



UDK: 656.137

KONSTRUKCIJSKE KARAKTERISTIKE ROTACIONOG MOTORA UNUTRAŠNJEG SAGORJEVANJA PROMJENJLJIVE RADNE POVRŠINE – PRP (KKROMUS)

Milan Đudurović*, Biljana Vranješ**

**) Savez inovatora RS Banja Luka, djudurov@teol.net*

***) Mašinski fakultet, Banja Luka*

Sadržaj: Od vremena pronalaska oto i dizel motora prisutna je tendencija njihovog usavršavanja jer im je konstrukcija preuzeta sa parne mašine Džemsa Wata i Džordža Stivensona. Ta konstrukcija je složena, radi velikog broja sastavnih dijelova, pa ima velike mehaničke gubitke i dinamičku neuravnoteženost, a radi složenosti konstrukcije ograničene su joj i mogućnosti broja obrtaja. Kako snaga motora (P_e) SUS zavisi od broja obrtaja, zapremine i srednjeg efektivnog pritiska, prisutna je tendencija da se veća snaga dobije prostijom konstrukcijom i većim brojem obrtaja. Prvi, ali i uspješan, pokušaj rešavanja tog pitanja pošlo je za rukom Felix-u Wankelu sa njegovim patentom rotacionog motora (1954) koji se i danas, sa dosta uspijeha, ugrađuje u vozila Mazda RX4, RX6, ... i RX9 koji je 4. aprila 2006. god. izložen na salonu automobila u Njujorku. RMUS PRP - KKROMUS je nova ali i viša faza razvoja konstrukcije rotacionog motora po autorima nazvana *kontinuirano-kompleksni rotacioni motor unutrašnjeg sagorjevanja promjenjljive radne površine*.

Ključne riječi: rotacioni motor, *kkromus*, motori sa unutrašnjim sagorijevanjem (SUS).

1. UVOD

Od vremena pronalaska oto i dizel motora prisutna je tendencija njihovog usavršavanja, što nije jednostavan ni lak zadatak, jer im konstrukcija mnogo podsjeća na parnu mašine Džemsa Wata i Džordža Stivensona. Ta konstrukcija je složena i ima velike mase pa radi toga i relativno velike mehaničke gubitke od 10-15% P_e . Radi njene složenosti zahtijeva veliko dinamičko uravnoteženje pa su joj ograničene mogućnosti broja obrtaja. Kako snaga motora (P_e) SUS zavisi od broja obrtaja, zapremine i srednjeg efektivnog (indikatorskog) pritiska, prisutna je tendencija da se veća snaga dobije prostijom konstrukcijom i većim brojem obrtaja. Prvi, ali i uspješan, pokušaj rešavanja tog pitanja pošlo je za rukom Felix-u Wankelu sa njegovim patentom rotacionog motora koji se i danas, sa dosta uspijeha, ugrađuje u vozila Mazda RX4, RX6, RX7, RX8 i

najnoviji RX9. Drugi proizvođači, BMW, Mercedes, Audi, General motors i sl. napustili su razvoj motora i automobila sa Vankelovim motorom.

Sa inženjerske tačke gledišta postoji opravdana potreba usavršavanja svake konstrukcije i svakog proizvoda pa i motora sa unutrašnjim sagorjevanjem. Međutim, u dosadašnji razvoj konstrukcije i opreme motora uložena su, postepeno, ogromna tehnička i materijalna sredstva, a posebno kada su u pitanju putnički automobili pa je teško i zamisliti promjenu postojećeg stanja. Mazda, proizvodnjom i primjenom rotacionog motora u svojim vozilima potvrđuje da je to moguće.

Osnovni razlog razmišljanja u tom pravcu nameće se kao potreba da se dobije pristupa konstrukcija, ušteda vremena u proizvodnji, u vremenu održavanja, obimu investicija i kapaciteta i uštede u eksploataciji.

Mada klasični motori pokazuju dobra eksploataciona svojstva Mazdin primjer potvrđuje da se konstrukcija motora SUS može dobiti i na drugi način.

