

Sistemi per la trasmissione del moto: la trasmissione del moto all'interno di un sistema avviene grazie ad una serie di componenti di diversa tipologia tra i quali possiamo ricordare:

- alberi di trasmissione rigidi, flessibili e snodati
- viti di manovra normali ed a ricircolo di sfere
- giunti rigidi e flessibili
- innesti meccanici, elettromeccanici e pneumatici
- freni elettromagnetici
- ruote libere

Gli *alberi di trasmissione* sono dispositivi utilizzati per trasmettere il moto tra due alberi che possono essere sullo stesso asse, incidenti o paralleli; il tipo di albero più semplice è un albero rigido che può essere a sezione circolare oppure a sezione tubolare. Il dimensionamento di un albero rigido viene fatto in base al momento da trasmettere determinando la tensione tangenziale con la formula

$$\tau = \frac{M_t}{W_t} \quad [\text{N/mm}^2]$$

dove  $M_t$ =momento torcente [Nmm]  
 $W_t$ =modulo di resistenza a torsione [mm<sup>3</sup>]

e confrontando tale tensione tangenziale calcolata con la tensione tangenziale ammissibile. Se la sollecitazione è semplice<sup>1</sup> la tensione tangenziale ammissibile può calcolarsi con la formula

$$\tau_{amm} = \frac{\sigma_{amm}}{\sqrt{3}}$$

dove  $\sigma_{amm}$  si ricava dividendo la tensione di snervamento o la tensione massima del materiale per un opportuno coefficiente di sicurezza.

Un albero rigido correttamente montato non presenta particolari esigenze di manutenzione; occorre però ricordare che gli alberi hanno particolari esigenze di equilibratura, soprattutto se ruotano ad elevata velocità.

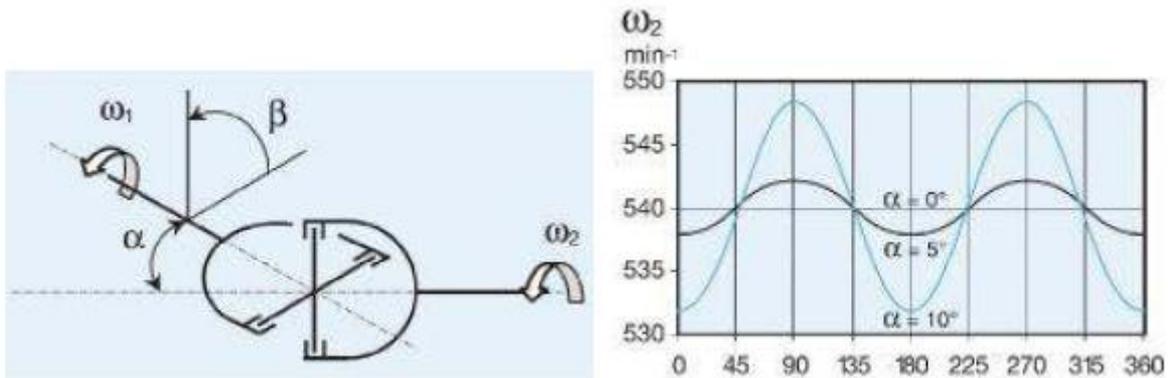
Quando per la geometria del sistema non è possibile utilizzare un albero di tipo rigido si ricorre agli *alberi flessibili* od agli alberi snodati; i primi sono formati da cavi in acciaio ritorti in forma elicoidale avvolti l'uno sull'altro in spire inverse. In questo tipo di alberi la massima potenza trasmissibile si ha quando lo strato esterno di spirale durante la trasmissione si blocca sulla strato sottostante; nel caso contrario la potenza trasmissibile è pari al 65%.

Gli *alberi snodati* presentano alle loro estremità degli snodi, in genere di tipo cardanico, che permettono di compensare le variazioni angolari. Gli snodi di tipo cardanico sono formati da due forcelle tra le quali è interposta una crociera; se indichiamo con  $\omega_1$  la velocità di rotazione

---

<sup>1</sup> Con sollecitazione semplice si intende una sollecitazione dove è presente soltanto un tipo di sollecitazione come torsione, flessione, ecc.

dell'albero conduttore e con  $\omega_2$  la velocità di rotazione dell'albero condotto avremo  $\omega_1 = \omega_2$  soltanto se i due assi sono allineati; in tutti gli altri casi ad una velocità  $\omega_1$  costante corrisponde una velocità  $\omega_2$  oscillante attorno ad un valore medio; tale oscillazione è tanto maggiore quanto maggiore è l'angolo di snodo  $\alpha$  tra i due alberi.



L'oscillazione di velocità può essere annullata se gli alberi sono paralleli tra loro ed i giunti cardanici sono due con angoli  $\alpha_1$  e  $\alpha_2$  uguali tra loro; in questo caso il moto viene trasmesso in modo omocinetico.

La manutenzione di un albero snodato prevede la lubrificazione delle crociere ad intervalli regolari; tale lubrificazione viene fatta grazie a dei nippli presenti sulle crociere stesse. Oltre alla lubrificazione il manutentore deve verificare la presenza di giochi che possono venir eliminati spessorando le crociere o procedendo alla loro sostituzione.

