

## “PISTONE A PRISMA ROMBICO SNODATO PER MACCHINE TERMICHE”

Brevetto di invenzione industriale depositato il 18/11/2008 con il N. TO 2008 A 000847

A nome di: Scialla Vittorio, residente in Torino (TO), Via Cibrario 114,

[vittorio.scialla@strumentiperleaziende.com](mailto:vittorio.scialla@strumentiperleaziende.com).

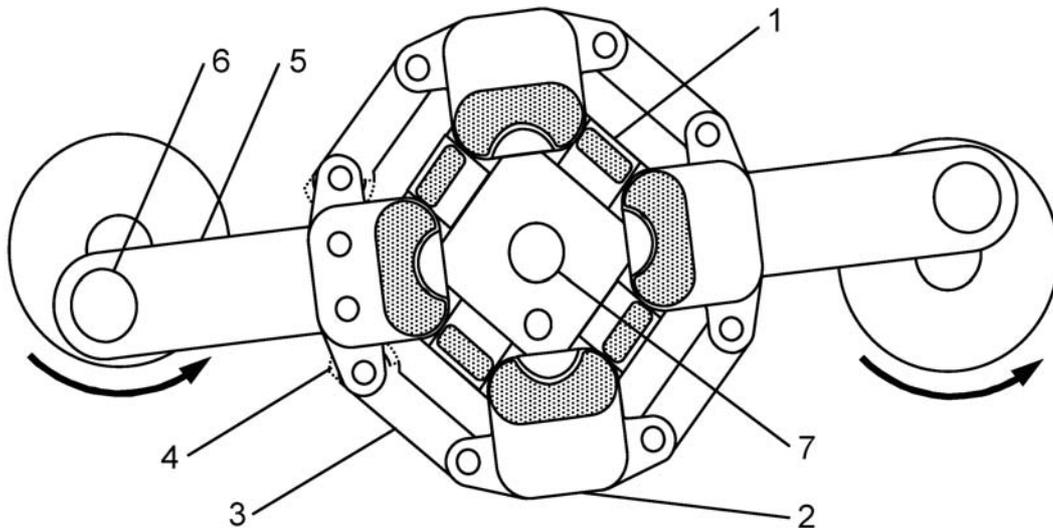
### RIASSUNTO

Pistone a prisma rombico snodato per macchine termiche, dotato di quattro lati mobili (1), incernierati a quattro maglie di collegamento (2), in modo da formare, unitamente a due piani paralleli presenti all'interno di un corpo macchina, una camera chiusa a geometria variabile, sostanzialmente a forma di prisma rombico retto, il cui volume varia al variare dell'orientamento relativo di detti quattro lati.

Due opposti spigoli snodati di detto pistone sono dotati di aste di pistone (5), collegate a due manovelle (6) che, per effetto di un sistema di trasmissione, ruotano nello stesso senso e alla stessa velocità e sono sfasate di  $180^\circ$ , in modo che detto prisma rombico snodato si mantiene sempre centrato rispetto alle valvole di aspirazione e di scarico (7), poste una di fronte all'altra in detti due piani paralleli di detto corpo macchina.

Il parallelismo e l'allineamento tra detti elementi di detto pistone vengono assicurati da barre di collegamento (3) e ingranaggi (4) ausiliari.

Detto pistone a prisma rombico snodato trova applicazione nella realizzazione di motori a combustione interna, motori Stirling a ciclo chiuso e pompe di calore a ciclo Stirling inverso.



## **“PISTONE A PRISMA ROMBICO SNODATO PER MACCHINE TERMICHE”**

Brevetto di invenzione industriale depositato il 18/11/2008 con il N. TO 2008 A 000847

A nome di: Scialla Vittorio, residente in Torino (TO), Via Cibrario 114,

[vittorio.scialla@strumentiperleaziende.com](mailto:vittorio.scialla@strumentiperleaziende.com).

### **DESCRIZIONE**

#### **CAMPO DELL'INVENZIONE**

La presente invenzione si riferisce a pistoni a prisma rombico snodato, utilizzabili per realizzare macchine termiche, quali: motori a combustione interna, motori Stirling a ciclo chiuso, e pompe di calore a ciclo Stirling inverso.

#### **ANTEFATTI DELL'INVENZIONE**

Fin dalla loro invenzione, i motori a combustione interna sono stati oggetto di continui sforzi per migliorarne le caratteristiche e superare le limitazioni dei motori a pistoni cilindrici. Negli anni sono stati fatti importanti progressi, e sono stati proposti molti nuovi concetti. Tuttavia, nonostante le numerose soluzioni alternative proposte, l'unico motore che ha avuto un discreto successo commerciale è il motore a pistone rotante di Felix Wankel, US Patent 2988008 del 1961.

È altresì molto sentita l'esigenza di motori in grado di convertire energia a bassa intensità, quale l'energia solare e l'energia residua dei processi industriali e delle caldaie da riscaldamento, per la generazione distribuita di energia elettrica. Le macchine termiche Stirling a ciclo chiuso, ideate da Robert Stirling, English patent 4081 del 1916, poiché lavorano a pressioni molto inferiori di quelle dei motori a combustione interna, richiedono pistoni di maggiori dimensioni ed elevate precisioni di lavorazione per garantire una buona tenuta pneumatica, e questi fattori ne limitano, in molti casi, la fattibilità economica.

#### **SCOPI DELL'INVENZIONE**

Uno scopo della presente invenzione è di realizzare motori a combustione interna più efficienti dei motori a pistoni cilindrici, ed in particolare con minori perdite di energia dovute vibrazioni ed attriti.

Un ulteriore scopo della presente invenzione è di realizzare motori a combustione interna con potenza specifica superiore a quella dei motori a pistoni cilindrici.

Un ulteriore scopo della presente invenzione è di realizzare motori a combustione interna aventi maggiore affidabilità e durata rispetto ai motori a pistoni cilindrici.

Un ulteriore scopo della presente invenzione è di realizzare motori a combustione interna aventi ingombri inferiori, rispetto a motori a pistoni cilindrici di pari potenza.

Un ulteriore scopo della presente invenzione è di realizzare motori e pompe di calore Stirling, anche di grandi dimensioni, senza le criticità costruttive dei motori e pompe di calore Stirling a pistoni cilindrici.

#### **SOMMARIO DELL'INVENZIONE**

La presente invenzione, come si potrà meglio comprendere dalle descrizioni che seguono, consiste in un pistone a geometria variabile, dotato di quattro lati mobili, incernierati tra loro e disposti in modo da formare un prisma rombico snodato. Il gas di lavoro è confinato tra detti quattro lati mobili e due piani paralleli fissi di un corpo macchina, tra i quali detto pistone può muoversi. La forza viene trasferita dal o al gas di lavoro attraverso due opposti spigoli di detto prisma rombico snodato.

Il parallelismo e l'allineamento tra detti elementi di detto pistone a prisma rombico snodato vengono

mantenuti con l'ausilio di elementi aggiuntivi, quali barre di collegamento e ingranaggi, che verranno descritti nella descrizione dettagliata.

Un motore a combustione interna a quattro tempi con pistoni a prisma rombico snodato presenta numerosi vantaggi rispetto ad un motore a pistoni cilindrici.

Un primo vantaggio è che, mentre un motore a pistoni cilindrici a quattro tempi effettua un ciclo completo ogni due giri dell'albero motore, un pistone a prisma rombico snodato compie un ciclo completo in un solo giro, e quindi, a pari velocità di rotazione, eroga una potenza doppia, ed eroga pari potenza a velocità di rotazione dimezzata, riducendo di oltre il 50% le perdite per attriti e le usure.

Un secondo vantaggio è che, in un pistone a prisma rombico snodato, le masse mobili sono ripartite equamente in due parti aventi moto contrapposto, per cui non producono alcuna vibrazione lineare, ma solo vibrazioni di coppia, le quali, in un motore a quattro pistoni a prisma rombico snodato, tendono ad annullarsi tra loro, riducendo sostanzialmente le perdite per vibrazioni.

Un terzo vantaggio è che, nonostante la corsa complessiva di un pistone a prisma rombico snodato sia maggiore di quella di un pistone cilindrico di pari cilindrata, detta corsa viene ripartita equamente tra due manovelle contrapposte, per cui la corsa effettiva di ciascuna manovella è circa l'80% di quella di un pistone cilindrico e, a pari velocità di rotazione, con potenza erogata doppia, le accelerazioni sono ridotte del 20%, mentre a pari potenza erogata, con velocità di rotazione dimezzata, dette accelerazioni sono ridotte dell'80%, e le perdite dovute a vibrazioni sono ulteriormente ridotte.

Un quarto vantaggio è che, mentre un pistone cilindrico produce spinta sulla manovella per 180° su 720°, pari al 25% della rotazione, un pistone a prisma rombico snodato produce spinta per circa 107°-109° su 360° pari al 30% della rotazione. In un motore a quattro pistoni a prisma rombico snodato, la spinta prodotta dai diversi pistoni avrà una sovrapposizione del 20%, e l'erogazione della coppia risulterà più livellata, analoga a quella di un motore a cinque pistoni cilindrici.

Un quinto vantaggio è che, mentre la biella di un pistone cilindrico varia continuamente la propria inclinazione rispetto al pistone, producendo forze laterali sul pistone stesso, un pistone a prisma rombico snodato trasmette la forza alle due manovelle cui è collegato, sempre parallelamente ai due piani paralleli fissi del corpo motore, evitando attriti ed usure dovuti a forze laterali sul pistone.

Pistoni a prisma rombico snodato consentono inoltre di realizzare motori e pompe di calore Stirling, anche di grandi dimensioni, senza le criticità costruttive delle macchine Stirling a pistoni cilindrici di grandi dimensioni, e con la possibilità di ottimizzare, in fase di progetto, lo scambio termico tra i gas di lavoro e i piani paralleli del corpo motore, agendo sulla distanza tra detti due piani paralleli.

#### **BREVE DESCRIZIONE DEI DISEGNI**

Nel seguito è riportata una descrizione dettagliata dell'invenzione, con riferimenti ai seguenti disegni: FIG. 1, 2, 3, 6, 8, 10, 11, 12, 15 e 17 sono viste dall'alto di forme di realizzazione di base di pistoni a prisma rombico snodato.

FIG. 4, 7, 9, 13, 16 e 18 sono viste in sezione rispettivamente dei pistoni di FIG. 3, 6, 8, 12, 15 e 17.