ROTACIONI MOTOR PRP - KKROMUS je nova ali i viša faza razvoja konstrukcije rotacionog motora po autoru nazvana *kontinuirano-kompleksni rotacioni motor unutrašnjeg sagorjevanja promjenljive radne površine* koji je prvi put prikazan 2006. godine u Moskvi, virtualnom animacijom, kao **MONO** izvedba, a zatim na sajmovima inovacija u **Ženevi, Parizu i Beogradu** (izlagan je i u Tajpehu, Budimpešti, Njermbergu i Seulu). **Modelom DUPLEX tip MILAN 2003 i 2004** nastavljen je razvoj ideje i konstrukcije sa namjerom da napravi još bolji motor koji ima manje termodinamičko opterećenje, bolje performanse i veće vrijenosti koeficijenta korisnog dejstva. Princip rada i faze procesa usisavanja, sabijanja, ekspanzije i izduvavanja istovjetni su kao i kod modela **MONO** s tom razlikom što se navedeni procesi u **DUPLEX** varijanti-izvedbi odvijaju u dvije komore, tj. usisavanje i djelomično sabijanje započinje u prvoj a zatim nastavlja u drugoj dodatnim sabijanjem, sagorjevanjem i izduvavanjem čime se postiže manje termodinamičko opterećenje i dobijaju bolje performanse. **Modelom TRIPLEX tip MILAN 2003 i 2004** ove godine (2007.) ponovljen je uspjeh iz Moskve, Ženeve i Pariza.

Prema Međunarodnoj klasifikaciji patenata (MKP, Intel.⁷) oblast tehnike na koju se pronalazak odnosi je mašinstvo a spada u grupu motora sa unutrašnjim sagorjevanjem (SUS). Razvrstan je i označen klasifikacionim simbolima **F 02B 53/00** koji se odnosi na motore sa rotacionim i oscilatornim klipovima, kao i standardima i sekundarnim simbolima **F 03B 23/00**, sa kojim se definišu ostali motori sa komorama sagorjevanja specijalnog oblika ili konstrukcije radi poboljšanja radnog procesa **F 02B 75/08** koji obuhvata motore sa dva ili više klipova koji se kreću u istom cilindru. Njegova primjena mogla bi naći mjesto u oblasti, automobilske industrije i saobraćaja, poljoprivredi, građevinarstvu, avijaciji i hidronautici ali i u drugim oblastima i tehnikama gdje je potreban nezavisan izvor snage, odnosno momenta i broja obrtaja.

2. TEHNIČKI PROBLEM

Klasični motori sa unutrašnjim sagorjevanjem (Otto i Diesel) toplotnu energiju goriva pretvaraju u mehanički rad od pravolinijskog kretanje klipa motora i klipnjače do kružnog kretanje koljenastog vratila. Taj proces se, radi složenosti navedene konstrukcije i većeg broja pokretnih dijelova, koji u toku procesa učestvuju u radu, odvija uz znatne mehaničke gubitke.

Rotacioni motori SUS su poznato tehničko rješenje. Jedno od prvih i uspješnih patentirao je Feliks Vankel (1954 godine) koje se i danas primjenjuje na nekim vozilima. Rotacioni motori sa unutrašnjim sagorjevanjem (RMUS), u odnosu na klipne, imaju znatno jednostavniju konstrukciju, manje pokretnih dijelova, radi čega i manje mehaničke gubitke energije, tj. veći stepen korisnog dejstva jer se rad sa čela klipa direktno prenosi na izlazno vratilo motora. Imaju i veći broj obrtaja, jer se radni proces brže i kontinuirano odvija, radi čega je kod njih moguće dobiti i veću snagu po jedinici zapremine jer ona s jedne strane zavisi od broja obrtaja a sa druge od zapremine i taktnosti motora.

Klasični rotacioni motor unutrašnjeg sagorjevanja, koji radi po metodu Vankela, u cilindru (kućištu) izrađenom u obliku trohoide ima problem sa zaptivanjem radnog prostora, naročito na prelasku rotacionog klipa iz prvog u drugi dio komore ali i na čeonim djelovima rotora. Problemi zaptivanja radnog prostora su u opštem smislu značajno izraženi ali ne zaostaju ni problemi sa hlađenjem motora.

Ovo saznanje pretstavljalo je potsticaj za pronalaženje novog konstrukcijskog rješenja s kojim bi bili otklonjeni navedeni nedostaci. Mehanički gledano konstrukcija klasičnih rotacionih motora je dobro rješena jer omogućava veliki broj obrtaja uz znatno manju dinamičku neuravnoteženost, ali ima dosta nedostataka koji se mogu otkloniti.

Tehnički problem koji nastojimo rešiti predmetnim pronalaskom sastoji se u slijedećem: kako konstruisati motor sa unutrašnjim sagorjevanjem koji umjesto klipova i klipnjača ima rotacioni klip, koji može da koristi sve vrste benzina i dizel goriva a ima velike vrijednosti efektivne i specifične snage, manje mehaničke i energetske gubitke i veću dinamičku uravnoteženost. Kod rotacionih motora taj mehanizam je mnogo jednostavniji jer nema klipnjače a rotacija klipa ima kružno kretanje kao i izlazno vratilo motora što mehanizam transformacije hemijske (potencijalne) energije goriva, odnosno sagorjelih gasova, u mehanički rad čini jednostavnijim. Radi manjeg broja pokretnih dijelova, ove konstrukcije, proces se odvija uz manje mehaničke gubitke, tj. veći stepen korisnog dejstva i veći broj obrtaja što ovu konstrukciju čini privlačnom za primjenu radi čega samo je i uzeli i odabrali za usavršavanje.