Le *viti di manovra* costituiscono uno dei metodi utilizzati per trasformare un moto rotatorio in un moto rettilineo; le viti di manovra classiche sono realizzate con una vite trapezia abbinata ad una chiocciola in metallo a basso coefficiente di attrito; una versione più evoluta è costituita dalla vite di manovra a ricircolo di sfere; tale vite di manovra, grazie al bassissimo attrito in casi particolari può essere reversibile e trasformare un moto rettilineo in un moto rotatorio.

Le viti di manovra a ricircolo di sfere vengono usate in particolare per muovere gli assi nelle macchine utensili a controllo numerico; in genere la manutenzione si limita alla lubrificazione indicata dal costruttore ed al controllo della presenza di giochi.

I *giunti* sono componenti meccanici che consentono la trasmissione del moto tra un albero motore ed un albero attuatore che per motivi costruttivi o di montaggio sono disgiunti. I giunti si dividono nelle seguenti categorie:

- *giunti rigidi*, formati da due semigiunti uniti da viti; gli alberi uniti da tali giunti devono essere perfettamente allineati; la trasmissione del moto avviene per attrito; non richiedono particolare manutenzione
- *giunti flessibili*, possono essere a lamelle, a soffiutto o con elastomero; permettono la trasmissione del moto anche se gli alberi non sono perfettamente allineati; poichè i loro componenti costruttivi risentono della fatica occorre utilizzare una manutenzione di tipo preventivo

Nella scelta dei giunti occorre tener conto dei seguenti parametri:

- coppia da trasmettere
- numero di giri
- disassamento angolare, assiale e radiale

Gli *innesti* sono dispositivi che tramite un comando mettono in comunicazione l'albero motore con quello condotto consentendo di innestare o disinnestare la trasmissione a seconda delle esigenze dell'impianto.

A seconda del tipo di comando gli innesti si dividono in:

- *innesti meccanici* nei quali la trasmissione del moto avviene grazie allo spostamento di un ingranaggio a denti frontali o radiali comandato da una leva
- *innesti elettromeccanici* nei quali lo spostamento dell'ingranaggio a denti frontali o radiali avviene grazie all'azione di un elettromagnete
- *innesti pneumatici* nei quali lo spostamento dell'ingranaggio a denti frontali o radiali avviene grazie all'azione dell'aria compressa

I parametri da considerare nella scelta di un innesto sono i seguenti:

- coppia massima da trasmettere
- numero di giri
- tensione e corrente di alimentazione (per gli innesti ad azionamento elettrico)
- pressione di alimentazione (per gli innesti ad azionamento pneumatico)

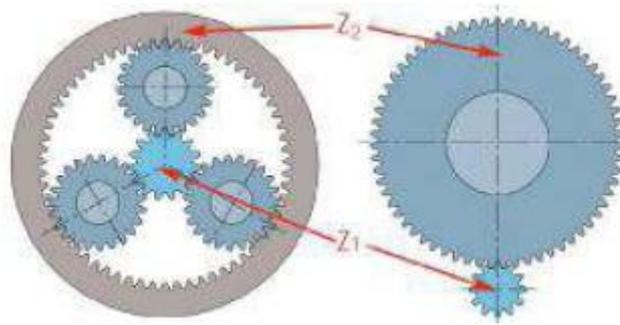
I *riduttori* sono sistemi meccanici che consentono la trasmissione del moto da un albero motore ad un albero condotto variandone la velocità in funzione del rapporto di trasmissione. I parametri fondamentali che identificano un riduttore sono:

- coppia da trasmettere
- rapporto di riduzione
- velocità in ingresso
- tipo di riduttore e numero di stadi

I principali tipi di riduttore sono:

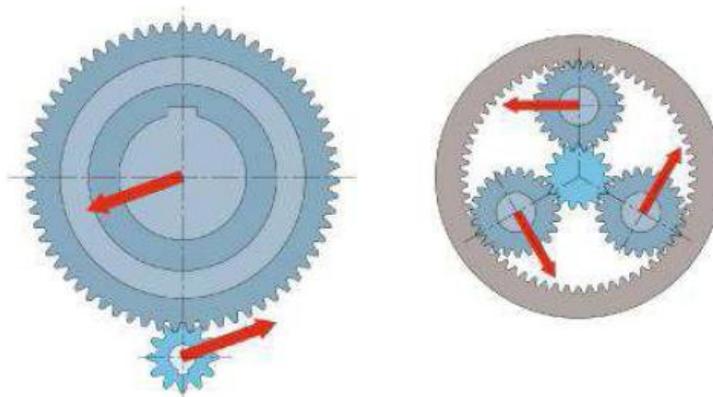
- *riduttori vite senza fine-ruota elicoidale*, utilizzati quando è necessario un elevato rapporto di riduzione e l'albero motore non ruota molto velocemente
- *riduttori ad ingranaggi*, formati da una (riduttore monostadio) o più coppie (pluristadio) di ruote dentate; i riduttori ad ingranaggi possono avere gli alberi di ingresso ed uscita coassiali, ortogonali o paralleli tra loro
- *riduttori epicicloidali*, sono utilizzati quando occorre trasmettere coppie elevate con rapporti

di trasmissione elevati; un riduttore epicicloidale è formato da un pignone che ruota all'interno di una corona con interposte 3 ruote oziose



nella figura a sinistra è rappresentato il rotismo di un riduttore epicicloidale mentre a destra è rappresentato il rotismo di un riduttore ad ingranaggi avente uguale rapporto di trasmissione.

