

RZECZPOSPOLITA  
POLSKA



Urząd Patentowy  
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY** (19) **PL** (11) **212854**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **397384**

(51) Int.Cl.  
**F02G 1/043 (2006.01)**

(22) Data zgłoszenia: **13.12.2011**

(54)

**Silnik cieplny Stirlinga**

(43) Zgłoszenie ogłoszono:

**18.06.2012 BUP 13/12**

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:

**30.11.2012 WUP 11/12**

(73) Uprawniony z patentu:

**POLITECHNIKA ŚWIĘTOKRZYSKA, Kielce, PL**

(72) Twórca(y) wynalazku:

**WOJCIECH SADKOWSKI, Kielce, PL**

**KRZYSZTOF LUDWINEK, Kostomłoty, PL**

(74) Pełnomocnik:

**rzec. pat. Antoni Garstka**

**PL 212854 B1**

## Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest silnik cieplny Stirlinga przetwarzający ciepło na energię mechaniczną, o posuwisto-zwrotnym ruchu tłoka będący odmianą silnika Stirlinga.

W znanych odmianach silników Stirlinga najczęściej występuje układ korbowy lub układ pracujący na podobnej zasadzie do układu korbowego, sprzęgający ruch tłoka z ruchem wypornika. W takim rozwiązaniu ruch tłoka wyprzedza ruch wypornika o kąt  $90^\circ$ , co powoduje, że charakterystyka ruchu wypornika w czasie, względem środkowego punktu położenia tłoka jest zbliżona do sinusoidalnej. Zasadniczą wadą występującą w znanych rozwiązaniach silników związaną z wymianą ciepła jest fakt, że wymiana ta jest najbardziej intensywna tylko na niewielkim odcinku ruchu tłoka. Ten sposób pracy powoduje niską sprawność silników cieplnych.

Z opisu zgłoszeniowego P. 333567 znany jest układ przeniesienia napędu w silniku Stirlinga, który składa się z dwu belek połączonych prostopadle i symetrycznie z tłoczyskiem tłoka wyporowego i tłoczyskiem tłoka roboczego. Pomiedzy belkami znajdują się czopy korbowe, dociskane przez elementy sprężyste.

Silnik cieplny Stirlinga z regeneratorem zawierającym część ogrzewaną i chłodzoną, w którym obrotowo i przesuwnie jest osadzony wypornik sprzęgnięty z tłokiem, według wynalazku charakteryzuje się tym, że tłok jest osadzony na wale silnika a wał silnika jest zespolony z wypornikiem i jest wyposażony w wodzik osadzony ruchowo w wyprofilowanym krzywkowym kanale, wykonanym korzystnie w obudowie silnika. Krzywkowy kanał posiada odcinki prostych połączone krzywymi łukowymi a ich ilość jest podwojoną ilością par części ogrzewanych i chłodzonych regeneratora. Tłok jest osadzony obrotowo na wale lub może być połączony z wałem na sztywno. Przewiduje się także rozwiązanie, w którym wypornik jest osadzony przesuwnie na wale, korzystnie poprzez wieloklin.

Możliwe jest też rozwiązanie w którym tłok, wypornik, wał oraz wodzik mechanizmu krzywkowego stanowią monolit. Takie rozwiązanie znacznie upraszcza budowę silnika gdyż stanowi jedyny ruchomy element, konieczny do działania silnika. Element ten jest wyważony i stanowi koło zamachowe. Element ten w całym cyklu pracy wykonuje ruch zawierający składową posuwisto-zwrotną, natomiast blisko dolnego lub górnego położenia element ten zawiera niejednostajną składową obrotową. Składową roboczą ruchu silnika, jest składowa posuwisto-zwrotna. W proponowanym wynalazku nie jest konieczna zamiana składowej roboczej ruchu posuwisto-zwrotnego na ruch obrotowy. W niniejszym rozwiązaniu niejednostajna składowa obrotowa występuje tylko po to, aby wypornik mógł przesłaniać kolejno stronę chłodzoną oraz stronę ogrzewaną regeneratora. Ruch obrotowo-niejednostajny jest realizowany za pomocą mechanizmu krzywkowego.