FIG. 5 e 14 sono viste frontali, rispettivamente dei pistoni di FIG. 3 e 12, posti tra due piani paralleli di un corpo macchina, rappresentato in sezione.

FIG. 19, 20 e 21 sono viste dall'alto di una forma di realizzazione di un pistone a prisma rombico snodato, adatta a realizzare motori a combustione interna.

FIG. 22 è una vista in sezione parziale del pistone di FIG. 21.

FIG. 23 è una vista assonometrica del pistone di FIG. 20.

FIG. 24 è una vista assonometrica in esploso del pistone di FIG. 20.

FIG. 25, 26, 27 e 28 sono viste dall'alto di una sequenza di quattro tempi del pistone a prisma rombico snodato di FIG. 20, collegato a due manovelle.

FIG. 29 è una vista dall'alto di un sistema di trasmissione per le manovelle del pistone di FIG. 20.

FIG. 30 è una vista laterale del pistone di FIG. 28, posto tra due piani paralleli di un corpo motore, rappresentati in sezione.

FIG. 31 è una vista dall'alto di un layout di un motore a combustione interna a quattro pistoni a prisma rombico snodato, del tipo illustrato in FIG. 26.

FIG. 32 è una vista dall'alto di un layout di un motore a combustione interna a otto pistoni a prisma rombico snodato, del tipo illustrato in FIG. 26.

FIG. 33, 34 e 37 sono viste dall'alto di forme di realizzazione di base di pistoni a prisma rombico snodato.

FIG. 35 e 38 sono viste in sezione, rispettivamente dei pistoni di FIG. 34 e 37.

FIG. 36 e 39 sono viste frontali rispettivamente dei pistoni di FIG. 34 e 37, posti tra due piani paralleli di un corpo macchina, rappresentati in sezione.

FIG. 40 e 41 sono viste dall'alto di una forma di realizzazione di un pistone a prisma rombico snodato adatta a realizzare macchine termiche Stirling a ciclo chiuso.

FIG. 42 è una vista assonometrica in esploso di due lati di un pistone a prisma rombico snodato, del tipo illustrato in FIG. 40, ma dotato di piastrine di tenuta.

FIG. 43 è una vista assonometrica del pistone di FIG. 40.

FIG. 44 è una vista dall'alto di un layout di una macchina Stirling a due pistoni a prisma rombico snodato, del tipo illustrato in FIG. 40.

## **DESCRIZIONE DETTAGLIATA DELL'INVENZIONE**

La seguente descrizione dettagliata viene data quale illustrazione ed esempio di alcune forme di realizzazione della presente invenzione e non intende limitare in alcun modo lo scopo delle rivendicazioni, essendo lo spirito e lo scopo della presente invenzione unicamente limitati da dette rivendicazioni.

Le FIG. 1, 2, 3, 4 e 5 illustrano una forma di realizzazione di base di un pistone a prisma rombico snodato, composto da quattro lati 201, di uguale lunghezza e altezza, collegati tra loro attraverso quattro maglie di collegamento 202, e otto perni cilindrici 203, in modo da formare una catena chiusa. Detto pistone è contenuto tra due piani paralleli 501, 502 di un corpo macchina, in modo da formare una camera chiusa a geometria variabile, sostanzialmente a forma di prisma rombico retto, il cui volume può variare da un massimo, quando gli angoli tra i lati adiacenti sono pari a  $90^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $90^\circ$ , come illustrato in FIG. 2, ad un minimo, quando detti angoli sono pari ai valori limite  $0^\circ$ ,  $180^\circ$ ,  $0^\circ$ ,  $180^\circ$ , come illustrato in FIG. 1, oppure  $180^\circ$ ,  $0^\circ$ ,  $180^\circ$ ,  $0^\circ$ , come illustrato in FIG. 3.

Detti lati 201 del pistone presentano una parte centrale 503 di lunghezza 506, dotata di fori per i perni 508, e due parti, superiore 504 e inferiore 505, di lunghezza minore 507, che formano due rientranze, nelle quali sono incernierate dette maglie di collegamento 509, anch'esse dotate di fori per i perni 508.

Detti lati 201 del pistone sono dotati, alle estremità, di superfici di accoppiamento cilindriche 401, 301, e dette maglie di collegamento 202 sono anch'esse dotate, alle estremità, di superfici di accoppiamento cilindriche 302.

La funzione di dette superfici di accoppiamento è di avere sempre un quasi-contatto tra detti lati del pistone e dette maglie di collegamento, al variare del loro orientamento relativo, in modo da confinare il gas di lavoro in un volume sostanzialmente chiuso. Allo scopo di realizzare una buona tenuta pneumatica, la lavorazione delle zone di accoppiamento tra detti lati del pistone e dette maglie di collegamento deve essere mantenuta entro limiti di tolleranza stabiliti.

La forza viene trasferita da o a detto pistone, attraverso le maglie di collegamento 202, 204, poste a due opposti spigoli snodati di detto prisma rombico.

Le FIG. 6 e 7 illustrano una variante della forma di realizzazione illustrata nelle FIG. 1, 2, 3, 4, e 5, in cui i lati 601 di detto pistone a prisma rombico snodato sono dotati di superfici di accoppiamento 602 piane, anziché cilindriche.

Le FIG. 8 e 9 illustrano una variante della forma di realizzazione illustrata nelle FIG. 1, 2, 3, 4, e 5, in cui i lati 801 di detto pistone a prisma rombico snodato sono dotati di superfici di accoppiamento in parte piane 802 e in parte cilindriche concave 803.

Le FIG. 10, 11, 12, 13 e 14 illustrano una variante della forma di realizzazione illustrata nelle FIG. 1, 2, 3, 4 e 5, in cui le maglie di collegamento 1102 sono poste nella parte centrale 1401 di detto pistone. I lati 1101 di detto pistone sono dotati alle estremità di superfici di accoppiamento cilindriche 1201, 1301, e le maglie di collegamento 1102 sono dotate anch'esse alle estremità di superfici di accoppiamento cilindriche 1302.

Le FIG. 15 e 16 illustrano una variante della forma di realizzazione illustrata nelle FIG. 10, 11, 12, 13, e 14, in cui i lati 1601 di detto pistone a prisma rombico snodato sono dotati di superfici di accoppiamento 1602 piane anziché cilindriche.

Le FIG. 17 e 18 illustrano una variante della forma di realizzazione illustrata nelle FIG. 10, 11, 12, 13, e 14, in cui i lati 1801 di detto pistone a prisma rombico snodato sono dotati di superfici di accoppiamento in parte piane 1802 e in parte cilindriche concave 1803.

Le figure 19, 20, 21, 22, 23 e 24 illustrano una forma di realizzazione di un pistone a prisma rombico snodato 191, del tipo illustrato in FIG. 6 e 7, adatta a realizzare motori a combustione interna.

I lati 2008, 2009, 2010, 2011 di detto pistone, meglio visibili nel dettaglio 2404 di FIG. 24, sono dotati, sia sulla faccia in vista che su quella sottostante, non in vista, di nicchie sagomate, meglio visibili nel dettaglio 2405 di FIG. 24, all'interno delle quali sono alloggiare piastrine di tenuta sagomate 2012, illustrate in grigio, meglio visibili nel dettaglio 2406 di FIG. 24, che vengono tenute premute da molle sottostanti 2411 contro i due piani paralleli del corpo motore entro cui si muove detto pistone.

La maglia di collegamento 2001 è integrata con l'asta di pistone 2005 e la maglia di collegamento 2002 è integrata con l'asta di pistone 2006.

Le maglie di collegamento superiori 2001, 2002, 2003, 2004 costituiscono pezzi unici con le corrispettive maglie sottostanti, non in vista, come meglio visibile nel dettaglio 2401 di FIG. 24.

Dette maglie di collegamento 2001, 2002, 2003, 2004, sono dotate, sia sulla faccia in vista che su quella sottostante, non in vista, di nicchie sagomate, meglio visibili nel dettaglio 2402 di FIG. 24,

all'interno delle quali sono alloggiare piastrine di tenuta sagomate 2007, illustrate in grigio e meglio visibili nel dettaglio 2403 di FIG. 24, che vengono tenute premute da molle sottostanti 2410 contro i piani paralleli del corpo motore entro cui si muove il pistone.

Dette maglie di collegamento 2001, 2002, 2003, 2004, sono dotate di supporti 2105, meglio visibili nel dettaglio 2407 di FIG. 24, ai quali sono incernierati, attraverso perni inseriti nei fori 2106, quattro barre di collegamento 2101, 2102, 2103, 2104, le quali presentano alle estremità fori 2106, 2107, il cui interasse è identico a quello dei lati 2008, 2009, 2010, 2011 di detto pistone. La posizione dei fori 2106 di detti supporti 2105, è tale che, quando dette maglie di collegamento 2001, 2002, 2003, 2004 hanno tra loro orientamenti relativi di  $90^\circ$ , come rappresentato in FIG. 19, 20 e 21, l'orientamento di dette barre di collegamento 2101, 2102, 2103, 2104 sia parallelo rispettivamente a detti lati 2008, 2009, 2010, 2011 del pistone, in modo da formare quattro parallelogrammi snodati. Detti parallelogrammi snodati costringono dette maglie di collegamento 2001, 2002, 2003, 2004, a mantenersi sempre orientate a  $90^\circ$  tra loro, e le aste di pistone 2005, 2006 a mantenersi sempre parallele tra loro, indipendentemente dall'orientamento di detti lati 2008, 2009, 2010, 2011 del pistone. Le estremità interne di dette barre di collegamento 2103, 2104 sono dotate di settori di ruote dentate 2108, 2109, meglio visibili nei dettagli 2201, 2202 di FIG. 22, che sono ingranati tra loro tramite due ruote dentate intermedie 2203, 2204, allo scopo di costringere dette barre di collegamento 2103, 2104, e conseguentemente i lati 2010, 2011 di detto pistone, ad avere sempre un orientamento simmetrico rispetto all'asse dell'asta di pistone 2006. Il sistema di parallelogrammi descritto al capoverso precedente costringe anche i lati 2008, 2009 di detto pistone ad avere sempre un orientamento simmetrico rispetto all'asse dell'asta di pistone 2005. Conseguentemente, le aste di pistone 2005, 2006 sono costrette a mantenere i loro assi sempre allineati tra loro.

