

Capitolo 16

Un **motore alternativo a scoppio** è costituito da un cilindro entro il quale scorre a tenuta uno stantuffo, il cui moto rettilineo alternato è trasformato in moto rotatorio da un meccanismo biella-manovella; è alimentato con una miscela precisa di aria e combustibile che introdotta nel cilindro viene incendiata tramite un organo infiammatore e i gas prodotti dalla combustione cedono la loro energia allo stantuffo e poi si scaricano all'esterno attraverso una valvola azionata dal dispositivo di distribuzione.

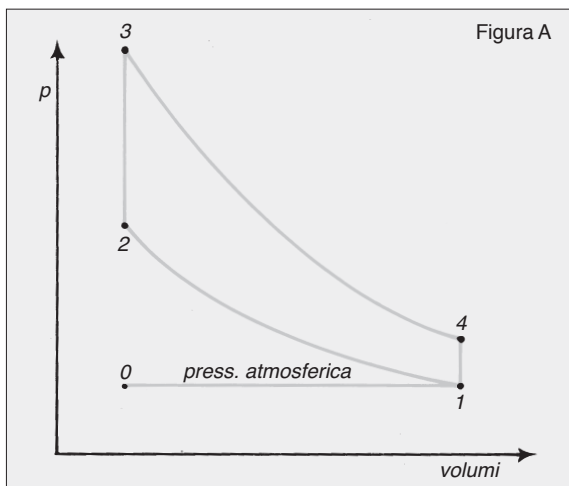
Il ciclo teorico che caratterizza il principio di funzionamento di un **motore a scoppio a quattro tempi** (figura A) non è un ciclo termodinamico, in quanto sull'asse delle ascisse non figurano i volumi specifici del fluido operante ma quelli generati dallo stantuffo nel suo moto alternato entro il cilindro:

- (0→1): aspirazione della miscela;
- (1→2): **miscela compressa adiabaticamente**;
- (2→3): combustione della miscela (**trasformazione a volume costante**);
- (3→4): i prodotti della combustione **si espandono entro il cilindro (trasformazione adiabatica)**;
- (4→1): si apre istantaneamente la valvola di scarico e la pressione disunisce improvvisamente;
- (1→0): completa espulsione dei prodotti residui.

La (1→0) e la (0→1) sono le uniche varianti fra il ciclo termodinamico Otto e quello teorico del motore a scoppio a quattro tempi. Poiché sono coincidenti ma percorsi in senso opposto, non apportano sensibili variazioni all'entità del lavoro prodotto che coincide con quello ricavato per il ciclo Otto; lo stesso per il rendimento termico teorico di un motore a scoppio:

$$\eta = 1 - 1/r^{\gamma-1}$$

dove r è il rapporto di compressione. **Il rendimento**

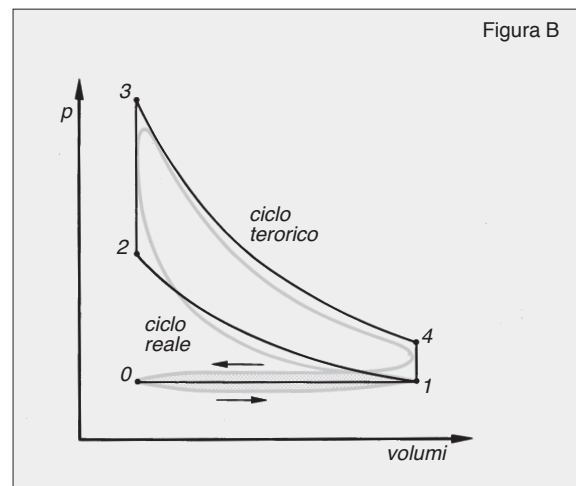


del motore si incrementa aumentando il rapporto di compressione (anche se non può essere spinto oltre limiti ben determinati per non incorrere nell'accensione anticipata della miscela).

Nel **ciclo termico reale** (figura B) si ha:

- (0→1) e (1→0): avvengono rispettivamente ad una pressione leggermente inferiore (per la depressione prodotta dal moto dello stantuffo) e leggermente superiore (per la spinta dello stantuffo). Le due trasformazioni non sono coincidenti e costituiscono un piccolo ciclo termico con assorbimento di lavoro all'esterno che va detratto da quello utile;
- (1→2) e (4→1): **politropiche** a esponente tanto minore quanto più grande è la cessione di calore all'esterno (voluta per mantenere la temperatura del motore entro limiti tollerabili);
- la fase di combustione non è istantanea ma a **volume crescente** conseguendo un minor incremento sia di pressione sia di temperatura;
- occorre tener presente l'effetto dello strozzamento subito dal fluido nell'attraversamento delle valvole e l'inerzia di queste all'apertura e alla chiusura.