W przypadku mechanizmu krzywkowego zastosowanego w wynalazku charakterystyka ruchu wypornika w trakcie niemal całego posuwu tłoka jest zbliżona do liniowej a wypornik w trakcie niemal całego posuwu tłoka przesłania całkowicie stronę ogrzewaną lub chłodzoną regeneratora i jedynie w końcowej fazie ruchu tłoka, krzywka wymusza obrót wypornika o  $180$  stopni. W niniejszym rozwiązaniu z uwagi na fakt ruchu liniowego i nieobrotowego wypornika, wymiana ciepła w regeneratorsze jest najbardziej intensywna na niemal całym odcinku ruchu tłoka. W proponowanym rozwiązaniu jedyne uszczelnienie elementu ruchomego stanowi pierścień tłoka, co w stosunku do większości znanych odmian silników Stirlinga upraszcza budowę samego silnika oraz upraszcza jego konserwację w czasie eksploatacji. Charakterystyka pracy silnika według wynalazku ma kształt zbliżony do trapezu o zaokrąglonych narożach.

Przedstawiony silnik cieplny o posuwisto-zwrotnym ruchu tłoka jest silnikiem cichym i może mieć szerokie zastosowanie w układach: spalania, geotermicznych, słonecznych oraz w miejscach gdzie występuje różnica temperatur np. w chłodniach. Rozwiązanie według wynalazku pozwala na znaczne zwiększenie czasu pobierania ciepła, jak i oddawania ciepła, a tym samym na zwiększenie sprawności całego układu.

Przedmiot wynalazku jest przedstawiony w przykładzie wykonania na rysunku, na którym Fig. 1 przedstawia widok silnika w środkowej fazie ruchu tłoka w górę, przy czym za ruch tłoka w górę przyjmuje się ruch tłoka powodowany rozprężaniem gazu, Fig. 2 - widok mechanizmu krzywkowego na etapie pracy silnika jak na Fig. 1, Fig. 3 - widok silnika w końcowej fazie ruchu tłoka w górę, przed rozpoczęciem ruchu obrotowego, Fig. 4 - widok mechanizmu krzywkowego na etapie pracy silnika jak na Fig. 3, Fig. 5 - widok silnika w końcowej fazie ruchu tłoka w górę, w trakcie wykonywania ruchu obrotowego. Fig. 6 - widok mechanizmu krzywkowego na etapie pracy silnika jak na Fig. 5, Fig. 7 - widok silnika w stanie po wykonaniu ruchu obrotowego, w którym wypornik przesłania całkowicie stro-

nę ogrzewaną regeneratora. Fig. 8 - widok mechanizmu krzywkowego na etapie pracy silnika jak na Fig. 7, Fig. 9 - etap pracy silnika w środkowej fazie ruchu tłoka w dół, przy czym za ruch tłoka w dół przyjmuje się ruch tłoka powodowany zmniejszaniem objętości gazu, Fig. 10 - widok mechanizmu krzywkowego na etapie pracy silnika jak na Fig. 9, Fig. 11 - etap pracy silnika w końcowej fazie ruchu tłoka w dół przed rozpoczęciem ruchu obrotowego. Fig. 12 - widok mechanizmu krzywkowego na etapie pracy silnika jak na Fig. 11, Fig. 13 - etap pracy silnika w końcowej fazie ruchu tłoka w dół, w trakcie wykonywania ruchu obrotowego. Fig. 14 - widok mechanizmu krzywkowego na etapie pracy silnika jak na Fig. 13, Fig. 15 - widok silnika, gdzie po wykonaniu ruchu obrotowego, wypornik przesłania całkowicie część chłodzoną regeneratora. Fig. 16 - widok mechanizmu krzywkowego na etapie pracy silnika jak na Fig. 15.

Wał 1 silnika jest sztywno połączony z tłokiem 3 oraz wypornikiem 5. Wypornik 5 posiada element wyważający 8. Wał 1 wyposażony jest w wodzik 14 osadzony ruchowo w krzywkowym kanale 13 wykonanym w tulei 11. Kanał 13 poprzez wodzik 14 nadaje kształt ruchu wypornika 5. Wodzik 14 i krzywkowy kanał 13 stanowią mechanizm krzywkowy 10. Tłok 3 jest osadzony w cylindrze 2 a uszczelnienie pomiędzy tłokiem 3 i cylindrem 2 stanowi pierścień uszczelniający 12. Nieruchomy element silnika 4 składa się z następujących podzespołów cylinder 2, komora 9 regeneratora, ogrzewana część 6 regeneratora, chłodzona część 7 regeneratora oraz tuleja 11 wału 1.

