i pistoni compiono quattro corse, due verso la testa del cilindro e due in direzione opposta. Durante la prima corsa il pistone si allontana dalla testa del cilindro e la valvola di ammissione si apre; il moto del pistone provoca l'aspirazione di una determinata quantità di miscela di aria-carburante nella camera di combustione. Durante la corsa successiva il pistone si sposta verso la testa del cilindro, comprimendo la miscela nella camera di combustione; quando il volume di quest'ultima è al minimo, al termine della corsa, l'arco elettrico prodotto dalla candela di accensione innesca la combustione della miscela. Nella combustione si sviluppa una notevole quantità di gas che, espandendosi, esercita una forte pressione sul pistone, il quale si allontana dalla testa del cilindro e compie la terza corsa, la sola attiva del ciclo. Durante la corsa finale la valvola di scarico si apre e il pistone si riporta verso la testa del cilindro; i gas di combustione vengono evacuati dal cilindro e il motore è pronto per ripetere il ciclo.
- ✦ Per i motori a 2 Tempi vale quanto detto per i motori a ciclo Otto a 4 Tempi con delle piccole variazioni. Infatti nei motori a due tempi le fasi di ammissione e di scarico sono ridotte a una piccola frazione delle corse di compressione e di espansione. Nei tipi più semplici, l'ingresso del carburante e l'uscita dei gas di combustione avvengono attraverso fessure (luci) nella parete del cilindro, che vengono chiuse o aperte dal pistone stesso: la miscela aria-carburante viene introdotta attraverso la luce d'ammissione quando il pistone si trova nella posizione più distante dalla testa del cilindro, quindi viene compressa (corsa di compressione) e infine incendiata quando il pistone si trova a fine corsa. Durante la corsa attiva, il pistone si abbassa scoprendo la luce di scarico e consentendo l'evacuazione dei gas dalla camera di combustione.

È qui che entra in gioco la marmitta. Mentre il pistone scende, e apre la luce di scarico per uscire i gas combusti, apre anche i travasi di ammissione della nuova miscela. Nei motori da competizione spesso si ha la contemporaneità di apertura delle due luci quella d'entrata e quella d'uscita. Essendoci all'esterno del cilindro una pressione minore di quella interna i gas escono, il problema è che spesso si portano dietro miscela fresca incombusta. È qui che serve la marmitta: infatti i primi gas usciti dal cilindro provocano un'onda di pressione verso l'esterno. Se la marmitta è proporzionata correttamente (poi spiegherò come) si genera un'altra onda di pressione che si dirige verso il cilindro, con la stessa direzione però con verso opposto. Quando questa onda di pressione raggiunge il cilindro "spinge" verso l'interno e fa sì che non esca niente dal cilindro e, con un corretto proporzionamento, si raggiungono coefficienti di riempimento vicini all'unità, senza nessuna perdita. Questo comporta un minor spreco di carburante e un motore con prestazioni nettamente migliori.

Queste onde di pressioni non sono sempre costanti, ma dipendono dai seguenti parametri del motore:

- ✦ istante di apertura della luce di scarico, che determina la partenza dell'onda di compressione dal cilindro verso l'esterno;
- ✦ istante d'accensione, che influisce sulla temperatura di combustione e quindi sulla temperatura dei gas di scarico in uscita;

- ✦ temperatura di parete della marmitta, che influisce sullo scambio termico, principalmente convettivo, fra parete stessa e gas di scarico, determinandone la temperatura durante il loro tragitto;
- ✦ rugosità interna della marmitta e spessore della lamiera, che possono disturbare la propagazione delle onde di pressione, introducendo perdite per attrito e vibrazioni.

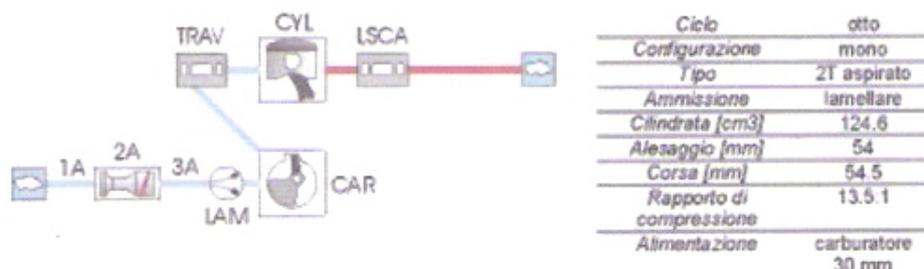
Oggi per migliorare ancora l'erogazione dei motori a 2T sono stati adottati anche altri sistemi come le valvole parzializzatrici che, ai bassi regimi, tendono a chiudere la luce di scarico diminuendo così i gradi di fasatura e diminuiscono anche la depressione in modo che venga introdotta nel cilindro meno miscela e, di conseguenza, ne venga persa meno. Questo metodo ormai è utilizzato su tutte le moto 2T ma spesso causano problemi proprio perché, essendo sullo scarico, su di esse vengono depositati vistose quantità di residui della combustione perciò queste tendono ad incrostarsi e il funzionamento viene pregiudicato.

