

TOROIDNÝ ROTAČNÝ SPAĽOVACÍ MOTOR

MILLY Miron, SR

Resumé:

Príspevok popisuje konštrukciu a činnosť štvordobého toroidného rotačného spaľovacieho motora s otáčavým pohybom dvojice piestov. Motor pozostáva z pracovnej skrine, dvoch otáčajúcich sa piestov a riadiaceho mechanizmu, ktorým je ovládaný otáčavý pohyb oboch piestov, klzne uložených v toroidnej pracovnej skrini.

Kľúčové slová: štvordobý (štvortaktný) spaľovací motor, toroidný, rotačný, piest

TOROIDAL ROTARY INTERNAL COMBUSTION ENGINE

Abstract:

The paper is describing construction and function of four-stroke toroidal rotary internal combustion engine, with rotating movement of two pistons. The engine consist of the working case, two rotary pistons and of the control mechanism, by which is ruled the rotating movement of the both pistons, gliding situated at the toroidal working case.

Key words: four-stroke (four-cycle) combustion engine, toroidal, rotary, piston

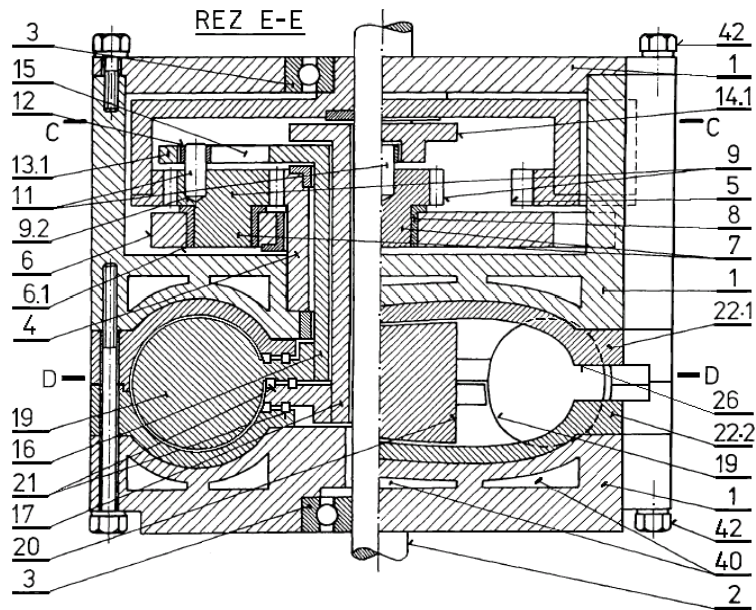
1 Základné pojmy

Skôr, než popíšeme konštrukciu a činnosť toroidného rotačného spaľovacieho motora, objasníme niektoré pojmy, ktoré sa v spomínanom popise vyskytujú.

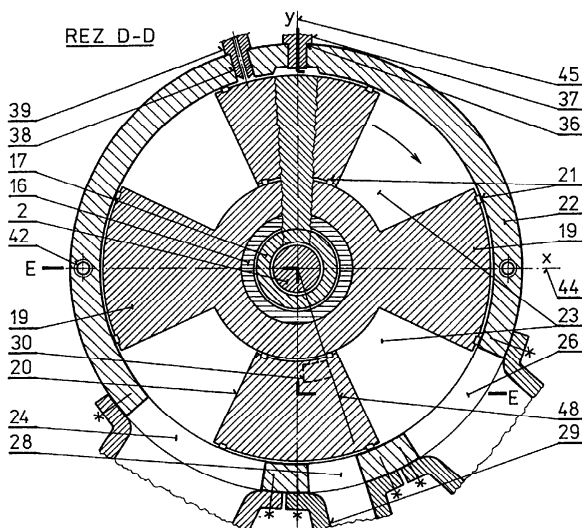
- Pod pojmom dutá anuloidná plocha máme v tomto konkrétnom prípade na mysli vnútorný povrch anuloidu ktorý má pozdĺž vnútorného obvodu výrez. Zjednodušene si túto plochu možno predstaviť formálnym prirovnaním k akejsi kovovej „pneumatike“ s vnútorným výrezom.
- Ďalším pojmom je otáčajúci sa anuloidný piest. Tento má tvar dvojice protiľahlých anuloidných piestnych výsekov (segmentov), pričom je klzne uložený v pracovnej skrini.
- Pre jednoduchosť a zrozumiteľnosť popisu sa v ďalšom texte tohto príspevku budeme odvolávať na číselné označenia (pozície) jednotlivých častí rotačného spaľovacieho motora, znázorneného na obr. 1, 2, a 3.