Un **motore alternativo viene classificato a due tempi** quando compie il ciclo termico in due sole corse di stantuffo, equivalenti a un giro dell'albero principale. Per eliminare due corse di stantuffo, è necessario abolire le trasformazioni (0→1) e (1→0); la miscela deve penetrare **spontaneamente nel cilindro in virtù di una leggera pressione** (di poco superiore a quella atmosferica) a essa conferita da un organo esterno (**pompa di lavaggio**); la spinta della miscela entrante ha anche lo scopo di espellere i residui gas della combustione. Le fasi di aspirazione e di scarico sono parzialmente sovrapposte e costituiscono la **fase di lavaggio**. La pompa



di lavaggio è costituita:

- dal **carter** stesso del motore (nei piccoli motori a due tempi, per lo più monocilindrici): **lo stantuffo, sviluppa il necessario lavoro meccanico e si comporta come il cassetto cilindrico di una motrice a vapore, distribuendo il fluido operante alle varie destinazioni.** Le singole fasi di un motore a due tempi sono: **fase di aspirazione, compressione, scoppio, espansione e scarico** (figura C). La perdita dell'area tratteggiata in alto (dovuta all'apertura progressiva delle luci che interessano la parte inferiore del cilindro), rispetto a un quattro tempi di eguali caratteristiche, riduce l'ampiezza della corsa a un valore effettivo (s_e) minore di quello nominale (s_0). Vi è anche il lavoro assorbito dalla pompa di lavaggio (carter) percorso in senso antiorario (tratteggio in basso). Quindi, la potenza di un motore a scoppio a due tempi (rispetto a un equivalente quattro tempi) risulta non doppia, come si potrebbe prevedere teoricamente, ma superiore del 30% ÷ 40%;
- da un **cilindro-pompa** (nei grandi motori): si effettua la fase di lavaggio con una o più pompe separate, atte ad alimentare tutti i cilindri motori fornendo a ogni giro una quantità di fluido superiore alla cilindrata complessiva della motrice. Le pompe rappresentano un notevole ingombro a causa del loro basso regime di rotazione. Perciò, una **soffiante rotativa** (Cap. 22) capace di ruotare a regimi elevatissimi elaborando enormi masse di fluido, costituisce la soluzione più conveniente anche se il suo azionamento deve necessariamente essere reso indipendente dal motore principale.

Il regime di rotazione di un motore tradizionale non può raggiungere valori troppo elevati a causa delle forze d'inerzia opposte dalle masse soggette a moto alternativo che crescono proporzionalmente ai pesi delle varie parti e al quadrato del numero di giri; gli alti regimi di rotazione sono possibili solo per motori di dimensioni ridotte. Quindi si può ricorrere a **motori a stantuffo rotante** a cui appartengono **le turbine a gas** (Cap. 20) e **il motore rotativo**