Fig. 1 przedstawia widok silnika w środkowej fazie ruchu tłoka 3 w górę. Wypornik 5 przesłania część chłodzoną 7 regeneratora, gaz wewnątrz silnika jest ogrzewany i rozpręża się, powodując ruch tłoka 3 w górę. Widok mechanizmu krzywkowego 10 na etapie pracy silnika jak na Fig. 1 przedstawia Fig. 2. Wypornik 5 przesłania całkowicie część chłodzoną 7 przez większą część ruchu tłoka 3 w górę aż do momentu rozpoczęcia ruchu obrotowego.

W końcowej fazie ruchu tłoka 3 w górę, w trakcie ruchu obrotowego, który odbywa się na skutek działania mechanizmu krzywkowego 10, odsłaniana jest część chłodzona 7 regeneratora, a zasłaniana jest część ogrzewana 6 regeneratora.

Po wykonaniu ruchu obrotowego, wypornik 5 przesłania całkowicie część ogrzewaną 6 regeneratora, gaz w silniku jest chłodzony i zmniejsza swoją objętość, powodując ruch tłoka 3 w dół. Podczas ruchu tłoka 3 w dół wypornik 5 wciąż całkowicie przesłania część ogrzewaną 6 regeneratora, a gaz jest wciąż chłodzony do czasu rozpoczęcia ruchu obrotowego wypornika 5. W końcowej fazie ruchu tłoka 3 w dół (Fig. 13), wypornik 5 jest w trakcie wykonywania ruchu obrotowego na skutek działania mechanizmu krzywkowego 10, a w trakcie tego ruchu odsłaniana jest część ogrzewana 6 regenerato- ra, a zasłaniana część chłodzona 7.

Po wykonaniu ruchu obrotowego (Fig. 15), wypornik 5 przesłania całkowicie część chłodzoną 7 regeneratora, gaz w silniku jest ogrzewany i zwiększa swoją objętość, powodując ruch tłoka 3 w górę i cykl pracy silnika powtarza się.

## Zastrzeżenia patentowe

1. Silnik cieplny Stirlinga z regeneratorem zawierającym część ogrzewaną i chłodzoną, w którym obrotowo i przesuwnie jest osadzony wypornik sprzęgnięty z tłokiem, **znamienny tym**, że na wale (1) silnika jest osadzony tłok (3) przy czym wał (1) silnika jest zespolony z wypornikiem (5) i jest wyposażony w wodzik (14) osadzony ruchowo w wyprofilowanym krzywkowym kanale (13), wykonanym korzystnie w obudowie silnika.

2. Silnik, według zastrz. 1, **znamienny tym**, że krzywkowy kanał (13) posiada odcinki prostych połączone krzywymi łukowymi a ich ilość jest podwojoną ilością par części ogrzewanych (6) i chłodzonych (7) regeneratora.

3. Silnik, według zastrz. 1, **znamienny tym**, że tłok (3) jest połączony z wałem (1) na sztywno.

4. Silnik, według zastrz. 1, **znamienny tym**, że tłok (3) jest osadzony obrotowo na wale (1).

5. Silnik, według zastrz. 1, **znamienny tym**, że wypornik (5) osadzony jest przesuwnie na wale (1) korzystnie poprzez wieloklin.

6. Silnik, według zastrz. 1, **znamienny tym**, że tłok (3), wypornik (5), wał (1), oraz wodzik (14) mechanizmu krzywkowego (10) stanowią monolit.