2 Konštrukčné riešenie toroidného rotačného spaľovacieho motora

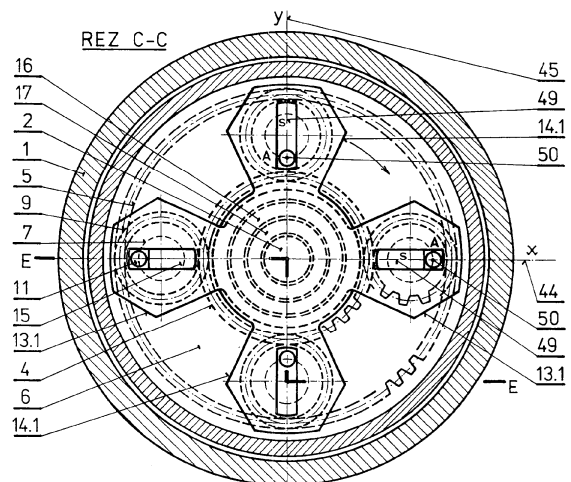
Princíp toroidného rotačného spaľovacieho motora je založený na transformácii nerovnomerného a vzájomne fázovo rozdielného otáčavého pohybu dvoch navzájom prekrížených otáčajúcich sa piestov 19 a 20 a príslušných ovládacích ramien 13.1 a 14.1 na plynulý rotačný pohyb hnacieho hriadeľa 2. Táto transformácia pohybu prebieha prostredníctvom riadiaceho mechanizmu podľa dvoch vzájomne fázovo rozdielných trajektórií (dvojicpých epitrochoid), z ktorých jednu opisuje bod A 50 obehového ozubeného kolesa 9 pri epicykloidnom pohybe (obr. 3).



Obr. 1. Pozdĺžny rez toroidného rotačného spaľovacieho motora



Obr. 2. Priečny rez pracovnej skrine toroidného rotačného spaľovacieho motora



Obr. 3. Priečny rez riadiaceho mechanizmu toroidného rotačného spaľovacieho motora

Toroidný rotačný spaľovací motor pozostáva z pracovnej skrine, a riadiaceho mechanizmu. V pracovnej skrini sú kĺzne uložené dva navzájom prekrížené dvojsegmentové anuloidné piesty, ktoré svojimi klznými časťami povrchu plošne dosadajú k anuloidnému tvaru vnútorného povrchu pracovnej skrine. Na klzných častiach povrchu jednotlivých piestov sú priečne nasadené tesniace piestne oblúky (piestne krúžky alebo ich časti). Pri takomto prekríženom klznom uložení piestov vzniknú medzi susednými piestnymi segmentmi 4 navzájom izolované pracovné komory 23 (obr. 2), ktoré pri nastavenom vzájomne fázovo rozdielnom a navyše nerovnomernom otáčaní oboch piestov periodicky menia svoj objem. V dôsledku zmien objemu jednotlivých pracovných komôr 23 dochádza v pracovnej skrini 1 k cyklickému

striedaniu všetkých štyroch dôb 4-dobého toroidného rotačného spaľovacieho motora: *nasávanie, stláčanie, expanzia a výfuk*. Na konci výfukovej doby je možné pracovnú komoru ešte prepláchnuť prúdom čistého vzduchu cez vstupný preplachovací otvor 30 a výstupný preplachovací otvor 28. Na klzných častiach povrchu jednotlivých piestov sú priečne nasadené tesniace piestne oblúky (piestne krúžky alebo ich časti). Vo vnútornom povrchu pracovnej skrine 1 sú funkčné otvory, ktoré vyúsťujú smerom von z vnútorného priestoru pracovnej skrine (obr. 2). Sú to: nasávací otvor 24, vstupný preplachovací otvor 30, výstupný preplachovací otvor 28, výfukový otvor 26, zážihový otvor 36 pre umiestnenie zapalovacej sviečky 37 a otvor 38 pre umiestnenie dýzy 39 na vstrekovanie paliva do pracovných komôr 23. Otáčavé piesty 19 a 20 majú tvar dvoch dvojramenných anuloidných výsekov (segmentov) a sú klzne uložené v pracovnej skrini, ktorej vnútorný povrch má tvar dutej anuloidnej plochy s výrezom pozdĺž vnútorného obvodu anuloidu (obr. 1) a (obr. 2). Každý z piestov 19 a 20 je pomocou dvoch súosových dutých hriadeľov 16 a 17 spojený s príslušným ovládacím ramenom 13.1 a 14.1, ďalej pomocou posuvného člena 15 a trňa 11 s príslušným obehovým ozubeným kolesom 9, ktoré obieha po obvode nepohyblivého centrálného ozubeného kola 4 s vonkajším ozubením, a nakoniec pomocou pohyblivého centrálného ozubeného kola 5 s vnútorným ozubením aj s hnacím hriadeľom 2 (obr. 1, 3). Pritom os otáčania hnacieho hriadeľa 2 je kolmá na rovinu kruhového obehu piestnych segmentov 19 a 20.