Si osservi che la pressione stessa dello scoppio forza detti lati di detto pistone ad assumere la disposizione rombica di massimo volume consentito, per cui detti settori di ruote dentate 2201, 2202, e dette ruote dentate intermedie 2203, 2204, non vengono sottoposti ad eccessive sollecitazioni.

Le maglie di collegamento 2003, 2004 sono dotate, sia sulla faccia in vista che su quella sottostante, non in vista, di nicchie sagomate 2013, meglio visibili nel dettaglio 2408 di FIG. 24, all'interno delle quali, quando il pistone si trova nella posizione illustrata in FIG. 25, possono rispettivamente estendersi una valvola di scarico e una valvola di aspirazione. Poiché allo scoppio, illustrato in FIG. 27, una considerevole pressione preme su dette nicchie 2408, le facce interne di dette maglie 2003, 2004 sono dotate di nicchie inferiori 2409, speculari a dette nicchie 2408. Se la resistenza strutturale di dette maglie 2003, 2004 è sufficiente a reggere tale pressione, dette nicchie speculari 2409 possono essere omesse.

Dette nicchie 2408, 2409 sono presenti anche sulle maglie 2001, 2002, per quanto non necessarie nel normale funzionamento, dato che le valvole sono chiuse quando, all'accensione, il pistone si trova nella posizione illustrata in FIG. 27 e dette maglie 2001, 2002 sono posizionate al di sotto di esse; tuttavia la presenza di dette nicchie consente di evitare danni al motore, nel caso in cui una valvola non si ritragga nella sua sede, ed è opportuna particolarmente nel caso di valvole ad azionamento elettrico, idraulico o pneumatico, che possono essere più soggette a questo tipo di guasto.

Le FIG. 25, 26, 27 e 28 illustrano il movimento di un pistone a prisma rombico snodato 251 collegato a

due manovelle 2503, 2504, degli alberi motori 2602, 2603, e le fasi di azionamento delle valvole, dell'iniettore e della candela di accensione, durante i quattro tempi di un ciclo Otto a iniezione diretta. Dette manovelle 2503, 2504 sono costrette a ruotare nello stesso senso antiorario, alla stessa velocità e con uno sfasamento reciproco di  $180^\circ$ , da un sistema di trasmissione, illustrato in FIG. 29, composto da due ruote dentate 2901, 2903, di uguale diametro e rispettivamente collegate a detti alberi motori 2602, 2603, e da una terza ruota dentata 2902, ingranata con dette ruote dentate 2901, 2903.

Le valvole di aspirazione e di scarico sono poste in due sedi poste una di fronte all'altra, in detti due piani paralleli di un corpo motore, nella posizione 2501, e l'iniettore e la candela sono poste in due fori posti uno di fronte all'altra in detti due piani paralleli del corpo motore nella posizione 2502.

In FIG. 25, detto pistone a prisma rombico snodato 251 si trova all'inizio della fase di aspirazione, e la valvola di aspirazione 2501, evidenziata in grigio, si apre.

In FIG. 26, detto pistone a prisma rombico snodato 251, terminata la fase di aspirazione, si trova in posizione di massimo volume, con i quattro lati perpendicolari tra loro, all'inizio della fase di compressione, e l'iniettore 2601 viene attivato.

In FIG. 27, detto pistone a prisma rombico snodato 251 si trova nella posizione di massima compressione, e la candela di accensione 2701 scocca la scintilla.

In FIG. 28, detto pistone a prisma rombico snodato 251, terminata la fase di aspirazione, si trova in posizione di massimo volume, all'inizio della fase di scarico, e la valvola di scarico 2801 si apre.

I fori in cui sono inseriti detto iniettore e detta candela, in posizione 2502, scavalcano la piastrina di tenuta 2505, e la piastrina di tenuta posta nella faccia opposta del pistone, non in vista, solo durante le fasi di aspirazione e di scarico, come illustrato in FIG. 25. Poiché il diametro di detti fori 2502 è inferiore alla larghezza di dette piastrine di tenuta 2505, la tenuta di detto pistone è sempre garantita.

Si osservi, in FIG. 25, 26, 27 e 28, che un pistone a prisma rombico snodato effettua un ciclo di quattro tempi in una sola rotazione degli alberi motori, contro due rotazioni necessarie ad un pistone cilindrico, e quindi, a pari velocità di rotazione, eroga una potenza doppia, ed eroga pari potenza a velocità di rotazione dimezzata, riducendo di oltre il 50% le perdite per attriti e le usure.

Si osservi, in FIG. 25, 26, 27 e 28, che in un pistone a prisma rombico snodato le masse mobili sono ripartite equamente in due parti aventi moto opposto, per cui non producono alcuna vibrazione lineare.

Si osservi, in FIG. 25, 26, 27 e 28, che la corsa complessiva di un pistone a prisma rombico snodato viene ripartita equamente tra due manovelle contrapposte, per cui la corsa effettiva di ciascuna manovella è circa l'80% di quella di un pistone cilindrico di pari cilindrata, e quindi, a pari velocità di rotazione, con potenza erogata doppia, le accelerazioni sulle masse in movimento sono ridotte del 20%, mentre a pari potenza erogata, con velocità di rotazione dimezzata, dette accelerazioni sono ridotte dell'80%, con un'ulteriore riduzione delle perdite dovute a vibrazioni.

Si osservi, in FIG. 25, 26, 27 e 28, che un pistone a prisma rombico snodato trasmette la forza alle manovelle cui è collegato, sempre parallelamente ai due piani paralleli del corpo motore tra i quali si muove, evitando così attriti ed usure dovuti a forze laterali sul pistone.

Si osservi che un pistone a prisma rombico snodato, quale quello illustrato in FIG. 25, 26, 27, 28, può essere utilizzato per realizzare motori a combustione interna a ciclo Otto a iniezione diretta, a iniezione indiretta, o a carburatore, e motori a ciclo Diesel.

La FIG. 30 illustra una sezione di due piani paralleli 3001, 3002 di un corpo motore, tra i quali è posto un pistone a prisma rombico snodato 301, disposto come illustrato in FIG. 28, e illustrato in vista laterale. La valvola di scarico 3003, posta nella sua sede 3005, è aperta e si estende all'interno della camera di scoppio, costituita dai quattro lati di detto pistone 301 e da detti due piani paralleli 3001, 3002, mentre la valvola di aspirazione 3004, è chiusa ed è accoppiata alla sua sede 3006.

Dette valvole 3003, 3004 possono essere azionate meccanicamente da due camme, collegate rispettivamente agli alberi 3007 o 3009 e agli alberi 3008 o 3010, oppure essere azionate elettricamente, idraulicamente o pneumaticamente.

La FIG. 31 illustra il layout di un motore a combustione interna a quattro pistoni a prisma rombico snodato 311, 312, 313, 314, collegati a quattro manovelle 3101, 3102, 3103, 3104, costrette a ruotare nello stesso senso antiorario, alla stessa velocità ciascuna, e con uno sfasamento di  $180^\circ$  rispetto alle manovelle adiacenti, da un sistema di trasmissione, costituito da quattro ruote dentate di uguale diametro, 3105, 3106, 3107, 3108, ingranate con una quinta ruota dentata 3109.

Si osservi, in FIG. 28, che la spinta di un pistone a prisma rombico snodato si estende per  $108^\circ$  su  $360^\circ$ , pari al 30% della rotazione, per cui in un motore a quattro pistoni a prisma rombico snodato, quale quello di FIG. 31, la coppia prodotta dai diversi pistoni ha una sovrapposizione del 20% e l'erogazione della coppia risulta più livellata, simile a quella di un motore a cinque pistoni cilindrici.

Si osservi che, in virtù della potenza specifica doppia di un pistone a prisma rombico snodato e della sovrapposizione della spinta dei diversi pistoni, potrebbero essere realizzati motori a combustione interna i cui pistoni possono essere commutati in un ciclo a 8 tempi, costituito dai quattro tempi normali, seguiti da quattro tempi senza l'immissione di carburante, nei quali viene sfruttato il calore residuo presente nella camera di scoppio, con eventuale ulteriore recupero di calore dai gas di scarico, e col vantaggio aggiuntivo di rendere superfluo il circuito di raffreddamento.

Si osservi che un motore a quattro pistoni a prisma rombico snodato, quale quello illustrato in FIG. 31, non genera vibrazioni lineari significative, poiché le principali masse mobili sono controbilanciate da masse equivalenti aventi moto opposto, e non genera vibrazioni di coppia significative, poiché le vibrazioni di coppia generate dai pistoni 311, 312, vengono sostanzialmente annullate da quelle di segno opposto generate dai pistoni 313, 314, e che quindi non sono necessari contrappesi rotanti e sono possibili sostanziali semplificazioni nello smorzamento e nell'insonorizzazione di tali vibrazioni.

Si osservi che in un motore a quattro pistoni a prisma rombico snodato, quale quello illustrato in FIG. 31, è possibile azionare le valvole di aspirazione e di scarico 3111 dei quattro pistoni, utilizzando due sole camme poste sui due lati dell'albero di trasmissione 3110, dato che il senso di rotazione di tale albero corrisponde alla sequenza di azionamento delle valvole dei diversi pistoni, con una significativa semplificazione rispetto ai due alberi a camme, e relativi organi di trasmissione, quali ruote dentate, catene, cinghie o pulegge, comunemente utilizzati nei motori a pistoni cilindrici.

Si osservi che un motore a quattro pistoni a prisma rombico snodato, quale quello illustrato in FIG. 31, dispone dei cinque alberi delle ruote dentate 3105, 3106, 3107, 3108, 3109, i quali, se prolungati all'esterno del corpo motore, possono essere utilizzati, oltre che per la trasmissione della potenza erogata dal motore, per l'azionamento diretto di alternatore, pompe, compressori, o altro, senza organi di trasmissione aggiuntivi, quali ruote dentate, cinghie o pulegge.

Si osservi che un motore a quattro pistoni a prisma rombico snodato, quale quello illustrato in FIG. 31, presenta un'occupazione ottimale degli spazi ed un ingombro contenuto, e che la posizione delle valvole di aspirazione e di scarico 3111 e la posizione degli iniettori e delle candele 3112, corrispondono a spazi non occupati da dette ruote dentate 3105, 3106, 3107, 3108, 3109, in modo che anche lo spessore complessivo del motore risulta contenuto.