Oltre a permettere elevati rapporti di trasmissione i riduttori epicicloidali sono dinamicamente equilibrati in quanto le forze generate dalle ruote dentate sono equilibrate tra loro



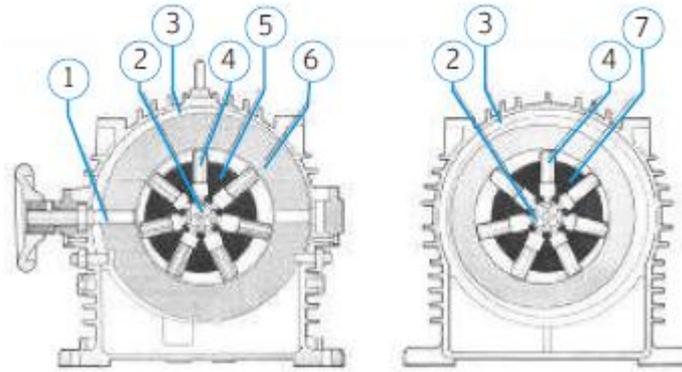
Dal punto di vista della manutenzione i riduttori meccanici richiedono il controllo del livello olio e/o la sua sostituzione ad intervalli regolari.

I *variatori* sono dispositivi meccanici che consentono la trasmissione del moto tra un albero motore ed un albero condotto con una variazione continua del rapporto di trasmissione mediante un comando di tipo manuale od automatico.

I principali tipi di variatore sono:

- *variatore a cinghia*, il cui funzionamento è basato su una cinghia trapezoidale che trasmette il moto dalla puleggia motrice alla puleggia condotta; il funzionamento dei variatori a cinghia è basato sulla variazione del diametro di rotazione della cinghia nelle due pulegge; tale variazione viene comandata da una leva nei variatori a comando manuale, da masse azionate dalla forza centrifuga nei variatori a comando automatico; in questi ultimi le masse si trovano in genere nella puleggia motrice mentre nella puleggia condotta è presente una molla che tiene in tensione la cinghia

- *variante epicicloidale*, funziona secondo uno schema simile a quello del riduttore epicicloidale; in questo caso però il supporto degli ingranaggi planetari può ruotare e con la sua rotazione permette di variare il rapporto di trasmissione
- *variante idrostatica*, basato su una pompa idraulica volumetrica a pistoncini radiali a cilindrata variabile che invia fluido idraulico ad un motore volumetrico a pistoncini variabili a cilindrata fissa; la variazione di velocità si ottiene variando la cilindrata della pompa volumetrica



Schema della pompa primaria di un variatore continuo di velocità, in cui si possono osservare l'albero di regolazione (1), l'albero di distribuzione (2), la cassa del variatore (3), i pistoncini (4), la pompa (5), l'anello di regolazione (6) e l'idromotore (7).

Le dati tecnici dei variatori, comuni ai tre tipi indicati sono:

- la coppia massima trasmissibile
- il numero massimo di giri
- l'intervallo all'interno del quale varia il rapporto di trasmissione

per quanto riguarda la manutenzione occorre controllare regolarmente lo stato della cinghia nei variatori a cinghia e controllare o sostituire l'olio nei variatori epicicloidali e idrostatici (nei variatori epicicloidali l'olio agisce come lubrificante mentre nei variatori idrostatici con il termine olio si intende il fluido di lavoro).

I *cambi di velocità* sono dispositivi meccanici che interposti tra l'albero motore e l'albero di trasmissione permettono di variare il rapporto di trasmissione mediante l'ingranamento di coppie di ruote dentate comandate da manicotti scorrevoli a innesti frontali. I manicotti sono comandati da una leva grazie ad opportuni rinvii.

Nel tipo più semplice di cambio sono presenti due alberi, chiamati primario e secondario, collegati rispettivamente all'albero motore e all'albero condotto (albero di trasmissione); su questi alberi sono presenti un numero di coppie di ruote dentate pari al numero dei rapporti del cambio.

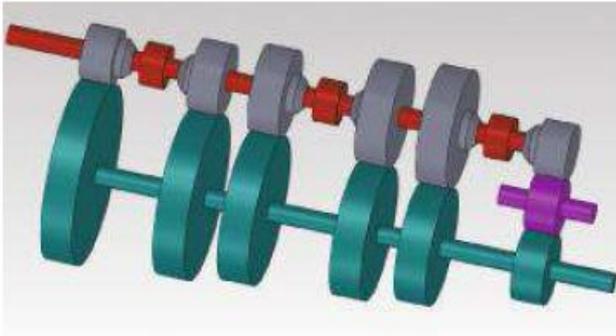
I parametri che identificano un cambio di velocità sono:

- la coppia massima in ingresso
- il numero di giri massimo

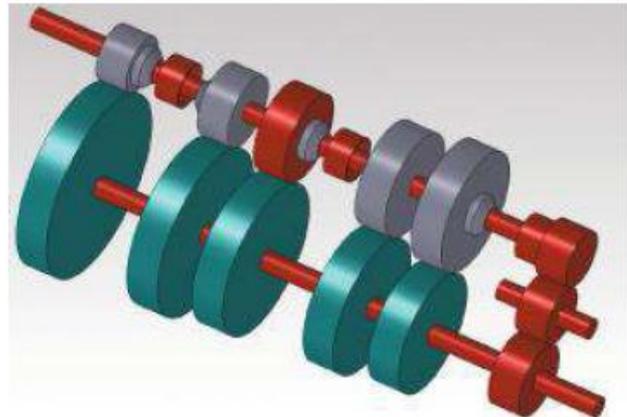
- il numero di rapporti di trasmissione
- il rapporto di trasmissione relativo ad ogni singolo rapporto

La manutenzione di un cambio meccanico prevede il controllo e l'eventuale sostituzione del lubrificante secondo quanto indicato dal costruttore; oltre a questo occorre verificare il corretto inserimento delle singole marce.

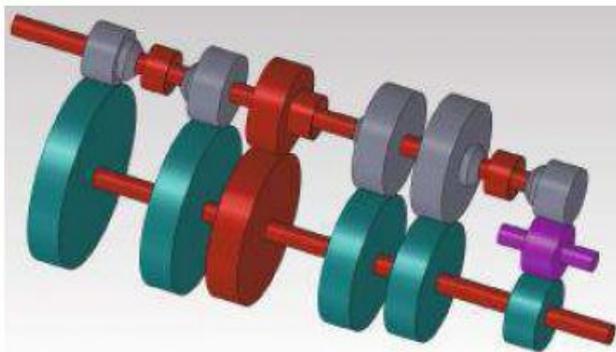
Nelle figure seguenti è rappresentato il funzionamento di un cambio di velocità a 5 marce in folle, in terza marcia ed in retromarcia.



Schema di un cambio di velocità meccanico con albero primario in rotazione e secondario fermo.



Schema di funzionamento di un cambio di velocità meccanico con la retromarcia inserita.



Schema di funzionamento di un cambio di velocità meccanico con la terza marcia inserita.

Motori a combustione interna: sono compresi in questa categoria tutti i dispositivi che convertono, all'interno di una camera presente nel motore, l'energia chimica contenuta in una miscela aria-combustibile in energia termica.

Una prima classificazione di questi dispositivi è in:

- *motori volumetrici* nei quali le diverse fasi vengono compiute in sequenza all'interno di una camera di volume stabilito
- *motori continui*, nei quali le diverse fasi vengono compiute contemporaneamente in diverse parti del motore

I motori volumetrici possono essere alternativi o rotativi; nel primo caso abbiamo i

- *motori ad accensione comandata* (ciclo Otto), alimentati con combustibili leggeri (benzina, metano, GPL), possono essere a 2 o 4 tempi se le quattro fasi della combustione vengono completate in uno o due giri dell'albero motore
- *motore ad accensione spontanea* (ciclo Diesel), alimentati a gasolio, in genere sono a 4 tempi anche se esistono motori a 2 tempi a ciclo Diesel di grande cilindrata dedicati ad applicazioni stazionarie o ad uso navale.

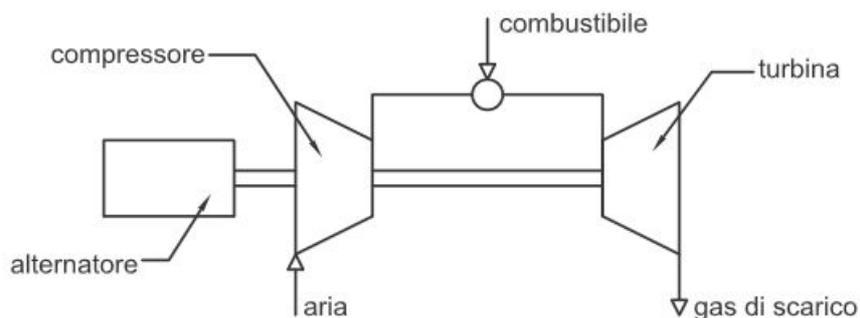
Tra i motori volumetrici rotativi occorre ricordare il motore Wankel nel quale le quattro fasi vengono realizzate da un pistone a tre lobi che ruota all'interno di una camera dalla forma che assomiglia ad un ovale; tale motore, caratterizzato da un ottimo rapporto peso-potenza e da una quasi completa assenza di vibrazioni è oggi un prodotto di nicchia a causa di problemi di consumo e inquinamento.

Tutti i motori volumetrici possono essere dotati di un sistema di sovralimentazione dove è presente un compressore azionato dai gas di scarico (turbocompressore) o dallo stesso albero motore (compressore volumetrico); tale sistema permette di immettere nel motore un volume di aria superiore a quello aspirabile a pressione atmosferica e di generare quindi una maggiore potenza specifica. La presenza del sistema di sovralimentazione è indispensabile nei motori a 2 tempi a ciclo Diesel nei quali non avviene l'aspirazione nel carter e il successivo passaggio della miscela aria-benzina in camera di scoppio attraverso i travasi.