Rysunki

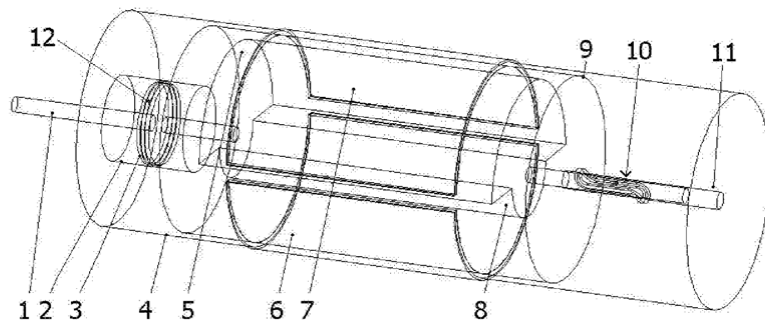


Fig. 1

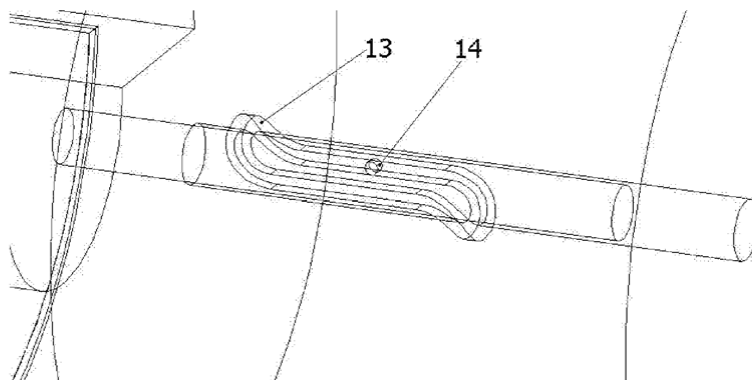


Fig. 2

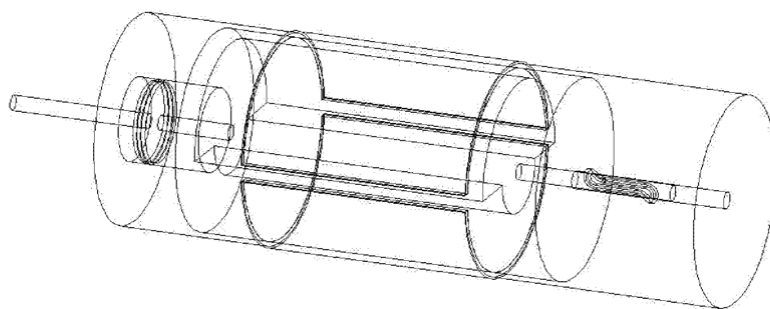
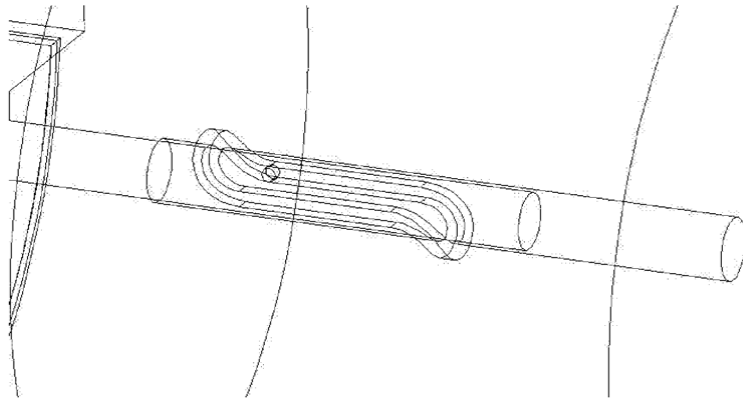
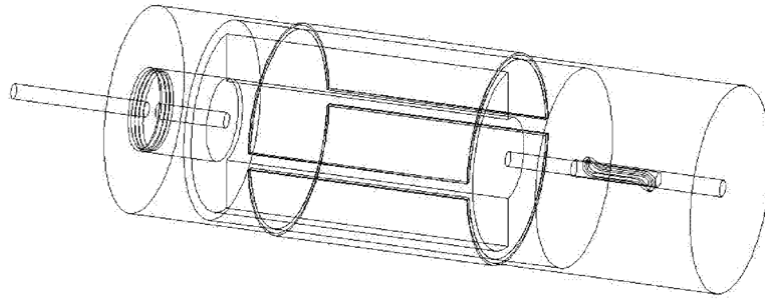