La FIG. 32 illustra il layout di un motore a combustione interna a otto pistoni a prisma rombico snodato, costituito da due gruppi di quattro pistoni. Il primo gruppo, costituito dai pistoni 321, 322, 323, 324, è analogo a quello di FIG. 31, ed è caratterizzato dal fatto che le ruote dentate 3201, 3202, 3203, 3204 ruotano in senso antiorario. Il secondo gruppo, costituito dai pistoni 325, 326, 327, 328, è analogo quello di FIG. 31, ed è caratterizzato dal fatto che le ruote dentate 3206, 3207, 3208, 3209 ruotano in senso orario, essendo le ruote dentate 3206 e 3209 ingranate rispettivamente con le ruote dentate 3202, 3203 di detto primo gruppo di pistoni. La manovella 3212 è sfasata specularmente di  $45^\circ$  rispetto alla manovella 3211, in modo che vi sarà un'accensione ogni  $45^\circ$ , con la seguente sequenza di pistoni: 324, mostrato al momento dell'accensione, 328, 321, 327, 322, 326, 323, 325. Si osservi che un motore a otto pistoni a prisma rombico snodato, quale quello illustrato in FIG. 32, ha uno spessore molto contenuto, e consente di realizzare vetture da competizione aventi un baricentro più basso rispetto a vetture dotate di motore con pistoni cilindrici.

Verrà ora illustrata l'applicazione di pistoni a prisma rombico snodato nella realizzazione di macchine termiche Stirling a ciclo chiuso. A tale scopo possono essere utilizzati pistoni a prisma rombico snodato dei tipi illustrati nelle figure da 1 a 24. Tuttavia, dato che, in una macchina Stirling, i pistoni effettuano solo due tempi, è possibile e preferibile adottare forme di realizzazione semplificate, quali quelle illustrate nelle FIG. da 33 a 44, i cui lati mobili possono ruotare di  $45^\circ$  anziché di  $90^\circ$ .

Le FIG. 33, 34, 35 e 36 illustrano una forma di realizzazione di pistone a prisma rombico snodato, composto da quattro lati 3301, 3302, 3303, 3304, di uguale lunghezza e uguale altezza, incernierati tra loro attraverso quattro perni cilindrici 3305, in modo da formare una catena chiusa.

Detto pistone è contenuto tra due piani paralleli 3601, 3602, in modo da formare una camera chiusa a geometria variabile, sostanzialmente a forma di prisma rombico retto, il cui volume può variare da un massimo, quando gli angoli tra i lati adiacenti sono pari a  $90^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $90^\circ$ , come illustrato in FIG. 33, ad un minimo, quando detti angoli sono pari ai valori limite  $180^\circ$ ,  $0^\circ$ ,  $180^\circ$ ,  $0^\circ$ , come illustrato in FIG. 34.

I lati 3301, 3303 di detto pistone presentano una parte centrale 3603 di lunghezza 3606, dotata di fori per i perni 3610, e due parti, superiore 3604 e inferiore 3605, di lunghezza minore 3607. I lati 3302, 3304 presentano due parti, superiore 3604 e inferiore 3605, di lunghezza 3608 uguale alla 3606, dotata di fori per i perni 3610, e una parte centrale 3603, di lunghezza 3609 uguale alla 3607.

Detti lati 3301, 3302, 3303, 3304 del pistone sono dotati, alle estremità lunghe, di superdici di accoppiamento cilindriche 3401, 3402, 3501, 3502 e, alle estremità corte, di superfici di accoppiamento piane 3403, 3404, 3503, 3504, o in alternativa superfici di accoppiamento in parte piane e in parte cilindriche concave, simili a quelle di FIG. 8.

La funzione di dette superfici di accoppiamento è di avere sempre un quasi-contatto tra detti lati del pistone, al variare del loro orientamento relativo, in modo da confinare il gas di lavoro in un volume sostanzialmente chiuso. Allo scopo di realizzare, una buona tenuta pneumatica, la lavorazione di dette

zone di accoppiamento deve essere mantenuta entro limiti di tolleranza stabiliti.

La forza viene trasferita da o a detto pistone, attraverso due opposti spigoli snodati 3305, 3306 di detto prisma rombico.

Le FIG. 37, 38 e 39 illustrano una variante della forma di realizzazione illustrata in FIG. 33, 34, 35, 36, in cui i lati 3701, 3702, 3703, 3704 di detto pistone a prisma rombico snodato presentano, ad un'estremità, un prolungamento 3904 nella parte centrale 3902, e all'altra estremità, due prolungamenti 3905 nelle parti superiore 3901 e inferiore 3903; detti prolungamenti sono dotati di fori per i perni 3906.

Le estremità lunghe di detti lati 3701, 3702, 3703, 3704 del pistone sono dotate di superdici di accoppiamento cilindriche 3705, 3801, e le estremità corte sono dotate di superfici di accoppiamento piane 3706, 3802, o in alternativa superfici di accoppiamento in parte piane e in parte cilindriche concave, simili a quelle di FIG. 8.

Le FIG. 40, 41, 42 e 43 illustrano una forma di realizzazione di un pistone a prisma rombico snodato 401, adatta a realizzare macchine termiche Stirling a ciclo chiuso, costituita da quattro lati 4001, 4002, 4003, 4004, del tipo illustrato in FIG. 33.

Due opposti spigoli snodati di detto pistone a prisma rombico snodato 401 sono incernierati rispettivamente al corpo macchina, tramite il perno 4005, e all'asta di pistone 4007, tramite il perno 4006.

Detto asta di pistone 4007 presenta due ulteriori fori per i perni 4101, 4102, ai quali sono incernierate due barre di collegamento 4103, 4104, ad una delle loro estremità.

La seconda estremità di dette barre di collegamento 4103, 4104 è incernierata ad una delle estremità delle due barrette 4107, 4108, per mezzo dei due perni 4110, 4111.

La seconde estremità di dette barrette 4107, 4108 è incernierata agli spigoli snodati laterali di detto pistone, per mezzo dei perni 4105, 4106.

Le barre di collegamento 4103, 4104 hanno lo stesso interasse di detti lati 4002, 4003 del pistone, e le barre di collegamento 4107, 4108 hanno lo stesso interasse dei fori dei perni 4101-4109 e 4102-4109, in modo da formare due parallelogrammi snodati.

Le estremità interne di dette barre di collegamento 4103, 4104 sono dotate di settori di ruote dentate 4112, meglio visibili nel dettaglio 4301 di FIG. 43, ingranati tra loro, aventi lo scopo di garantire che dette barre di collegamento 4103, 4104, e conseguentemente detti lati 4002, 4003 del pistone, abbiano sempre un orientamento simmetrico rispetto all'asse dell'asta di pistone 4007 e, conseguentemente, detto perno 4005, tramite il quale detto pistone è incernierato a detto corpo macchina, venga sempre mantenuto in asse con detta asta di pistone 4007.

Poiché una macchina termica Stirling può non essere soggetta a forti sbalzi termici e poiché lavora a pressioni non molto elevate, una macchina termica Stirling con pistoni a prisma rombico snodato, del tipo illustrato in FIG. 40, 41, 42 e 43 può anche non essere dotata piastrine di tenuta, purché detto corpo macchina e detti lati del pistone siano realizzati con materiali aventi uguale coefficiente di dilatazione termica e purché le loro quote dimensionali siano mantenute entro limiti di tolleranza stabiliti; in questo modo gli attriti di funzionamento di detto motore saranno molto bassi.

Nel caso di macchine Stirling di grandi dimensioni, o soggetti a forti sbalzi termici, può risultare

necessario dotare detti lati 4001, 4002, 4003, 4004 del pistone, sia sulla faccia in vista che su quella sottostante, non in vista, di nicchie sagomate 4201, entro le quali sono alloggiare piastrine di tenuta sagomate 4202, illustrate in grigio, che vengono premute da molle sottostanti 4203 contro i piani paralleli di detto corpo macchina.

La FIG. 44 illustra il layout di un motore Stirling a due pistoni a prisma rombico snodato 441, 442, incernierati, attraverso i perni 4401, 4402, tra due piani paralleli di un corpo motore, e collegati ad una manovella 4403 dell'albero motore 4404, rotante in senso orario.

Nel corso della rotazione di detto albero motore 4404, il gas di lavoro contenuto in detti pistoni a prisma rombico snodato 441, 442 viene ciclicamente trasferito da uno di detti pistoni all'altro, attraverso un condotto 4407, che collega le due aperture 4405, 4406, evidenziate in grigio, poste in uno o in entrambi i piani paralleli di detto corpo motore, entro cui detti pistoni 441, 442 sono posti. Il corpo del motore Stirling illustrato in FIG. 44 è costituito da due parti, rigidamente collegate, ma termicamente isolate tra loro, mantenute a temperatura diversa: i piani paralleli entro cui si muove il pistone 441 vengono riscaldati attraverso una fonte di calore esterna, mentre i piani paralleli entro cui si muove il pistone 442 vengono raffreddati attraverso uno scambiatore di calore.

Il gas di lavoro, quando viene trasferito nel pistone a prisma rombico snodato 441, si riscalda a contatto con le superfici calde di detto pistone e dei due piani paralleli che lo contengono, genera una pressione che tende a dilatare detto pistone e produce una spinta sulla manovella 4403. Il gas di lavoro, quando viene trasferito nel pistone a prisma rombico snodato 442, si raffredda nuovamente a contatto con le superfici fredde di detto pistone e dei due piani paralleli che lo contengono. Nel corso di questo ciclo, il motore Stirling illustrato in FIG. 44 sottrae energia termica dal pistone caldo 441, ne converte una parte in energia meccanica, e trasferisce l'energia termica residua al pistone freddo 442. Poiché, come è noto, un motore Stirling è una macchina termica reversibile, un motore Stirling con pistoni a prisma rombico snodato, quale quello illustrato in Fig. 44, può funzionare come pompa di calore per trasferire energia termica dal pistone 441 al pistone 442, utilizzando una fonte di energia esterna per mantenere in rotazione l'albero motore 4404.

Si osservi che pistoni a prisma rombico snodato del tipo illustrato in FIG. 40, 41, 42 e 43 consentono di realizzare macchine Stirling anche di grandi dimensioni, senza le criticità di fabbricazione dovute alla difficoltà di ottenere strette tolleranze di lavorazione su cilindri di grandi dimensioni.