Nella maggior parte dei motori attuali il combustibile viene immesso nel motore grazie ad un sistema di iniezione; si parla di iniezione diretta se il combustibile viene immesso direttamente nella camera di scoppio, di iniezione indiretta se viene iniettato in una precamera (motori Diesel) o nel collettore di aspirazione (motori a ciclo Otto).

Tra i *motori continui* occorre ricordare le turbine a gas e i motori a reazione:

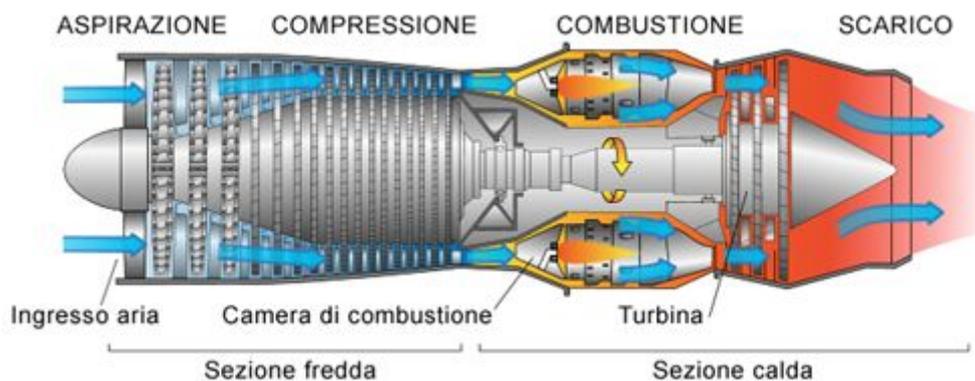
- *le turbine a gas*, nella forma più semplice sono formate da un compressore e da una turbina montati sullo stesso albero e collegati in modo tale che l'uscita del compressore sia collegata all'ingresso della turbina; nel condotto tra i due è presente una camera di combustione nella quale viene iniettato il combustibile; la combustione di quest'ultimo provoca un forte aumento della temperatura e, di conseguenza, della pressione dell'aria; tale aumento di pressione viene trasformato in energia meccanica dalla turbina; una parte di tale energia viene utilizzata per far ruotare il compressore, la restante viene trasformata in energia elettrica grazie ad un alternatore, se la turbina viene utilizzata per produrre energia elettrica; nella figura seguente è rappresentata schematicamente una turbina a gas di questo tipo



A seconda delle dimensioni della turbina può essere necessario interporre un riduttore per adeguare il numero di giri della turbina a quello dell'alternatore.

Nella propulsione aeronautica al posto dell'alternatore viene collegata un'elica che genera la spinta necessaria a far avanzare l'aereo; in questo caso si parla di motore *turboelica*. Le turbine a gas vengono utilizzate anche per la propulsione di elicotteri, carri armati e navi, soprattutto grazie al loro basso rapporto peso/potenza. L'utilizzo come mezzo propulsivo per veicoli non ha mai avuto successo a causa della difficoltà di tale motore ad adattarsi a repentine variazioni di potenza e numero di giri. Le turbine a gas possono utilizzare diversi combustibili liquidi, come il cherosene, oppure gassosi, come il metano.

A parte alcune turbine di piccola taglia, le turbine a gas reali differiscono dalla figura precedente in quanto sia il compressore che la turbina sono realizzati con giranti assiali multistadio; questo tipo di configurazione infatti si presta meglio a lavorare con l'elevata portata d'aria propria di queste macchine



- I *motori a reazione* funzionano secondo uno schema analogo a quello delle turbine a gas; la differenza fondamentale è che la turbina in questo caso produce soltanto l'energia meccanica necessaria ad alimentare il compressore; la restante quantità di gas ad alta pressione viene utilizzata per generare la spinta che permette l'avanzamento dell'aereo; tale spinta può inoltre venir ulteriormente aumentata grazie all'utilizzo dei postcombustori.

La manutenzione delle turbine a gas viene fatta seguendo un piano di manutenzione molto dettagliato al quale i manutentori devono attenersi con molta attenzione.

Consumo specifico: si definisce consumo specifico di un motore a combustione interna il rapporto tra la quantità di combustibile consumata dal motore e l'energia meccanica prodotta chiamata tecnicamente *lavoro utile*

$$c_{sp} = \frac{m_c}{L_u} \quad \left[ \frac{g}{kWh} \right]$$

Potere calorifico dei combustibili: il funzionamento di un MCI è basato sulla seguente trasformazione energetica

Energia chimica → MCI → Energia termica + Energia meccanica

In valore dell'energia chimica contenuta nel combustibile viene definito potere calorifico; nelle tabelle che indicano questo parametro per i diversi combustibili troviamo due valori chiamati rispettivamente *potere calorifico superiore* e *potere calorifico inferiore*; tali valori differiscono per

