

MACCHINA A VAPORE



La **macchina a vapore** è un sistema per produrre lavoro meccanico a spese dell'*energia termica*. In una di queste macchine una sorgente di calore porta all'ebollizione una certa quantità di acqua producendo vapore che, espandendosi, preme sulle pareti del contenitore mettendo in movimento un pistone. Fu usata per almeno due secoli come base per la costruzione di macchine industriali, per far viaggiare locomotive, navi e autocarri; oggi la macchina a vapore, nella versione a turbina, trova ancora un uso importante nella produzione di energia nelle **centrali nucleari** o nelle grandi **navi militari**.

Come funziona una macchina a vapore?

Una macchina a vapore converte l'**energia termica** del vapore in **lavoro meccanico**. Schematicamente questa macchina è costituita da un contenitore, il **bollitore**, al cui interno, grazie all'azione di una fonte di calore, viene riscaldata acqua fino a temperature vicine all'*ebollizione*. Così si ottiene **vapore**, che tende a espandersi in tutto il bollitore, o in un **secondo contenitore** in cui si riversa, esercitando una pressione sulle pareti tanto maggiore quanto più alta è la concentrazione del vapore stesso. Il vapore può venire convogliato, con tecniche molto diverse, su un **pistone** o una **turbina**, che si mettono in moto per la **pressione** che ricevono, producendo lavoro meccanico. Nel corso degli ultimi tre secoli ne sono state costruite di tipi diversi, con l'intento di migliorarne l'efficienza, ossia la quantità di energia termica effettivamente trasformata in lavoro meccanico, che, specialmente nelle macchine a pistone, è particolarmente bassa. Uno dei vantaggi della macchina a vapore risiede nel fatto che è possibile usare *qualsunque combustibile* o *fonte di calore*.



Le prime macchine a vapore

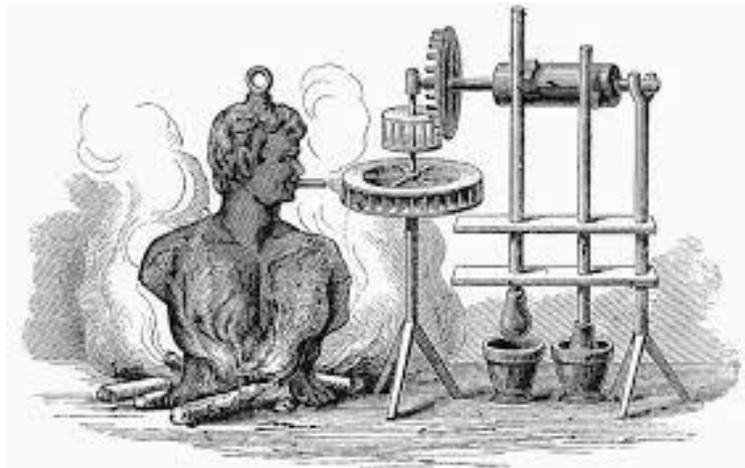


Il primo esempio di macchina a vapore di cui si abbia notizia è l'**aeolipila**, inventata e sviluppata da *Erone di Alessandria*, vissuto nel 1° secolo dopo Cristo. La macchina di Erone è molto semplice: è costituita da un **contenitore sferico**, sospeso a un **appoggio**, libero di ruotare in una direzione. Dalla sfera dipartono verso l'esterno, in sensi opposti, due **tubi ricurvi**. La sfera contiene **acqua** che viene riscaldata fino all'ebollizione. Il vapore che si forma all'interno della sfera può uscire dai due tubi e, in questo modo, esercita una forza che fa muovere la sfera secondo il *principio della dinamica di azione e reazione*.

La macchina di Erone non ha avuto un seguito: infatti il movimento di rotazione della sfera, generato dal vapore, NON viene utilizzato per produrre lavoro meccanico.

Intorno alla prima metà del '600, **Giovanni Branca**, noto architetto ed ingegnere italiano, ideò un modello di macchina che precorreva i principi del motore a vapore. I suoi progetti, tuttavia, non ebbero applicazione pratica, ma rimasero solo teorici.

GIOVANNI BRANCA



Architetto, ingegnere, precursore della macchina a vapore. Nacque a S. Angelo in Lizzola presso Pesaro il 22 aprile 1571, morì in Loreto il 24 gennaio 1645. Già prima del 1616 era a Loreto, architetto della Santa Casa; nel 1622 era qualificato anche cittadino romano. Lavorò anche ad Assisi e a Roma, ma se ne hanno notizie vaghe.

Tra le sue pubblicazioni ricorderemo il *Manuale di architettura*, edito la prima volta ad Ascoli nel 1629, e successivamente ristampato parecchie volte, con un'appendice di trentadue aforismi intorno alle riparazioni nei fiumi, e *Le machine*, pubblicato a Roma nel 1629.

All'interno di essa, Giovanni Branca descrive una macchina che è sostanzialmente una turbina a vapore ad azione utilizzata "per pestare le materie per fare la polvere" e parla del suo "motore meraviglioso, che non è altro che una testa di metallo con il suo busto, empito d'acqua, posto sopra carboni accesi, che non possa esalare in altro luogo che nella bocca".