Si osservi, in FIG. 44, che un pistone a prisma rombico snodato trasmette la forza alla manovella cui è collegato, sempre parallelamente a detti due piani paralleli fissi del corpo macchina, evitando attriti ed usure dovuti a forze laterali sul pistone.

Si osservi che, in una macchina termica Stirling con pistoni a prisma rombico snodato, quale quella illustrata in Fig. 44, può essere ottimizzato, in fase di progetto, lo scambio termico tra il gas di lavoro e detti due piani paralleli del corpo macchina, variando la distanza tra detti due piani paralleli.

La descrizione sopra riportata non ha l'intento di fornire un elenco esaustivo di tutte le possibili varianti della presente invenzione. Sebbene solo alcune forme di realizzazione della presente invenzione siano state illustrate e descritte, si comprenderà che varie modifiche e cambiamenti potrebbero essere apportati ad esse, senza per questo discostarsi dallo spirito e dallo scopo dell'invenzione stessa.

## **“PISTONE A PRISMA ROMBICO SNODATO PER MACCHINE TERMICHE”**

Brevetto di invenzione industriale depositato il 18/11/2008 con il N. TO 2008 A 000847

A nome di: Scialla Vittorio, residente in Torino (TO), Via Cibrario 114,

[vittorio.scialla@strumentiperleaziende.com](mailto:vittorio.scialla@strumentiperleaziende.com).

### **RIVENDICAZIONI**

**1.** Pistone per macchine termiche, dotato di quattro lati mobili che formano, insieme a due piani paralleli presenti all'interno di un corpo macchina, una camera chiusa a geometria variabile, sostanzialmente a forma di prisma rombico retto snodato, la cui altezza è pari alla distanza tra detti due piani paralleli, e il cui volume varia in funzione dell'orientamento reciproco di detti quattro lati.

**2.** Pistone a prisma rombico snodato per macchine termiche, secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che:

detto prisma rombico snodato è composto da quattro lati di uguale lunghezza e uguale altezza, quattro maglie di collegamento interposte tra detti quattro lati, e otto perni cilindrici che incernierano le estremità di detti lati alle estremità di dette maglie di collegamento;

ciascuna delle due estremità di detti lati è dotata di una foratura cilindrica, parallela a detta estremità, per accogliere uno di detti perni, e presenta almeno una zona di lunghezza inferiore, tale da formare almeno una rientranza a pianta rettangolare, tale da incernierarsi con precisione ad una estremità di una di dette maglie di collegamento;

ciascuna delle due estremità di ciascuna di dette maglie di collegamento è dotata di una foratura cilindrica, parallela a detta estremità, per accogliere uno di detti perni, e presenta una superficie cilindrica convessa, concentrica a detta foratura, in modo che detta estremità resti sempre in quasi-contatto con la corrispondente superficie di accoppiamento di detta almeno una rientranza di uno di detti lati, al variare del loro orientamento relativo;

ciascuna di dette rientranze di detti lati presenta, nella zona di accoppiamento con una di dette estremità cilindriche di una di dette maglie di collegamento, una superficie di accoppiamento la cui generatrice, parallela a dette forature, è sempre esterna all'ingombro di detta maglia di collegamento ed, almeno in un punto, è in quasi-contatto con detta estremità cilindrica;

ciascuna di dette due estremità di detti lati presenta una superficie cilindrica convessa, concentrica a detta foratura di detta estremità, in modo che vi sia sempre un quasi-contatto tra dette estremità di detti lati, al variare del loro orientamento relativo;

la trasmissione di forza dal o al fluido di lavoro comprimibile contenuto in detto pistone a prisma rombico snodato avviene attraverso almeno una coppia contrapposta di dette maglie di collegamento.

**3.** Pistone a prisma rombico snodato per macchine termiche, secondo la rivendicazione 2, caratterizzato dal fatto che:

parallelamente alla faccia esterna di ciascun lato di detto prisma rombico snodato, e sempre al di fuori dell'ingombro di detto lato, almeno una barra di collegamento è incernierata alle stesse due maglie di collegamento cui è incernierato detto lato, attraverso due perni cilindrici, posti in due forature cilindriche, parallele ai perni di detti lati;

la posizione di dette forature di dette maglie di collegamento e di dette barre di collegamento è tale che, quando ciascuna di dette maglie di collegamento è orientata a 90° rispetto alle maglie adiacenti, i centri di dette forature giacciono ai vertici di quattro parallelogrammi snodati, che mantengono sempre ciascuna di

dette maglie di collegamento orientata a  $90^\circ$  rispetto a dette maglie adiacenti;  
almeno due di dette barre di collegamento, tra loro adiacenti, alle estremità incernierate alla stessa maglia di collegamento, sono dotate di settori di ruote dentate, ingranati tra loro tramite due ruote dentate intermedie, accoppiate rotativamente a detta maglia di collegamento, in modo che l'orientamento di dette barre di collegamento si mantiene sempre simmetrico rispetto all'asse di detta maglia di collegamento, e conseguentemente le coppie opposte di dette maglie di collegamento si mantengono sempre in asse tra loro.

**4.** Pistone a prisma rombico snodato per macchine termiche, secondo le rivendicazioni 2 o 3, caratterizzato dal fatto che detti lati di detto prisma rombico snodato e dette maglie di collegamento, in entrambi i bordi rivolti verso detti due piani paralleli di detto corpo macchina, sono dotati di nicchie, nelle quali sono alloggiare piastrine di tenuta, che vengono tenute premute contro detti due piani paralleli da almeno una molla sottostante.

**5.** Pistone a prisma rombico snodato per macchine termiche, secondo la rivendicazione 4, caratterizzato dal fatto che una coppia contrapposta di dette maglie di collegamento è dotata di aste di pistone di uguale lunghezza, allineate con gli assi di dette maglie di collegamento, e le cui estremità sono collegate rotativamente a due manovelle, accoppiate rotativamente a detto corpo macchina e ingranate tra loro tramite un sistema di trasmissione, che le costringe a ruotare nella stesso senso, alla stessa velocità e con uno sfasamento reciproco di  $180^\circ$ ; la rotazione combinata di dette due manovelle mantiene sempre il centro di detto prisma rombico snodato in una posizione fissa.

**6.** Pistone a prisma rombico snodato per motori a combustione interna, secondo la rivendicazione 5, caratterizzato dal fatto che almeno una coppia contrapposta di dette maglie di collegamento, in entrambi i bordi rivolti verso detti due piani paralleli di detto corpo macchina, è dotata di nicchie, entro le quali possono estendersi una valvola di scarico e una valvola di aspirazione, poste una di fronte all'altra, in detti due piani paralleli, e centrate con detto centro fisso di detto prisma rombico snodato.

**7.** Pistone a prisma rombico snodato per macchine termiche, secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che:

detto prisma rombico snodato è composto da quattro lati, di uguale lunghezza e uguale altezza e quattro perni cilindrici, che incernierano le estremità di detti lati;

ciascuno di detti lati ha un'estremità diritta ed una angolata, orientata verso il lato adiacente e tale da sovrapporsi all'estremità angolata di detto lato adiacente;

ciascuna delle due estremità di detti lati è dotata di una foratura cilindrica, parallela a detta estremità, per accogliere uno di detti perni, e presenta almeno una zona di lunghezza inferiore, tale da formare almeno una rientranza a pianta rettangolare, tale da incernierarsi con precisione con un'estremità di detto lato adiacente;

ciascuna di dette due estremità di detti lati presenta una superficie cilindrica convessa, concentrica a detta foratura di detta estremità, in modo che vi sia sempre un quasi-contatto con le corrispondenti superfici di accoppiamento dei lati adiacenti, al variare del loro orientamento relativo;

ciascuna di dette rientranze di detti lati, nella zona di accoppiamento con una di dette estremità cilindrica di uno di detti lati adiacenti, presenta una superficie di accoppiamento, la cui generatrice, parallela a dette forature, è sempre esterna all'ingombro di detto lato adiacente ed, almeno in un punto, è in quasi-contatto con detta estremità cilindrica;

la trasmissione di forza dal o al fluido di lavoro comprimibile contenuto in detto pistone a prisma rombico

snodato avviene attraverso una coppia contrapposta di detti perni, denominati perni di spinta.

**8.** Pistone a prisma rombico snodato per macchine termiche Stirling a ciclo chiuso, secondo la rivendicazione 7, caratterizzato dal fatto che:

uno di detti due perni di spinta incerniera il corrispondente spigolo snodato di detto prisma rombico a detto corpo macchina;

il secondo di detti due perni di spinta incerniera il corrispondente spigolo snodato di detto prisma rombico ad una estremità di un'asta di pistone, dotata di una foratura cilindrica per detto perno, e che presenta una superficie cilindrica convessa, concentrica a detta foratura;

almeno uno dei due lati di detto prisma rombico snodato, incernierati a detto secondo perno di spinta, è dotato di una zona di lunghezza inferiore, che forma almeno una rientranza a pianta rettangolare, tale da incernierarsi con precisione a detta estremità cilindrica di detta asta di pistone, e dotata di una superficie di accoppiamento, la cui generatrice, parallela a detto perno, è sempre esterna all'ingombro di detta asta di pistone e, almeno in un punto, è in quasi-contatto con detta estremità cilindrica;

ciascuno dei due perni laterali di detto prisma rombico snodato incerniera il corrispondente spigolo snodato di detto prisma rombico ad un'estremità di almeno una barretta, dotata di una foratura cilindrica per detto perno, e che presenta una superficie cilindrica convessa, concentrica a detta foratura;

almeno uno dei due lati di detto prisma rombico snodato, incernierati a ciascuno di detti due perni laterali, è dotato di una zona di lunghezza inferiore, che forma almeno una rientranza a pianta rettangolare, tale da incernierarsi con precisione a detta estremità cilindrica di detta almeno una barretta, e dotata di una superficie di accoppiamento, la cui generatrice, parallela a detto perno, è sempre esterna all'ingombro di detta almeno una barretta e, almeno in un punto, è in quasi-contatto con detta estremità cilindrica;

parallelamente alla faccia esterna di ciascuno dei due lati di detto prisma rombico snodato, incernierati a detta asta di pistone, e al di fuori dell'ingombro di detto lato, è incernierata almeno una barra di collegamento, rispettivamente a detta asta di pistone e a detta almeno una barretta incernierata a detto lato, tramite due perni cilindrici, posti in due forature parallele a detti perni;

la posizione delle forature presenti in detta asta di pistone, in dette barrette e in dette barre di collegamento, è tale che, quando detta asta di pistone è allineata con l'asse di detto prisma rombico snodato, i centri di dette forature giacciono ai vertici di due parallelogrammi snodati, che mantengono dette barre di collegamento sempre parallele ai rispettivi lati di detto prisma rombico snodato;

dette barre di collegamento, alle estremità incernierate a detta asta di pistone, sono dotate di settori di ruote dentate, ingranati tra loro, in modo che dette barre di collegamento, e quindi i lati di detto prisma rombico snodato, restino sempre orientati simmetricamente rispetto all'asse di detta asta di pistone;

la seconda estremità di detta asta di pistone è accoppiata rotativamente con una manovella di un albero motore.