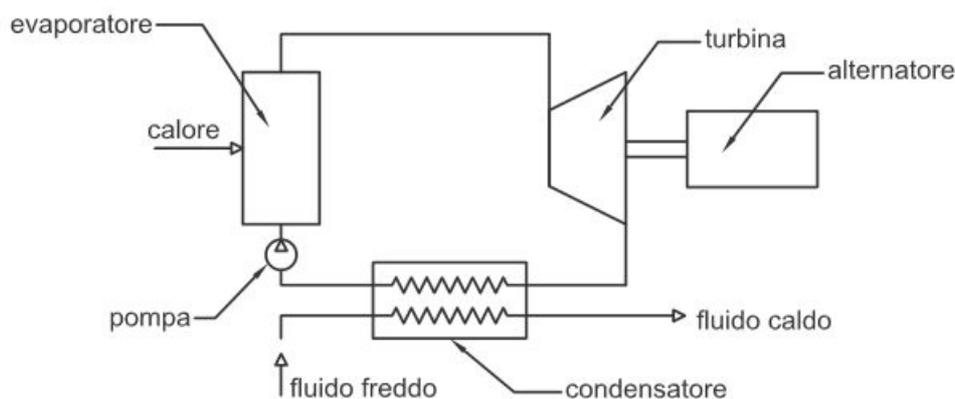
il calore latente di vaporizzazione dell'acqua prodotta durante la reazione di combustione<sup>2</sup>. Nella maggior parte delle applicazioni pratiche tale valore non è recuperabile; per questo motivo nei calcoli conviene utilizzare il potere calorifico inferiore.

I valori del potere calorifico di alcuni dei combustibili più usati nei MCI è indicato nella seguente tabella

Combustibile	$\Delta_c H_s^\circ$ (kJ/kg)	$\Delta_c H_i^\circ$ (kJ/kg)
Benzina	46000	43600
Gasolio	47300	44400
GPL	-	46100
Metano	55500	50000

Turbine a vapore: una turbina a vapore è una macchina che converte l'energia posseduta dal vapore surriscaldato in energia meccanica; questo tipo di macchine vengono utilizzate negli impianti a vapore destinati alla produzione di energia elettrica dove il vapore viene prodotto riscaldando dell'acqua con il calore prodotto dalla combustione di carbone od altri combustibili a basso costo o dal recupero del calore proveniente da altre attività industriali.

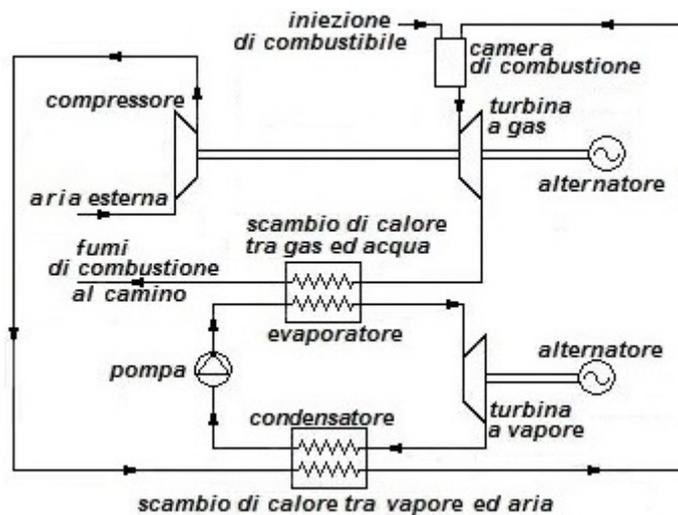
Nel cosiddetto *ciclo a vapore* il vapore surriscaldato si espande all'interno di una turbina assiale multistadio che ne trasforma l'energia in energia meccanica; all'uscita della turbina il vapore, che ha perso gran parte della sua energia viene convogliato in un condensatore dove cede il calore residuo ad un condensatore e ritorna allo stato liquido prima di essere inviato di nuovo nella caldaia da una pompa iniziando di nuovo il ciclo. Data la gran massa di acqua necessaria per il funzionamento questi impianti sono infatti a ciclo chiuso.



Nella figura qui sopra è rappresentato lo schema di un impianto a vapore, nella sua forma più semplice; il rendimento del ciclo termodinamico aumenta al crescere della temperatura raggiunta dal vapore ed è limitato dalla capacità dei materiali di lavorare ad alta temperatura.

Impianti combinati (cogenerazione): gli impianti combinati sono impianti che sfruttano il calore dei fumi in uscita da una turbina a gas come fonte di energia per far funzionare un impianto a vapore.

<sup>2</sup> Se prendiamo come esempio la reazione di combustione del metano  $CH_4 + 2O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O$  vediamo che tra i prodotti della reazione sono presenti due molecole d'acqua



Negli impianti di ultima generazione (2005) si riesce a raggiungere un rendimento del 40% se consideriamo l'impiego della sola turbina a gas e del 60% se consideriamo l'intero impianto combinato. In questi impianti la temperatura di ingresso dei gas in turbina può raggiungere i 1400-1500 °C grazie a materiali speciali ed a un attento studio del raffreddamento delle parti più sollecitate.

Turbine idrauliche: una turbina idraulica è una macchina motrice che converte l'energia cinetica e potenziale dell'acqua in energia meccanica; tale energia viene resa disponibile su un albero rotante il cui asse può essere orizzontale, verticale od obliquo.

All'asse della turbina è collegato un alternatore che trasforma l'energia meccanica in energia elettrica ruotando alla stessa velocità della turbina; a seconda del numero di coppie di poli dell'alternatore<sup>3</sup> la turbina dovrà ruotare ad un numero di giri costante del cui mantenimento si occupa un sistema di regolazione (tale punto è fondamentale perchè la corrente immessa in rete *deve essere* a frequenza costante).