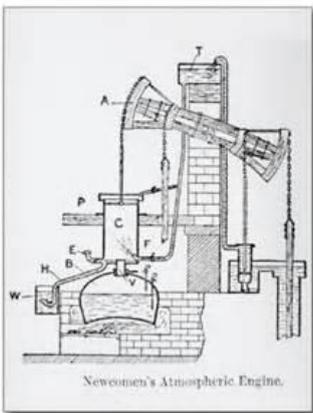
In particolare, la macchina descritta si compone di una ruota a pale piatte simile al sistema di propulsione di un battello fluviale, mostrata nell'atto di essere ruotata dal getto di vapore prodotto in un recipiente chiuso e rivolto alle palette attraverso un tubo. Branca suggerisce che l'apparato potrebbe essere utilizzato per l'alimentazione di pestelli e mortai, rettificatrici, per sollevare l'acqua e tagliare il legno. Esso non ha alcuna relazione con ogni successiva applicazione della forza vapore e non è molto più di uno sviluppo della eolipila descritto da Erone di Alessandria nel primo secolo a.C.

Fino al 1690 non si ritrova nessun altro esempio di macchina a vapore; in questo anno il fisico francese *Denis Papin* sviluppò un modello di **macchina** molto **semplice** e poco potente, ma perfettamente funzionante, tanto che trovò anche qualche applicazione per la costruzione di pompe per l'acqua. Essa è costituita da un **cilindro metallico**, contenente un **pistone**, che serve come bollitore in cui l'acqua, che riempie il fondo, viene portata a ebollizione grazie a una **sorgente di calore** posta al di sotto. Il vapore, man mano che si crea, preme sul pistone, che inizia a sollevarsi verso l'alto. Quando esso è arrivato nel punto più alto, la fonte di calore viene tolta. In questo modo la temperatura dell'acqua diminuisce e il vapore si condensa, mentre il pistone, non più sostenuto dalla pressione esercitata dal vapore stesso, cala verso il fondo del bollitore.



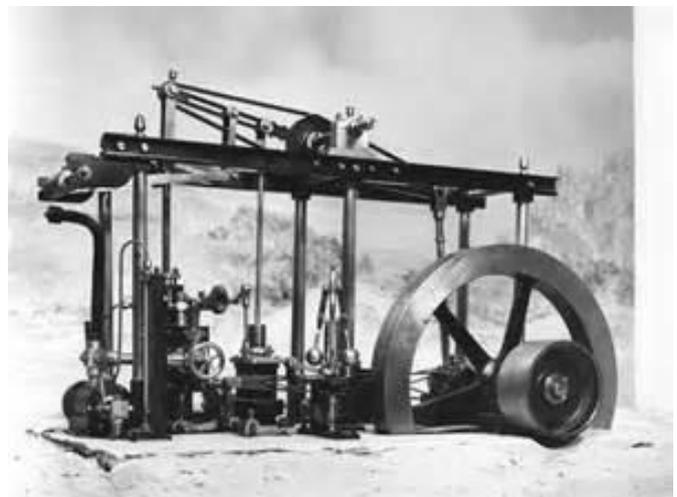
La macchina a vapore di James Watt

Il più importante progresso nel campo delle macchine a vapore è dovuto a *James Watt*, uno scienziato scozzese che operò tra la fine del 18° e l'inizio del 19° secolo.



Watt iniziò migliorando il **motore atmosferico** costruito all'inizio del 18° secolo da *Thomas Newcomen*. Questa macchina a vapore era costituita da un **recipiente cilindrico** nel quale era inserito un **pistone**, a sua volta dotato di contrappeso esterno. Il vapore veniva prodotto esternamente al cilindro e iniettato dentro dalla base del cilindro stesso: in questo modo faceva salire il pistone man mano che la pressione aumentava. Alla fine il pistone apriva una **valvola** che permetteva a un getto d'acqua di entrare nel cilindro stesso raffreddandolo. La diminuzione improvvisa di temperatura faceva condensare il vapore e abbassare il pistone. La novità interessante di questa macchina, sebbene poco efficiente, era costituita dal fatto che il braccio che collegava il pistone al contrappeso funzionava anche da leva, che alternativamente si alzava e si abbassava.

Watt sviluppò una serie di modifiche alla macchina di Newcomen che portarono alla realizzazione di quella che può essere considerata la prima vera **macchina a vapore moderna**. La prima modifica fu l'installazione di un **motore** dotato di camera di condensazione del vapore separata, mediante la quale si riuscivano a ridurre le perdite di vapore che si verificavano nel continuo alternarsi di riscaldamento e raffreddamenti dell'unico cilindro della macchina di Newcomen. Inoltre, con l'introduzione della seconda camera è la stessa pressione del vapore a svolgere il lavoro, e non quella atmosferica che nella macchina di Newcomen era responsabile dell'abbassamento del cilindro.