**9.** Pistone a prisma rombico snodato per macchine termiche Stirling a ciclo chiuso, secondo le rivendicazioni 7 o 8, caratterizzato dal fatto che detti lati di detto pistone, in entrambi i bordi rivolti verso detti due piani paralleli di detto corpo macchina, sono dotati di nicchie, entro le quali sono alloggiare piastrine di tenuta, che vengono premute contro detti due piani paralleli da almeno una molla sottostante.



Fig. 1

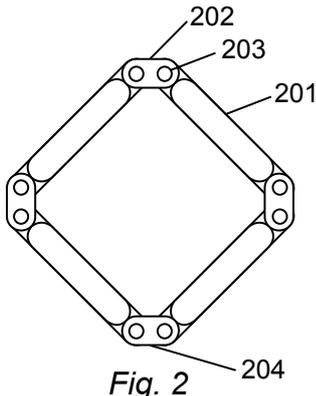


Fig. 2

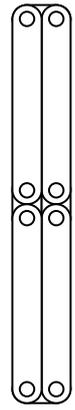


Fig. 10

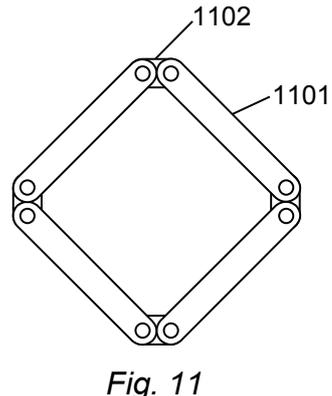


Fig. 11

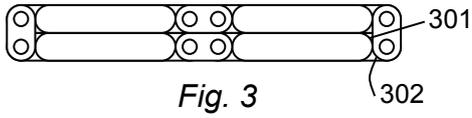


Fig. 3

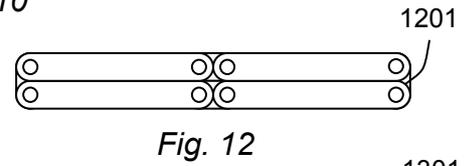


Fig. 12

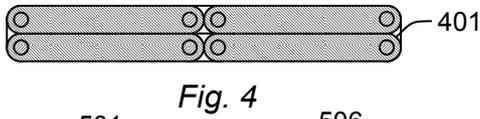


Fig. 4

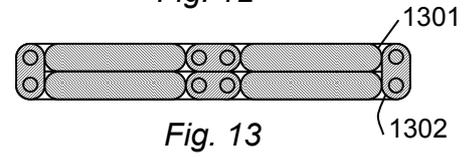


Fig. 13

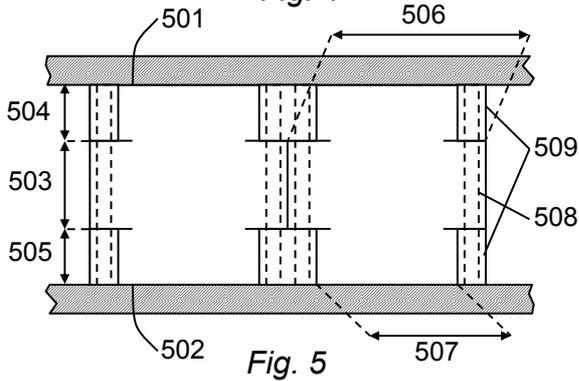


Fig. 5

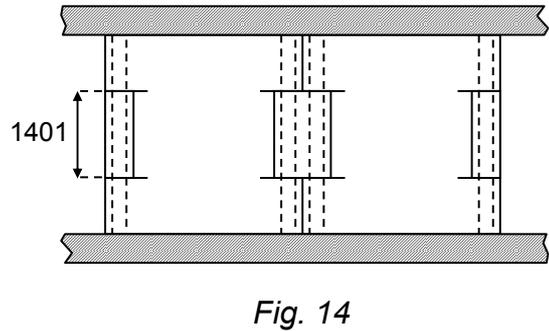


Fig. 14

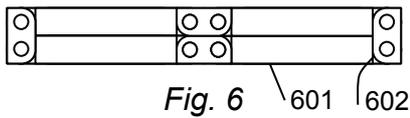


Fig. 6