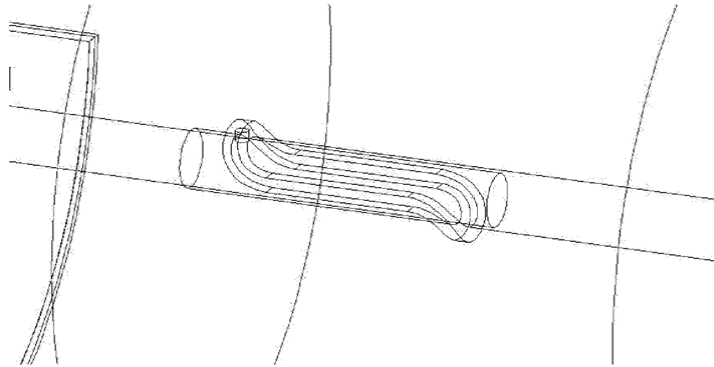
Fig. 3



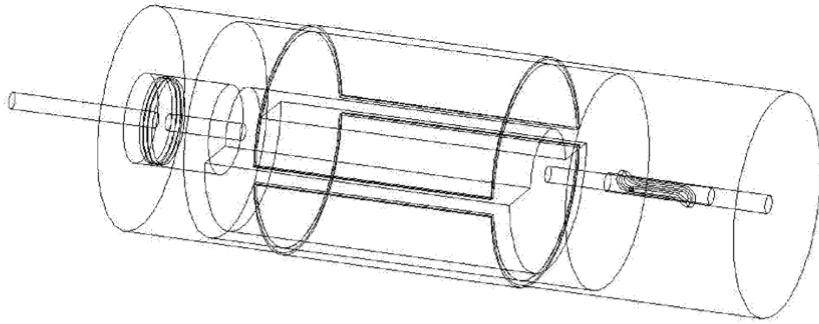
**Fig. 4**



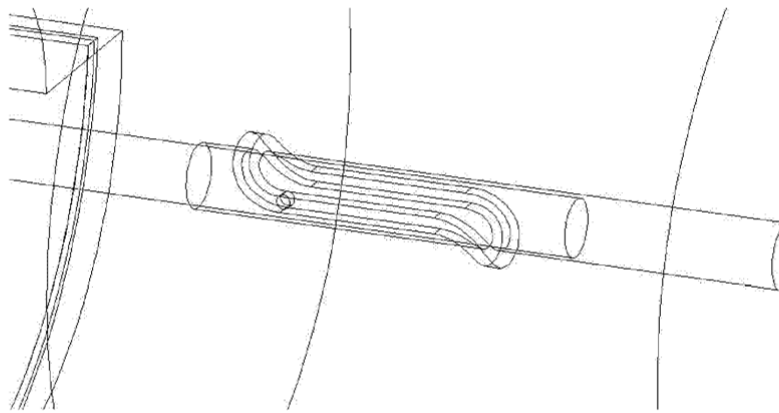
**Fig. 5**



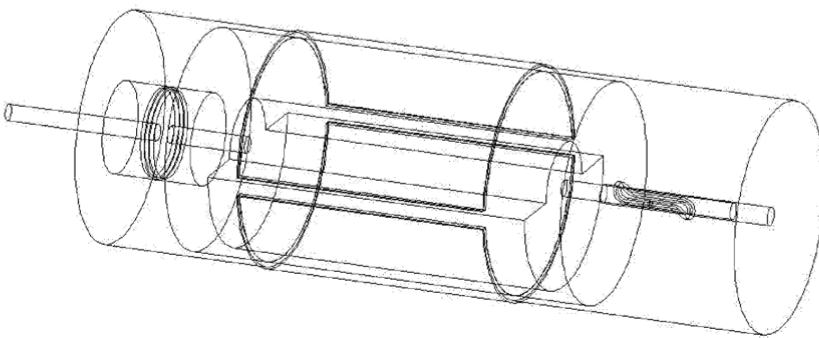
**Fig. 6**



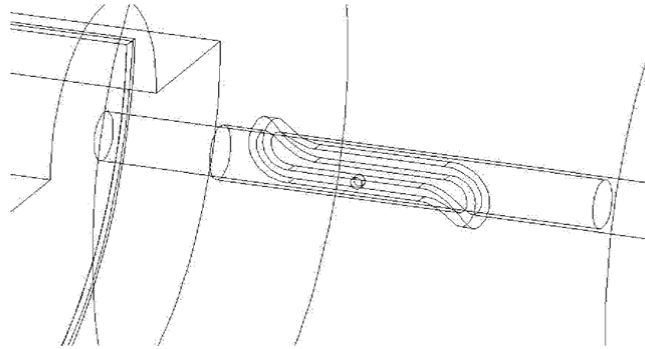
**Fig. 7**



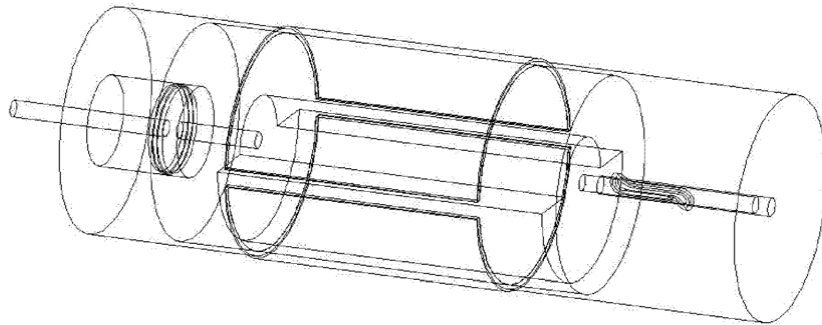