Questa modifica introdotta da Watt fu importante, tuttavia la maggiore innovazione della sua macchina fu la realizzazione di un semplice meccanismo che trasformava il *moto del pistone*, rettilineo

dal basso verso l'alto e viceversa, in un moto circolare continuo, grazie a un volano e a un meccanismo a biella. Infine, aumentò notevolmente l'efficienza del motore a vapore inserendo una seconda valvola che permetteva di introdurre vapore nel cilindro sia dal basso, durante il moto del pistone verso l'alto, sia dall'alto, quando il pistone era giunto al massimo della sua corsa, per agevolare il ritorno verso il basso della camera.

La macchina a vapore durante la rivoluzione industriale

Fra la metà del 18° secolo e il 1830 circa si sviluppò la **prima rivoluzione industriale**. Prima di allora il mondo aveva come unica possibile fonte di *forza meccanica* per qualunque lavorazione o per la trazione di mezzi destinati al trasporto di persone o cose solo le braccia dell'uomo o qualche animale. È la macchina a vapore, perfezionata da Watt, a determinare un cambiamento epocale che ha permesso all'umanità per la prima volta nella storia di svincolarsi dalla fatica fisica con un mezzo in grado di fornire, con continuità, potenza e lavoro meccanico.

La locomotiva



La **locomotiva**, il veicolo che fornisce la potenza per la trazione di un intero treno, è la macchina a vapore più nota anche se oggi è praticamente scomparsa dalle ferrovie moderne. Le prime locomotive vennero sviluppate a partire dal 1804 e per produrre il vapore utilizzavano carbone, legno od olio combustibile. Le locomotive a vapore vennero sostituite, a partire dalla fine della Seconda guerra mondiale, dalle *motrici diesel-elettriche*, più efficienti e con minore richiesta di personale e di manutenzione per poter funzionare correttamente. Un caso a parte è

rappresentato dalla Cina, dove le locomotive a vapore sono tuttora di uso comune. In questo paese infatti il costo del carbone è molto basso, dato che ne esistono grandi giacimenti e i costi di estrazione sono molto contenuti, a causa soprattutto dei bassi salari pagati ai minatori. Locomotive a vapore sono ancora oggi utilizzate, oltre che nei paesi in via di sviluppo, in particolari linee ferroviarie ad alta quota: infatti la produzione di vapore non risente della diminuzione di ossigeno nell'aria che si ha man mano che l'altitudine delle montagne aumenta.

Vapori e vaporetta

I primi tentativi infruttuosi di applicazione della macchina a vapore al trasporto dell'acqua risalgono a Papin. È però con lo sviluppo della macchina a vapore di Watt, sufficientemente efficiente e affidabile, che iniziano la *costruzione* e l'*utilizzo* di natanti e navi di tutte le dimensioni in cui la propulsione è assicurata da una macchina a vapore. Il cambiamento fu della massima importanza per la navigazione, fino ad allora costretta ad affidarsi a remi e vele per far viaggiare le navi. Ancora oggi molte navi che fanno servizio sui laghi vengono chiamate **vapori** anche se viaggiano grazie a motori diesel. A Venezia i mezzi di trasporto pubblico vengono chiamati **vaporetta**.



La più famosa nave a vapore fu probabilmente il grande e lussuoso *Titanic*, tristemente noto per il suo naufragio causato dall'urto con un iceberg nel suo viaggio inaugurale nel 1912. L'ultima nave a vapore che solcò l'oceano fu l'inglese *Queen Elizabeth 2*, nel 1986, anno in cui fu trasformata con motore diesel. Le navi azionate da macchine a vapore sono state chiamate spesso anche **piroscafi**. In queste navi erano necessari grandi forni per scaldare gli enormi bollitori delle macchine a vapore che costituivano il cuore dei motori di quelle imbarcazioni. Anche per quanto riguarda le navi, gli attuali esem-

plari a vapore sopravvivono in esercizio per uso soprattutto turistico.

Una tecnologia ancora attuale

La macchina a vapore è ancora oggi molto importante in situazioni particolari e rappresenta un **sistema di locomozione** ancora praticato. Le *navi militari* molto grandi e molti *sommergibili* possono muoversi proprio grazie al **vapore**; il reattore nucleare, su di esse installato come elemento fondamentale di produzione di energia, può infatti soltanto produrre calore. Questo calore viene utilizzato per generare vapore e azionare una **turbina**, che è quella che effettivamente produce la *forza motrice*. Tale forza viene trasmessa alle eliche del sommergibile o della nave.

Macchine a vapore a turbina sono poi fondamentali nella produzione di energia tramite le **reazioni nucleari**. Nelle centrali nucleari infatti nel cuore del reattore si produce una reazione di fissione nucleare. Questa energia, di per sé, sarebbe inutilizzabile se non fosse convertita. Qui interviene la turbina a vapore: l'energia prodotta dalle reazioni nucleari viene utilizzata per produrre vapore che mette in movimento una turbina che, girando, può produrre **energia elettrica**.



FONTI:

www.treccani.it/enciclopedia/macchina-a-vapore

www.vittorininet.it/supporto/multimedia/rivoluzioneindustriale

www.doc.studenti.it/appunti/fisica/macchine-vapore.html

di Elisa Bielli & Viviana Bosello