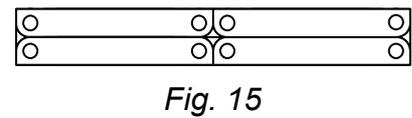


Fig. 15

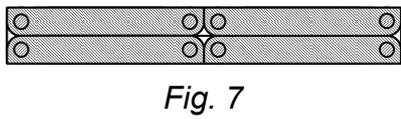


Fig. 7

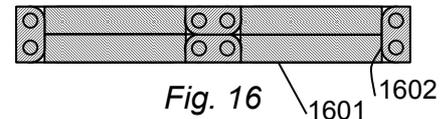


Fig. 16

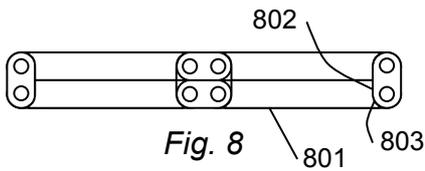


Fig. 8

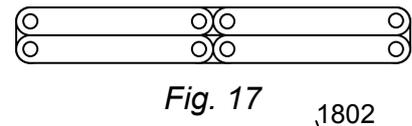


Fig. 17

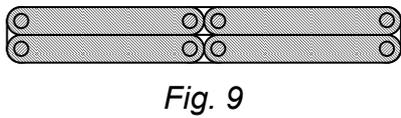


Fig. 9

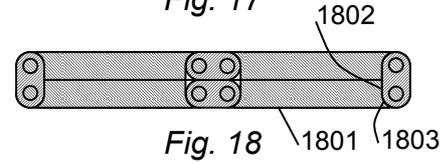


Fig. 18

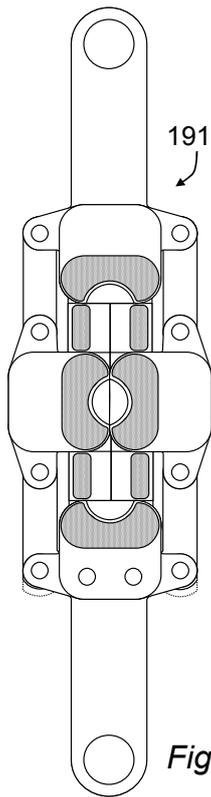


Fig. 19

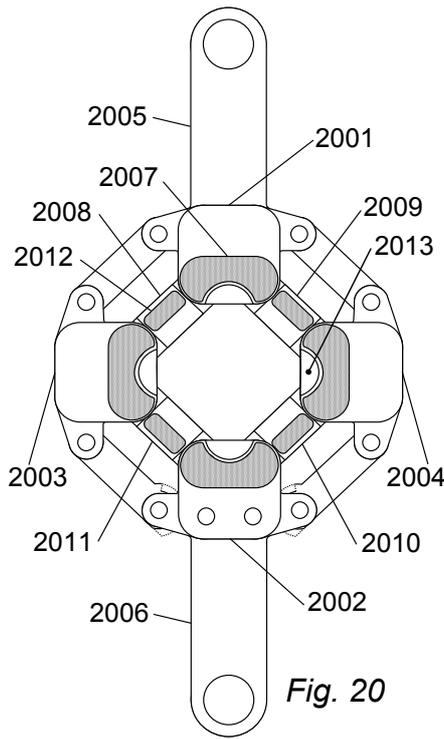


Fig. 20

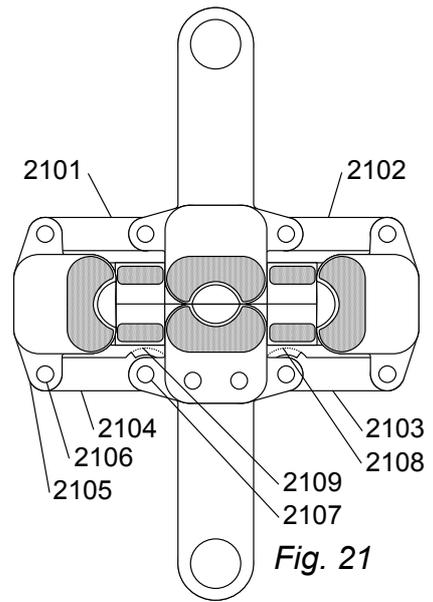


Fig. 21

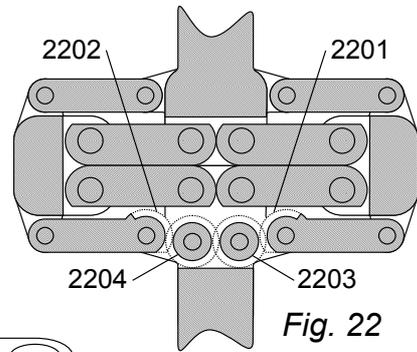


Fig. 22

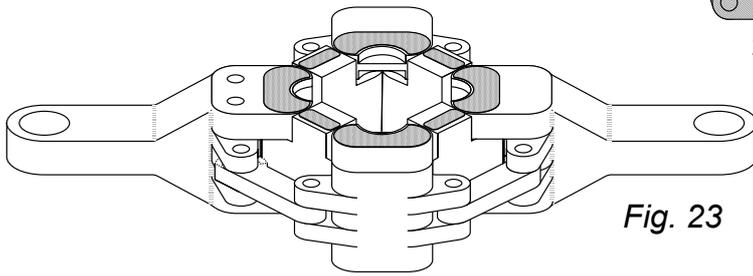


Fig. 23

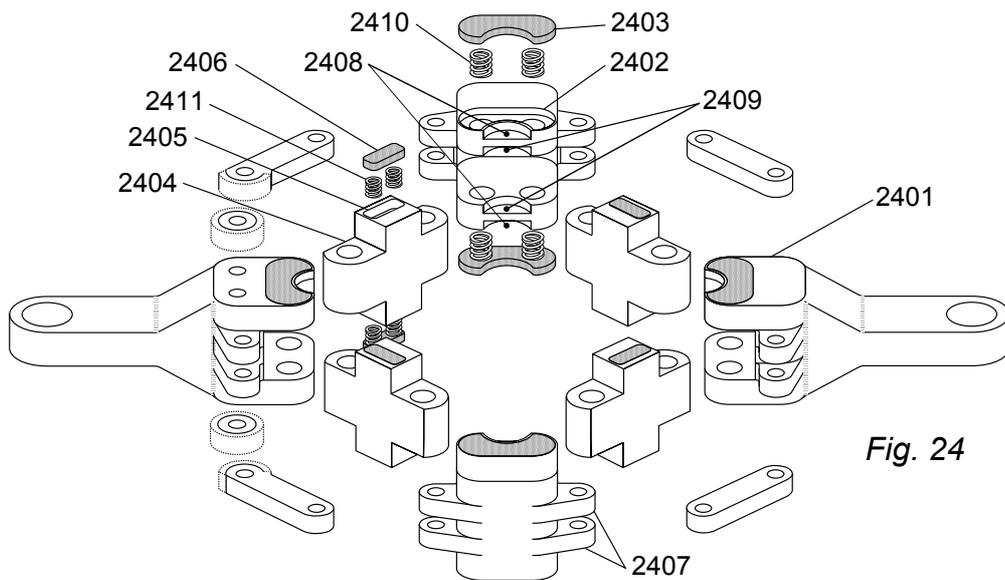
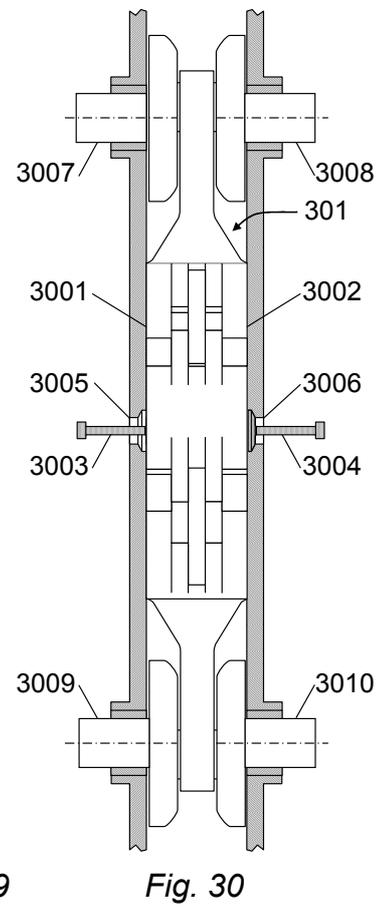
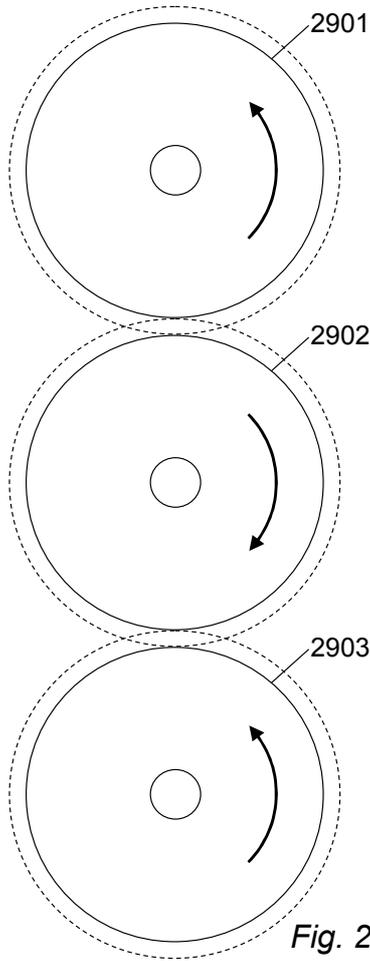
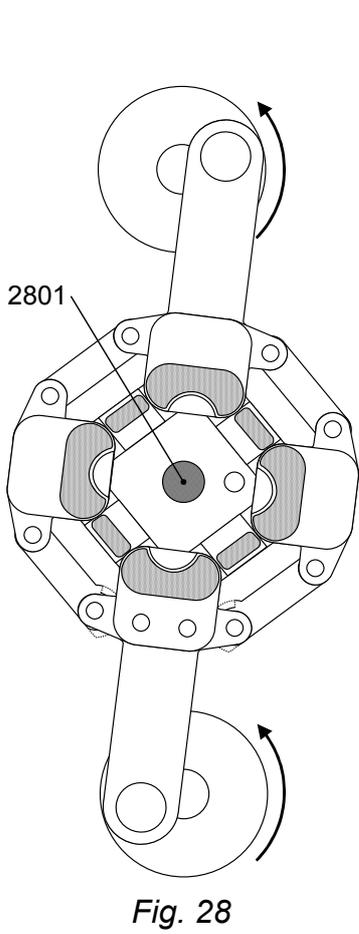
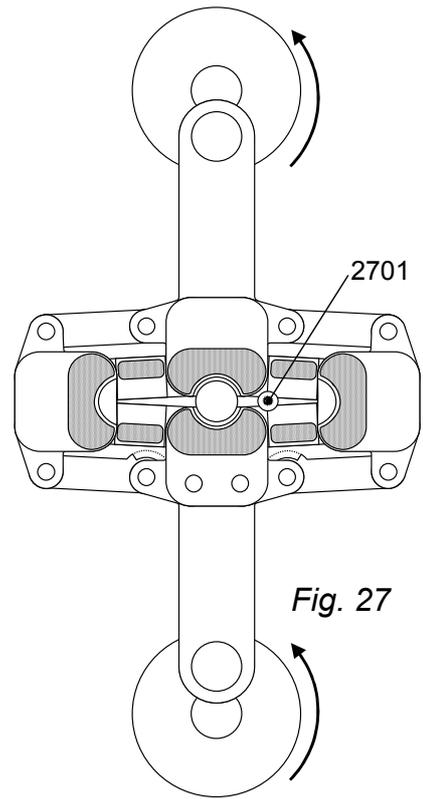
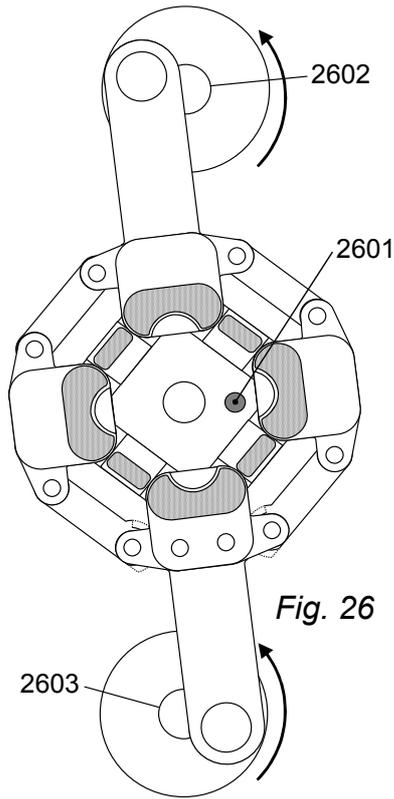
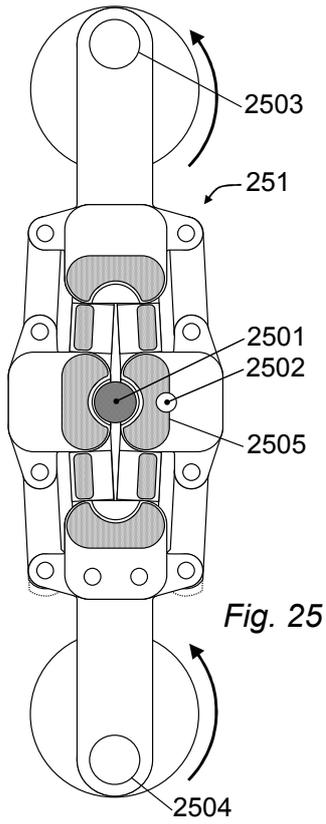
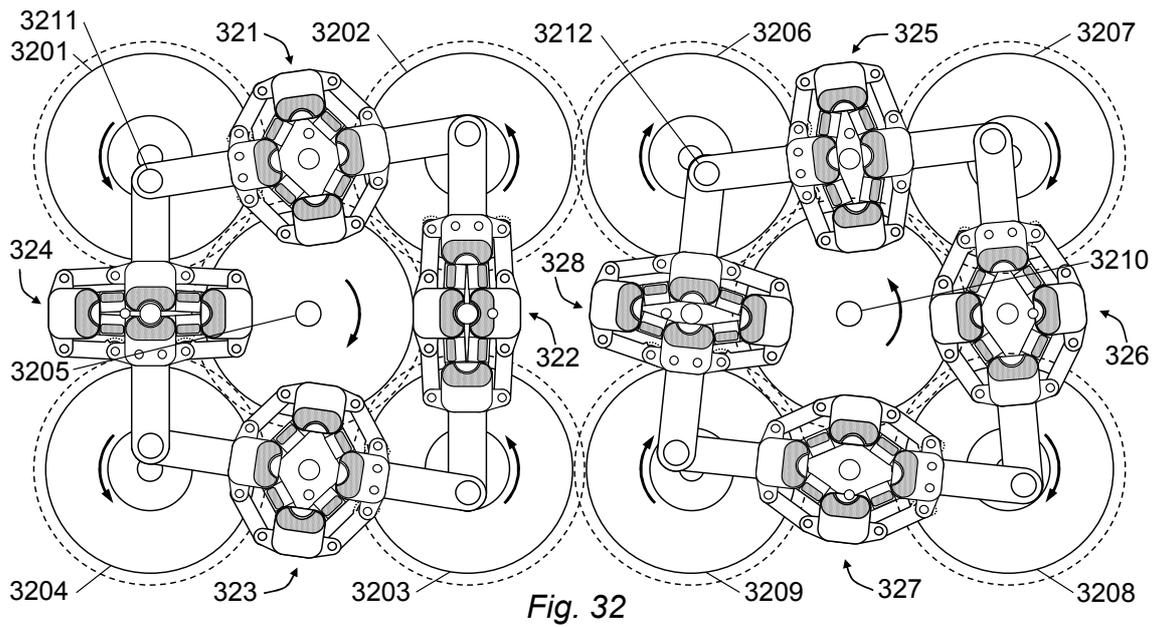
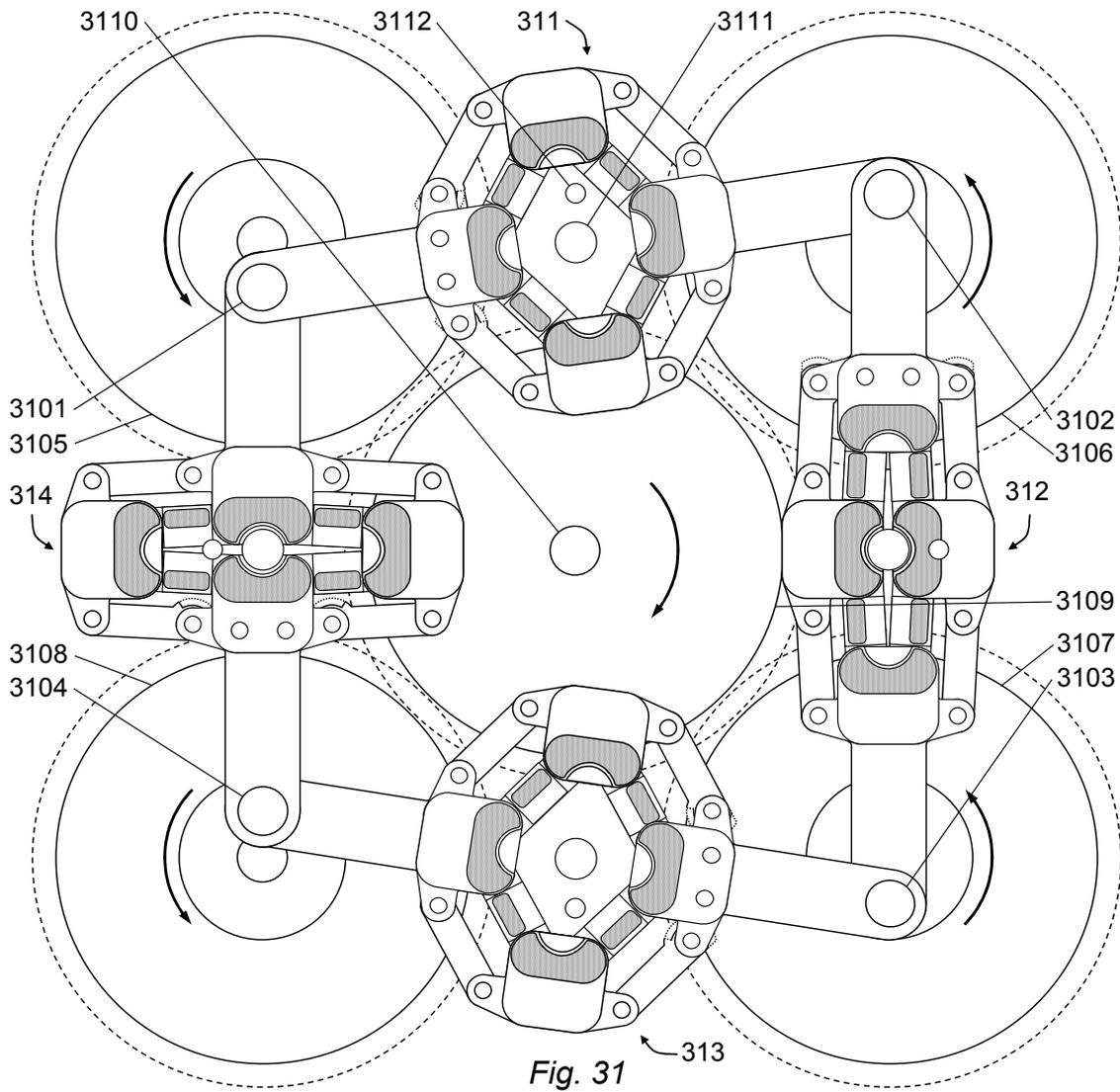