Hlavnými časťami riadiaceho mechanizmu sú: nepohyblivé centrálné ozubené koleso 4 s vonkajším ozubením, ktoré je pevne spojené s telesom 1 motora. Ďalej pohyblivé centrálné ozubené koleso 5 s vnútorným ozubením, ktoré je pevne spojené s hnacím hriadeľom 2, a zo 4-och obehových ozubených kolies 9 umiestnených na unášači 6 v ozubenom medzikruží kolies 4 a 5, pričom pomer počtu zubov ozubených kolies 4 a 9 je 2:1. Z obehových ozubených kolies 9 v blízkosti ozubenia vyčnievajú trne 11, ktoré sa pohybujú pozdĺž posuvných členov 15 (drážok) príslušných ovládacích ramien 13.1 a 14.1, pričom dve navzájom protiľahlo usporiadané ovládacie ramená 13.1 sú pevne spojené so súosovým hriadeľom 16 a ďalšie dve ramená 14.1 so súosovým hriadeľom 17.

Z kinematickej analýzy toroidného rotačného spaľovacieho motora je zrejmé, že pri vzájomne fázovo rozdielnom a nerovnomernom otáčaní jednotlivých piestov je nerovnomerný aj priebeh príspevkov príslušných krútiacich momentov, ktorými sa jednotlivé piesty 19 a 20 podieľajú na celkovom krútiacom momente hnacieho hriadeľa 2. Potom aj keď v dôsledku tlaku spaľovacej zmesi v pracovnej komore 23 sú susedné piestne segmenty 19 a 20 (a tým aj príslušné ovládacie ramená 13.1 a 14.1) tlačené navzájom opačným smerom (obr. 2), výsledný krútiaci moment, prenášaný prostredníctvom riadiaceho mechanizmu na hnací hriadeľ 2, má vždy len jeden smer, pričom maximum dosahuje, keď predný piest sa otáča maximálnou uhlovou rýchlosťou a zadný piest minimálnou uhlovou rýchlosťou. Príspevok krútiaceho momentu, ktorým sa na celkovom krútiacom momente podieľa piest otáčajúci sa minimálnou uhlovou rýchlosťou, má síce opačný smer, ale jeho hodnota je niekoľko-násobne menšia, než hodnota príspevku od piesta otáčajúceho sa maximálnou uhlovou rýchlosťou. Preto výsledný krútiaci moment hnacieho hriadeľa 2, ktorý sa rovná rozdielu absolútnych hodnôt príspevkov krútiacich momentov od jednotlivých piestov v čase expanzie spaľovacej zmesi v príslušnej pracovnej komore, má vždy len jeden smer, pričom otáčanie hnacieho hriadeľa 2 je plynulé.

3 Hlavné principiálne výhody toroidného rotačného spaľovacieho motora

V porovnaní s klasickým spaľovacím motorom s priamočiarym a navyše vratným pohybom piestov, kde dochádza k obojsmernému prekonávaniu zotrvačných síl v dôsledku opakovaných zmien smeru pohybu piestov, a v porovnaní s Wankelovým rotačným motorom má toroidný rotačný spaľovací motor s nevratným pohybom dvojice otáčajúcich sa piestov tieto výhody:

- a) Vnútorňý povrch pracovnej skrine a klzné časti vonkajšieho povrchu piestných segmentov sú nenáročné na výrobu, pretože na rozdiel od Wankelovho motora majú tvar toroidnej rotačnej plochy. Z hľadiska výroby a prevádzky motora je najvýhodnejšia anuloidná rotačná plocha.
- b) Na rozdiel od Wankelovho motora oba piesty svojimi klznými časťami povrchu plošne dosadajú k vnútornému povrchu pracovnej skrine, čím sú vytvorené podstatne lepšie predpoklady na jednoduchší spôsob tesnenia piestných segmentov v pracovnej skrini, na lepšie vzájomné oddelenie jednotlivých pracovných komôr a na účinnejšie chladenie piestov v dôsledku priaznivého prestupu tepla z povrchu piestov na vnútorný povrch pracovnej skrine.
- c) V prípade voľby anuloidnej rotačnej plochy klzných častí povrchu pracovnej skrine a piestných segmentov majú tesniace prvky tvar piestných krúžkov, podobne ako je tomu u klasických spaľovacích motorov s priamočiarym pohybom piestov.
- d) Otváranie a zatváranie všetkých vstupných a výstupných otvorov v pracovnej skrini zabezpečujú samotné piesty príslušnými klznými časťami svojho vonkajšieho povrchu pri prechode oblasťou týchto otvorov. To znamená, že na spomínaný účel nie sú potrebné žiadne ventily, ani mechanizmy na ich ovládanie.
- e) Tesne pred ukončením výfukového pracovného taktu je možné príslušnú pracovnú komoru ešte prepláchnuť od zvyškov spalín, a to prúdom čistého vzduchu cez vstupný a výstupný preplachovací otvor, čím sa zabezpečí účinnejšie spaľovanie zmesi v každom nasledujúcom pracovnom cykle. Túto možnosť nemá žiaden z doposiaľ známych spaľovacích motorov.
- f) Nakoľko k zážihu dochádza len na jedinom mieste pracovnej skrine, popisovaný rotačný motor nepotrebuje rozdeľovač zážihových impulzov.
- g) Vhodným tvarom piestných segmentov pri danej voľbe parametra epitrochoidnej riadiacej krivky (napr. epicykloidy) možno dosiahnuť oveľa vyššie hodnoty kompresného pomeru, než u Wankelovho motora, čo dáva predpoklad pre jeho využitie aj ako vznetrového motora.
- h) Spojením dvoch zhodných motorov, vzájomne pootočených o $1/8$ pracovného cyklu (tj o 45°), na spoločnom hriadeľi, sa podstatne zrovnomení aj priebeh krútiaceho momentu hnacieho hriadeľa. Tým sa podstatne zmenšia nároky na hmotnosť zotrvačníka.
- i) Výhodou umiestnenia dvojice piestov v pracovnej skrini je, že zotrvačné účinky zrýchleného a spomaleného kruhového pohybu jednotlivých piestov, otáčajúcich sa v jednom smere, sa navzájom kompenzujú, takže výsledné zotrvačné účinky celkovej pohybujúcej sa sústavy sú minimálne. Preto sú minimálne aj mechanické vibrácie a príslušné zotrvačné straty bežiacieho motora.

- j) Pri rovnakom celkovom objeme valcov u klasického 4-valcového spaľovacieho motora a 4 pracovných komôr popisovaného rotačného motora má rotačný motor podstatne menšie rozmery a hmotnosť. Podľa predbežných výpočtov vychádza hmotnosť rotačného motora menšia, než 1/3 hmotnosti klasického spaľovacieho motora.

4 Záver

Z dôvodu výhodných hmotnostných a objemových ukazovateľov je popisovaný toroidný rotačný spaľovací motor skonštruovaný za účelom jeho využitia hlavne v ľahkých motorových lietadlách, motorových člnoch, vodných skútroch, a pod. Takzvaná „mŕtva poloha“ piestov (keď sa krútiace momenty oboch piestov navzájom kompenzujú) sa neprejaví, ak sa na spoločnom hriadeli použije dvojica identických motorov, pričom piesty 1. a 2. motora sú navzájom pootočené o konkrétny uhol. Vtedy 1. z motorov pomáha prekonať „mŕtvu polohu“ 2. motoru a naopak. Tento uhol pootočenia závisí od počtu expanzných dôb, ktoré sa vystriedajú v rámci jednej otáčky dvojice piestov príslušného motora. V tomto konkrétnom uskutočnení rotačného motora sa za 1 otáčku vystriedajú celkom 4 expanzné doby, takže optimálna hodnota uhla pootočenia oboch motorov bude teoreticky odpovedať 1/8 otáčky (tj. 45°). V praxi je potrebné optimálnu hodnotu tohto uhla presne doladiť, a to za účelom dosiahnutia optimálnych parametrov takejto sústavy motorov.

Uvedené technické riešenie toroidného rotačného spaľovacieho motora pod názvom *Spaľovací motor s otáčavým pohybom piesta* bolo v r.1992 prihlásené k ochrane duševného vlastníctva na Federálnom úrade pre objavy a vynálezy. V r.1993 a 1994 príslušné Úrady priemyselného vlastníctva (ÚPV) v ČR a SR udelili na toto technické riešenie Osvedčenia o zápise Úžitkového vzoru do registrov. V ČR pod evid. č. 676 a v SR pod evid. č. 400. Navyše v r.2000 bol v SR na tento vynález udelený aj patent pod evid. č. 280606.

Literatúra:

- [1] MILLY, M.: Vyžiadaný príspevok s názvom: „*Dvojpiestový rotačný spaľovací motor*“. In: Zborník zo 4. konferencie s medzinárodnou účasťou „Prvenstvo v kvalite“, Dom techniky ZSVTS, Košice 1995, s. 87-90, ISBN 80-967144-2-2.
- [2] MILLY, M.: Dokument patentu SR č. 280606, evidovaného na ÚPV Banská Bystrica, SR. <http://registre.indprop.gov.sk/registre/pdf/patenty/280/280606.pdf>

Lektoroval: Doc. PaedDr. Peter Beisetzer, PhD.

Kontaktná adresa autora (e-mail): millymir@unipo.sk