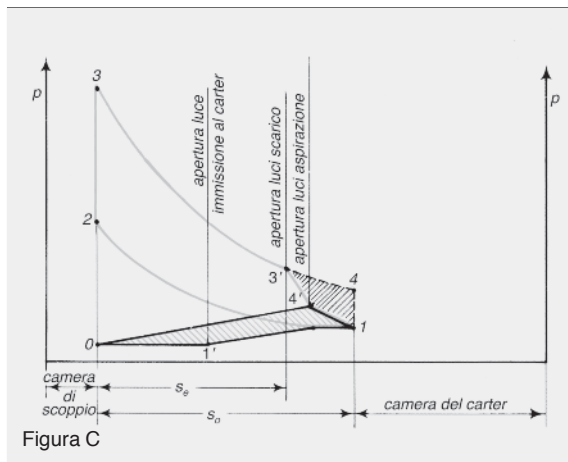


Figura C

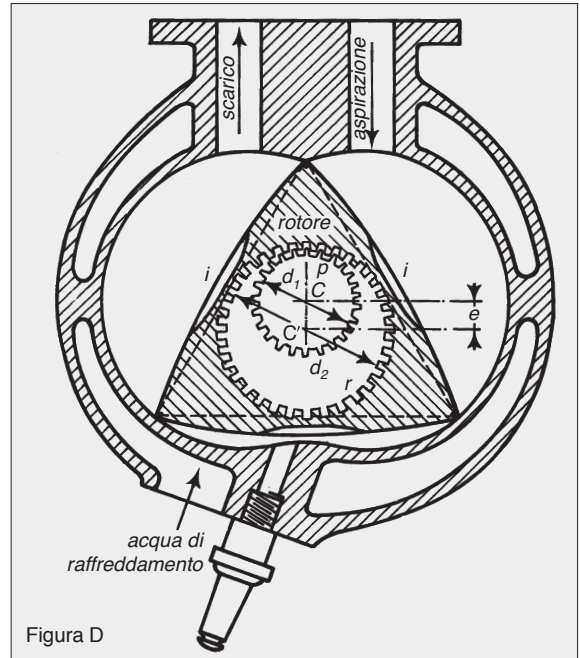


Figura D

Wankel (figura D); quest'ultimo consta di una cassa a forma trocoidale, provvista di intercapedini per la circolazione dell'acqua di raffreddamento, entro la quale gira un rotore pressoché triangolare provvisto di tre incamerature (i) e munito di una ruota a dentatura interna (r) che ingrana in un pignone (p). Il centro (C) del pignone coincide con quello della cassa e coincidono fra loro anche i centri del rotore e quello della ruota dentata (C'); **il diametro primitivo d_1 del pignone è uguale ai due terzi di quello della ruota d_2** ; ne consegue che fra C e C' intercorre una distanza $e = d_2 / 6$. Il moto del rotore viene trasmesso all'albero motore per mezzo di un **eccentrico** di valore e , calettato su quest'ultimo. Il rotore suddivide l'interno della cassa in tre camere il cui volume varia periodicamente in seguito al moto di rotazione eccentrico del rotore stesso; tale variazione di volume consente lo svolgimento delle fasi del ciclo Otto a «4T» in ciascuna camera, con una produzione (teorica) di lavoro tre volte superiore a quella di un motore tradizionale di pari cilindrata.

La **carburazione** è quel complesso di operazioni che formano la **miscela aria-combustibile** nel suo esatto proporzionamento (generalmente **15/1 ÷ 18/1**) e dosaggio, in modo da consentire un'alimentazione proporzionata al regime di rotazione del motore. Fino a qualche anno fa a ciò provvedeva il **carburatore** che è stato quasi totalmente sostituito da sistemi a iniezione elettronica. La miscela prodotta è pseudo gassosa, essendo composta da aria e dal combustibile vaporizzato.

L'**avviamento a freddo** del motore può risultare difficoltoso con una miscela dosata per la marcia normale, sia perché i vapori di benzina si condensano sulle pareti fredde del collettore, sia perché la depressione è molto modesta in quanto prodotta solo dal motorino

di avviamento. Si interviene riducendo la quantità di aria introdotta nel diffusore mediante un apposito diaframma che poi si esclude, oppure adottando un getto supplementare tramite lo **starter**.

La **distribuzione** è un complesso di meccanismi che provocano aperture e chiusure dei condotti di alimentazione e di scarico consentendo, con la loro giusta ritmicità, lo svolgimento delle fasi descritte nel ciclo teorico. In un motore a quattro tempi, la distribuzione è assicurata da un sistema di valvole (generalmente a seggio conico) che si aprono sotto l'azione di **eccentrici** (o **camme**) calettati su un albero rotante, parallelo a quello principale e da esso azionato (**albero a camme**), e si richiudono perché risospinte sul proprio seggio da molle (del tipo a spirale) opportunamente tarate. La durata delle fasi di apertura delle valvole è maggiore di quanto previsto dal ciclo teorico (per l'inerzia opposta dal fluido nell'istante dell'apertura e della chiusura): **la valvola di aspirazione si apre prima che lo stantuffo abbia raggiunto il p.m.s. e non si chiude nell'istante in cui lo stantuffo giunge al p.m.i., ma con un certo ritardo** per ottenere un riempimento più completo del cilindro a vantaggio della potenza erogata. Per dar tempo ai gas combusti di effluire è **conveniente anticipare anche l'apertura della valvola di scarico e ritardarne la chiusura** per sfruttare l'inerzia dei gas combusti. Per un breve arco di tempo sono aperte ambedue le valvole il che comporta una leg-

gera perdita di miscela che effluisce allo scarico insieme ai gas combusti. Nei motori a due tempi la distribuzione è affidata al moto dello stantuffo che scopre e ricopre alternativamente le luci di aspirazione e di scarico.

L'organo infiammatore che produce l'**accensione** della miscela è la **candela**. La corrente ad alta tensione che perviene all'elettrodo centrale in un determinato istante, per scaricarsi a massa, genera fra le due punte un arco che incendia la miscela. **Con punte troppo separate, l'arco può non formarsi, mentre con punte troppo vicine l'arco è di scarsa intensità e l'accensione è difettosa**. Ogni tipo di candela ha una diversa capacità di auto raffreddamento che ne condiziona la temperatura di regime: *candele calde* (per motori con basso rapporto di compressione) o *candele fredde* (per motori sportivi). L'alta tensione necessaria per la formazione dell'arco viene ottenuta con un generatore di corrente a bassa tensione ed elevandone il potenziale con un trasformatore. I sistemi di accensione comunemente impiegati sono: **accensione a spinterogeno** (formato dal ruttore, dal distributore e dal dispositivo di anticipo automatico), **accensione a magnete** (più semplice del precedente ma la corrente non è costante, è funzione diretta del regime di rotazione del motore), **accensione a transistor** (amplifica la corrente), **accensione a scarica capacitiva** (sfrutta la scarica a onda quadra di un condensatore).