Fig. 24





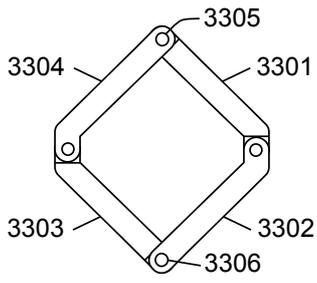


Fig. 33

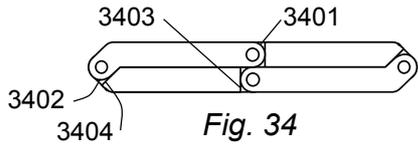


Fig. 34

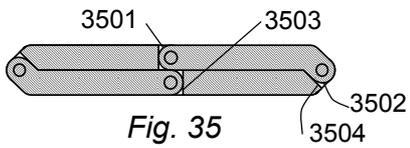


Fig. 35

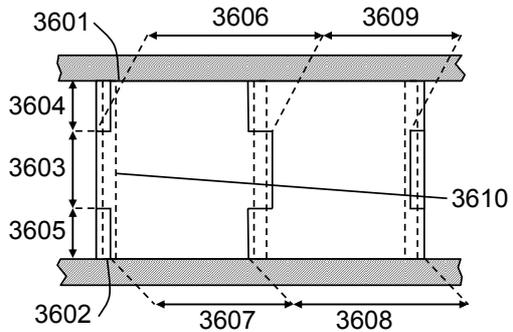


Fig. 36

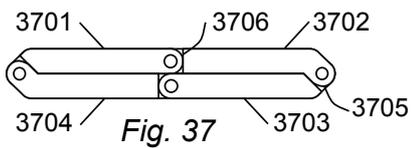


Fig. 37

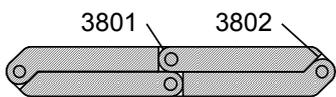


Fig. 38

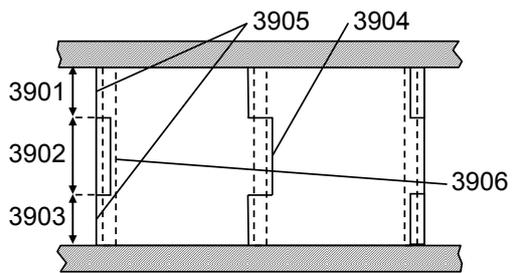


Fig. 39

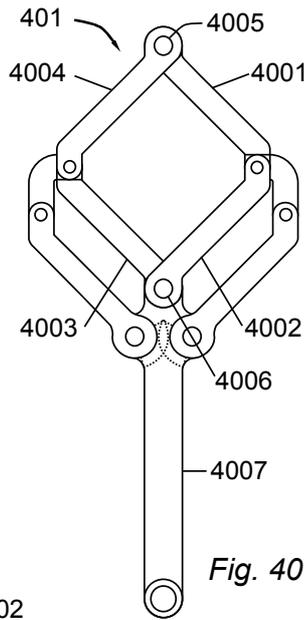


Fig. 40

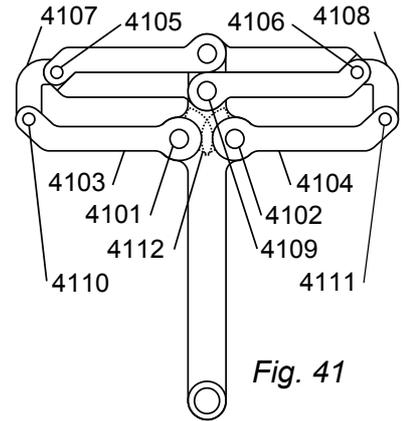


Fig. 41

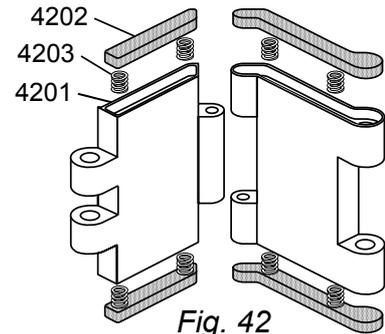


Fig. 42

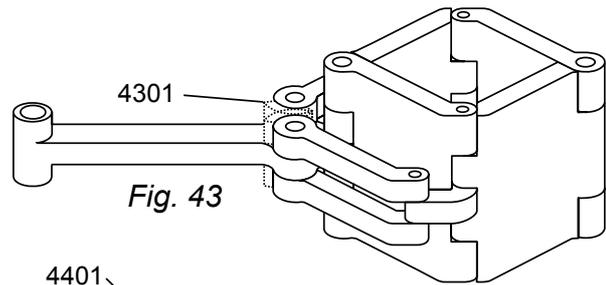


Fig. 43

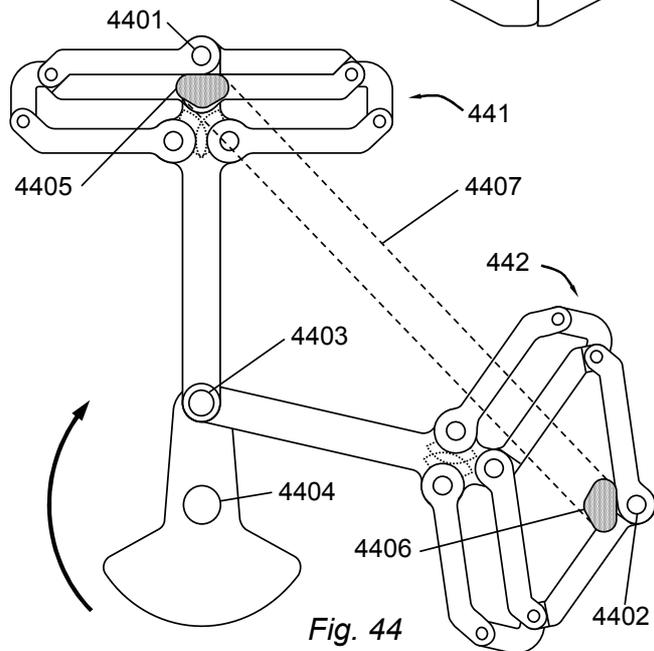


Fig. 44