**Fig. 8**



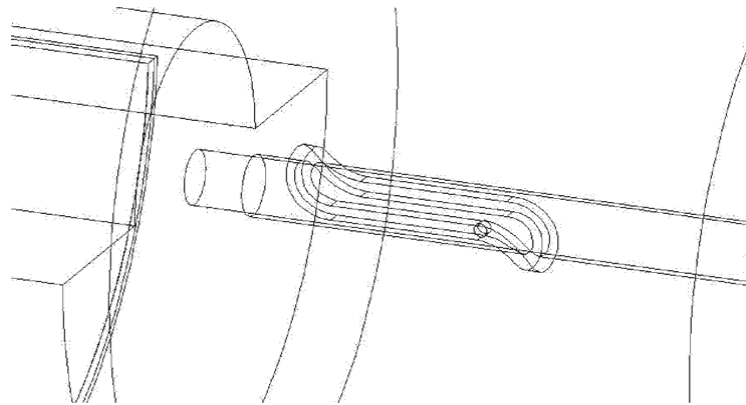
**Fig. 9**



**Fig. 10**



**Fig. 11**



**Fig. 12**

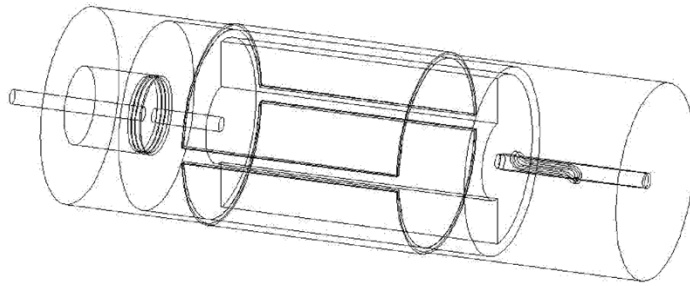


Fig. 13

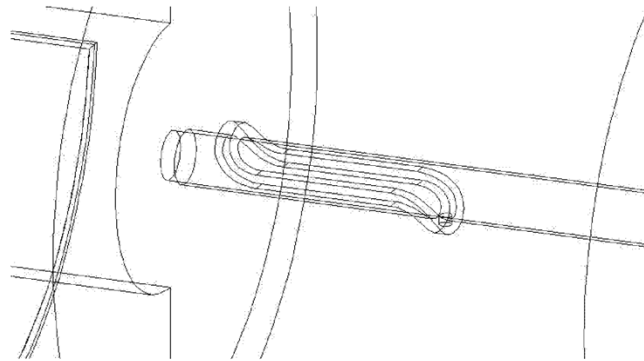


Fig. 14

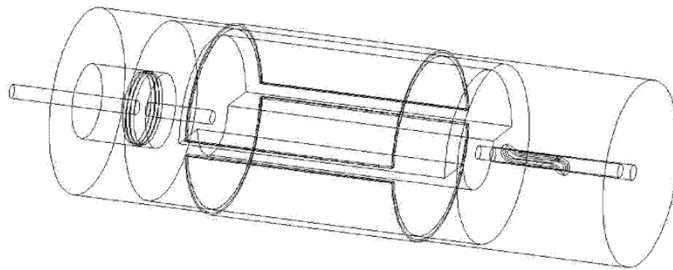


Fig. 15

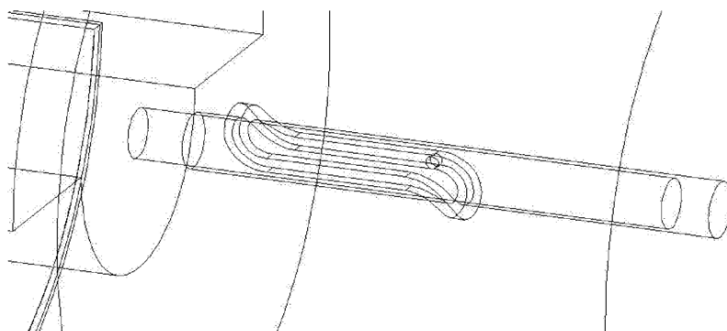


Fig. 16