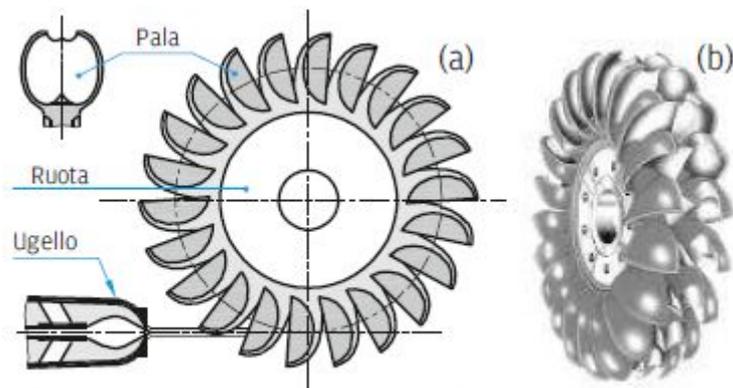
Negli impianti idroelettrici prima della turbina idraulica sono presenti un otturatore che permette di bloccare il flusso dell'acqua quando occorre effettuare interventi di manutenzione ed un pozzo piezometrico che evita il colpo d'ariete dovuto all'arresto dell'acqua in movimento.

Ogni tipo di turbina idraulica è formata da una parte fissa, chiamata *statore*, che si occupa di deviare il flusso dell'acqua verso la parte rotante, chiamata *rotore*; in quest'ultimo il flusso viene deviato dalle palettature cedendo la sua energia che viene trasformata in energia meccanica.

A seconda del *dislivello* tra il bacino e la turbina (salto) e della *portata d'acqua* vengono adottate turbine di diversa configurazione.

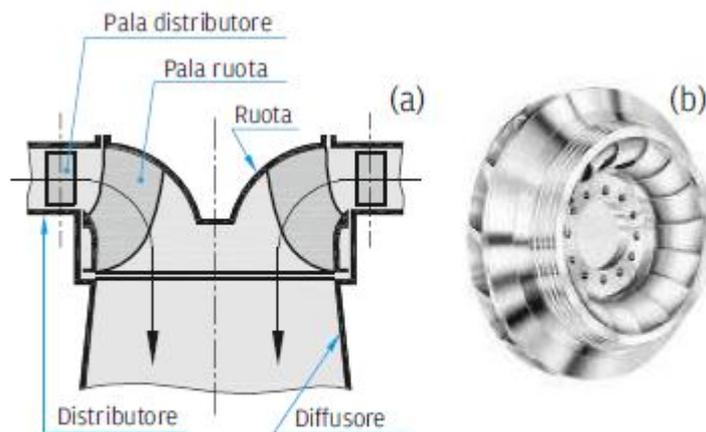
Per grandi salti e basse portate viene adottata una turbina di tipo *Pelton*, dove il distributore è formato da uno o più ugelli convergenti all'interno dei quali è presente una spina conica che funge da organo di regolazione (ago Doble); in queste turbine il rotore è costituito da pale a forma di doppio cucchiaio sulle quali il flusso dell'acqua si divide cedendo la sua energia.

3  $n = \frac{60 \cdot f}{z_{coppie}}$  dove f=frequenza di rete e z=numero di coppie di poli



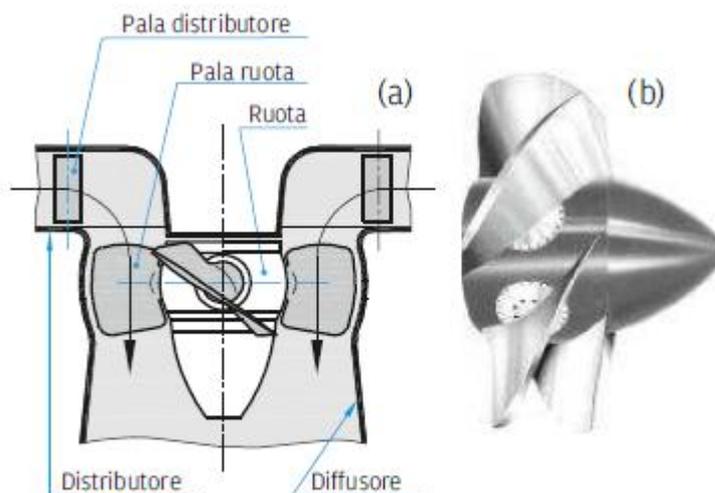
**C1.97** Turbina Pelton: a) schema; b) vista della ruota.

La turbina *Francis* viene adottata quando il salto e la portata hanno un valore medio; per questo motivo è il tipo di turbina idraulica più diffusa. In essa il distributore ha la forma di una chiocciola all'interno della quale sono presenti delle palette che orientano il flusso dell'acqua aumentando la sua velocità a spese della pressione; successivamente l'acqua attraversa il rotore nel quale ruota di 90° orientandosi verso l'uscita.



Turbina Francis: a) schema; b) vista della ruota.

La turbina *Kaplan* viene adottata in caso di grandi portate con un dislivello di pochi metri; è fondamentalmente un'elica intubata con le pale (da 2 a 8) che possono ruotare per regolare la velocità di rotazione a seconda del flusso che investe la turbina.