Come base d'inizio è stato utilizzato un motore da 125cc. per esaminare com'è costruito lo scarico di serie; dopo, trovato il materiale idoneo, è stato eseguito il calcolo teorico delle lunghezze dei vari coni della marmitta. Un sistema di scarico viene progettato per il funzionamento ottimale del motore ad un determinato regime di rotazione, in cui la frequenza di riflessione delle onde nello scarico stesso sono in fase con la frequenza di rotazione, e per questo motivo si dice che viene effettuata l'intonazione della marmitta con il motore. Normalmente si sceglie di ottimizzare il processo di riempimento del cilindro al regime in cui si desidera la massima coppia, che in un motore 2 tempi è molto vicino al regime di massima potenza; di conseguenza ai regimi più bassi si avrà inevitabilmente una diminuzione del riempimento e quindi delle prestazioni, in quanto lo scarico ha perso l'intonazione con il motore.

Una volta fissati questi punti, bisogna decidere se vogliamo una marmitta che aumenti il campo d'utilizzo del motore oppure una che migliori l'erogazione del motore. Una volta effettuata questa scelta decidiamo gli angoli d'inclinazione dei singoli coni che compongono la marmitta. A questo punto siamo pronti per fare i "conti" e, utilizzando le formule adeguate, otteniamo la lunghezza totale, tutte le lunghezze parziali della marmitta e anche tutti i diametri che compongono la marmitta. A questo punto abbiamo ottenuto un "tubo" dritto che però non è utilizzabile su un motore, e quindi dobbiamo curvare la marmitta in modo che non perda la prestazionalità per cui è stata progettata e acquisti la funzionalità idonea per essere impiegata realmente su di una moto.

Uno scarico però non è solo un tubo dritto conico, ma è curvato intorno al telaio in modo tale che non ci siano variazioni di sezione rispetto al progetto dove lo scarico è tutto dritto. Siamo riusciti a disegnare la marmitta curvata seguendo altri disegni di marmitte delle case costruttrici, ma utilizzando le nostre misure. Una volta trovate le distanze con cui la marmitta mantenga i suoi diametri e allo stesso tempo riesca ad essere montata sulla moto, si può procedere alla creazione della stessa.

Per realizzare la marmitta abbiamo utilizzato i dati del motore riportati nel sottostante schema:



Lo schema inoltre mostra chiaramente come funziona un motore a ciclo Otto a due tempi: la miscela passa dal carburatore al carter attraverso le lamelle, da qui, attraverso i travasi, entra nel

cilindro dove avviene lo scoppio. I gas combusti escono dalla luce di scarico ed entrano nella marmitta.

Iniziamo intanto nel descrivere il metodo utilizzato per calcolare i volumi della marmitta senza preoccuparci delle curvature.

Per trovare la lunghezza dal collettore al punto medio di riflessione si usa la seguente formula:

$$L_T = \frac{\text{Gradi fase scarico} \times 520}{\text{Regime di rotazione} \times 12}$$

In questa formula si tiene conto della fasatura totale, della velocità media dei gas all'interno dello scarico (circa 520m/s) e del numero di giri del motore al quale si vuole la massima potenza e quindi il massimo rendimento. Per quanto riguarda la di scarico nella tabella di seguito sono riportati gradi e il regime di rotazione.

FASATURE MASSIME DI SCARICO

CILINDRATA	UTILIZZO	REGIME DI POTENZA MASSIMA	GRADI
50	VELOCITA'	15.000	208 - 210
2 X 62	VELOCITA'	14.500	206 - 208
80	CROSS	12.000	196 - 200
125	TRIAL	5.500	154 - 158
125	STRADALE	10.500	185 - 192
125	CROSS	11.500	194 - 196
125	VELOCITA'	14.000	202 - 204
250	ENDURO	8.000	180 - 184
250	CROSS	10.000	186 - 188
350	CROSS	9.000	184 - 186
500	CROSS	7.500	180 - 184

PER GLI SCARICHI DOTATI DI VALVOLA PARZIALIZZATRICE QUESTI VALORI POSSONO ESSERE AUMENTATI MEDIAMENTE DI UN PAIO DI GRADI

Descrivo in seguito il dimensionamento dei quattro componenti principali della marmitta:

- 🔧 Collettore di scarico
- 🔧 Cono d'espansione
- 🔧 Cono di riflessione
- 🔧 Terminale o spillo

Collettore di scarico

Con una fasatura al limite dei 200 gradi, il diametro finale del collettore di scarico dovrebbe avere una superficie superiore del 10-15% rispetto a quell'iniziale. Di norma si preferisce dare a questo cono una divergenza da 1 a 2 gradi. Per ottenere la massima potenza da una marmitta, la lunghezza di questo tratto sarà compresa tra le 6 e le 8 volte il diametro iniziale del

collettore. Quando invece vogliamo una marmitta che dia un campo d'utilizzo più ampio possiamo raggiungere le 11-12 volte il diametro iniziale.

Cono d'espansione

Per avere un'elevata onda di ritorno, l'angolazione dell'espansione dovrebbe essere intorno agli 8 gradi dato che per moto da competizione, con un ristretto campo d'utilizzo, l'angolo deve essere scelto tra i 6 e gli 8 gradi. Se l'angolazione fosse di 10° avremmo un'onda di ritorno molto elevata ma di breve durata, se invece l'angolazione fosse di 4°, l'onda ritorno sarebbe molto lunga ma con poca intensità. La superficie della parte terminale dell'espansione dovrebbe essere pari a 6,7 volte quella iniziale del collettore, ma possiamo utilizzare la seguente formula per trovare il diametro finale: $\sqrt{(\text{diametro iniziale})^2 \times 6,7}$

Cono di riflessione

Per questa parte viene utilizzata un'angolazione doppia rispetto a quella dell'espansione meno un paio di gradi per cui il valore massimo teorico è attorno ai 14 gradi. Questo cono va posizionato in modo che la sua metà coincida con il punto medio di riflessione.

Terminale o spillo

Il diametro dello spillo è pari al 58-62% del diametro iniziale del collettore di scarico e la sua lunghezza è pari a 12-13 volte il proprio diametro.

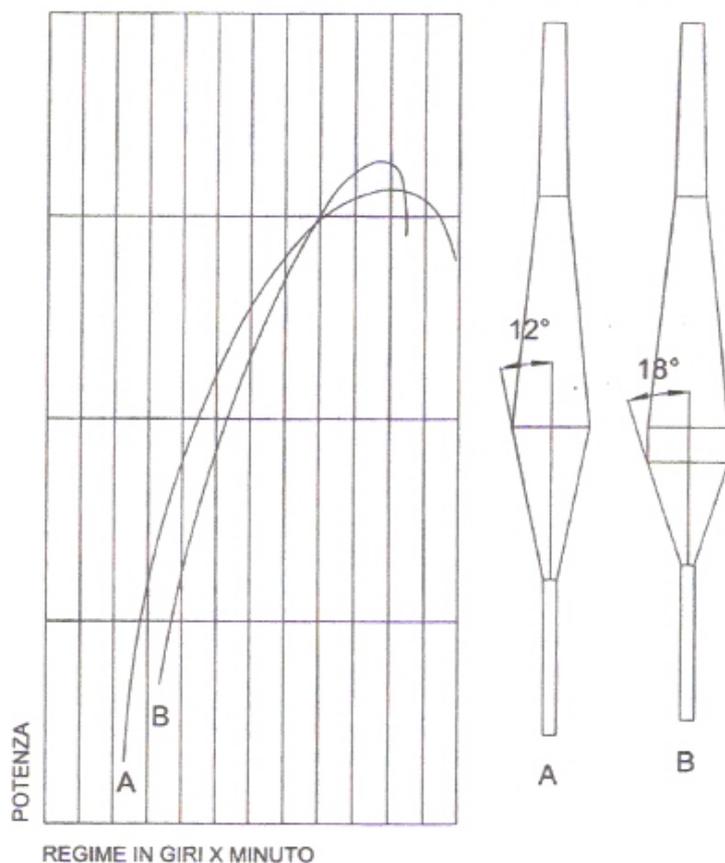


FIG.7/12 RAFFRONTO DELL'EROGAZIONE E DEL CALO DI POTENZA FRA DUE ESPANSIONI

Il grafico a fianco mostra chiaramente come può cambiare la curva della potenza modificando semplicemente l'angolazione dell'espansione. Un'espansione con un angolo più ristretto dà un campo di utilizzo maggiore, ma una potenza massima minore. Invece un'espansione con un angolo più ampio dà una potenza massima maggiore, ma campo di utilizzo molto più ristretto.

Il dimensionamento sopra indicato funziona nel modo seguente:

All'apertura della luce di scarico, poiché il cilindro si trova ad una pressione 5-6 volte superiore a quella esistente nella marmitta, si genera una potente onda di pressione in uscita che si propaga verso l'esterno alla velocità del suono. Il tratto divergente dello scarico, a sezione crescente, genera una graduale riflessione di segno opposto dell'onda: in sostanza l'onda di compressione che viaggiava dal cilindro verso l'esterno, viene riflessa indietro come onda di depressione, cioè con pressione inferiore a quella media esistente nello scarico. Invece il successivo tratto convergente della

cilindro verso l'esterno, viene riflessa indietro come onda di depressione, cioè con pressione inferiore a quella media esistente nello scarico. Invece il successivo tratto convergente della