Turbina assiale Kaplan: a) schema; b) vista della ruota.

È importante notare che nella turbina Pelton il flusso è sempre tangenziale, nella Francis entra tangenzialmente ed esce assialmente mentre nella Kaplan il flusso è sempre assiale.

Per il calcolo della potenza meccanica erogata da una turbina idraulica si utilizza la formula

$$P_{eff} = \eta \rho g Q_v H_n$$

dove:  $\eta$ =rendimento della turbina [adimensionale]  
 $\rho$ =massa volumica dell'acqua [kg/m<sup>3</sup>]  
 $g$ =accelerazione di gravità [m/s<sup>2</sup>]  
 $Q_v$ =portata in volume [m<sup>3</sup>/s]  
 $H_n$ =salto netto [m]

Sistemi di sollevamento e trasporto: i sistemi di sollevamento utilizzati all'interno dei locali industriali vengono classificati in:

- gru a ponte
- gru a mensola
- gru a bandiera
- gru a portale leggera
- gru a trasporto lineare

La *gru a ponte*, chiamata anche *carroponte*, è un sistema di sollevamento costituito da due binari fissati alla struttura di un capannone sui quali scorre una traversa motorizzata chiamata *ponte*; su questa traversa è presente un *paranco* che può scorrere tra le due estremità della trave trasportando i carichi all'interno dell'area di lavoro. Se il ponte è unico il sistema si definisce *monotrave*, se è doppio si definisce *bitrave* ed ha una portata maggiore; la distanza tra i due binari viene chiamata *scartamento*. Le gru a ponte più grandi raggiungono una portata di 120 t con uno scartamento fino a 40 m.

La *gru a mensola* è un sistema di sollevamento costituito da un braccio scorrevole su due binari posti sullo stesso lato del capannone; la portata massima può raggiungere le 5t con uno sbraccio fino a 12m.

La *gru a bandiera* è un sistema di sollevamento costituito da un braccio che può ruotare attorno ad una colonna o rispetto ad una parete; su questo braccio può scorrere un argano che ha il compito di sollevare il carico. Se il braccio è fissato ad una colonna esso può ruotare di 360°, mentre se è fissato ad una parete la sua rotazione è limitata a 180°; la portata di una gru a bandiera può raggiungere le 6 t con uno sbraccio fino a 12 m.

La *gru a portale leggera* è un sistema di sollevamento trasportabile formato da una trave fissata ai suoi estremi a due supporti muniti di ruote per lo spostamento; sulla trave può scorrere un argano destinato al sollevamento dei carichi.

La *gru a trasporto lineare* è un sistema di sollevamento destinato alla movimentazione dei carichi lungo una direzione principale.

I dati fondamentali di ogni tipo di sistema di sollevamento sono la *portata* e lo *sbraccio* o lo *scartamento*, seconda del tipo di sistema; occorre fare attenzione che la portata dichiarata spesso

non è costante ma diminuisce tanto più quanto il punto di attacco del carico si allontana da dove è vincolato il sistema.

Robot: i robot sono sistemi meccatronici muniti di servomeccanismi capaci di muoversi nello spazio circostante e manipolare oggetti od effettuare operazioni di lavoro. La loro programmazione viene fatta tramite linguaggi specifici oppure, se il sistema di controllo lo prevede, mediante procedure di autoapprendimento. Il loro utilizzo è sempre maggiore; vengono impiegati principalmente per eseguire operazioni ripetitive oppure operazioni da svolgersi in ambienti pericolosi per la salute. A seconda delle loro caratteristiche assumono diverse denominazioni.

- Robot antropomorfi: sono robot che mirano a riprodurre i movimenti di un braccio umano; hanno un numero di gradi di libertà variabile da 4 a 6; sono utilizzati per lavorazioni meccaniche ed assemblaggi; in genere l'utensile posto alla fine del braccio è intercambiabile.
- Robot cartesiani: sono robot in grado di muoversi lungo gli assi x, y, z; sono meno versatili dei robot antropomorfi (non sono in grado di effettuare movimenti complessi) ma più rigidi ed adatti a carichi importanti
- Robot SCARA: sono manipolatori semplici nei quali la pinza può compensare piccoli errori di posizionamento in direzione orizzontale ma non in direzione verticale (la traduzione della sigla è robot di montaggio a cedevolezza selettiva).

I parametri che possono influenzare nella scelta di un particolare modello di robot sono:

- traiettoria da seguire
- peso da manovrare
- campo di lavoro
- precisione di posizionamento

In genere i robot non richiedono particolari interventi di manutenzione; in caso di anomalie gli interventi sono in genere affidati a tecnici specializzati.

Trasportatori: sono dispositivi utilizzati per la movimentazione di oggetti lungo una linea di produzione; sono divisi in:

- trasportatori a nastro, dove le merci sono trasportate da un nastro in materiale elastico
- trasportatori a catena polivertebrata, dove il nastro è sostituito da elementi rigidi in materiale plastico incernierati tra loro

In genere i trasportatori non richiedono particolari interventi di manutenzione; in genere gli interventi manutentivi si limitano alla sostituzione degli elementi usurati.