Detaljnim pregledom patentne dokumentacije iz oblasti koja se odnosi na rotacione motore nije pronađeno ni jedno rješenje relevantno predmetnoj prijavi pronalaska.

3. IZLAGANJE SUŠTINE PRONALASKA

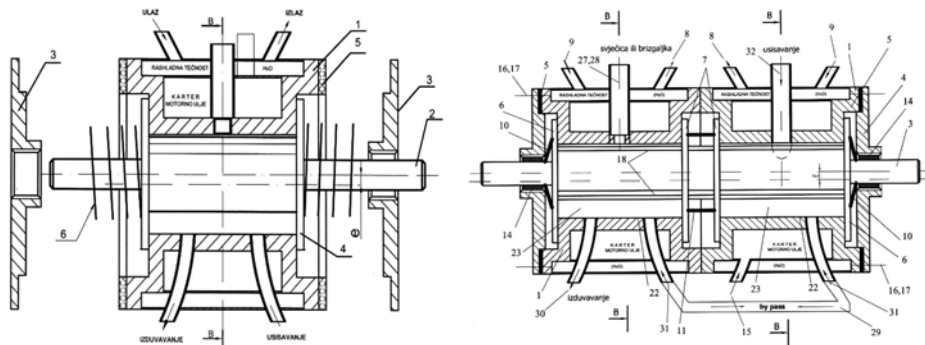
Kontinuiranokompleksnim rotacionim motorom unutrašnjeg sagorjevanja riješen je napred definisani tehnički problem. Suština pronalaska ogleda se u tome što predmetni rotacioni motor sa unutrašnjim sagorjevanjem može da koristi sve vrste goriva namjenjenih motorima sa unutrašnjim sagorjevanjem uz zadržavanje maksimalnih vrijednosti koeficijenata korisnog dejstva i poznatih prednosti rotacionih motora u odnosu na klasične.

U ovom pronalasku, odnosno patentu zadržan je, prema ideji autora, osnovni koncept rotacionog klipa, ali je geometrijski oblik cilindra klipa krug. U njemu rotira klip valjkastog oblika sa lamelama koje su postavljene tangentno na osu vratila. One zaptivaju radni prostor, usisavaju radnu materiju i vrše sabijanje i izduvavanje. Lamelle pod dejstvom centrifugalne sile, sile trenja i sile lisnatih opruga, smještene u žljebove rotora, međusobno pomjerenih za 120° , odnosno za 90° , izlaze iz žljebova i klize po obimu (izvodnicama) cilindra kojem je poprečni presjek pravilan geometrijski krug.

Propuštanje radne materije je manje u svim fazama procesa rada pa se on odvija uz znatno manje energetske i mehaničke gubitke. Bočno (čeno) zaptivanje riješeno je na specifičan i originalan način pomoću diskova koji zaptivaju cilindrične šupljine formirajući radne komore i omogućavajući da se u cilindru stvara kompresija, odnosno da se ostvare sva četiri radna procesa (usisavanje, sabijanje, ekspanzija i izduvavanje radne materije). Rotirajući klip u odnosu na cilindar postavljen je ekscentrično. Motor radi kao klasičan oto ili dizel motor sa izlaznim vrijednostima efektivne snage i obrtnog momenta u funkcionalnoj zavisnosti od broja obrtaja.

Iako je u pronalasku zadržan osnovni koncept rotacionog motora, ono što ga čini bitno drugačijim u odnosu na slična rješenja je cilindar kružnog presjeka u koje je smješten rotacioni klip pravilnog valjkastog oblika ali ekscentrično postavljen u odnosu na osu cilindra. Ovo rješenje, ekscentrično postavljenog rotacionog klipa i upotrebe višeslojnih lamela, koje u procesu rada klize po izvodnicama cilindra, ima za posljedicu manje gubitke radne materije. Gubici raspoložive energije goriva se smanjuju radi bolje zaptivenosti u svim fazama rada motora. Predmetni pronalazak, u odnosu na dosad poznata tehnička rješenja, ima više prednosti.

U cilju lakšeg razumjevanja pronalaska kao i zbog prikazivanja kako se on može realizovati u praksi autor se, samo primjera radi, poziva na priložene crteže koji se odnose na pronalazak gdje je: na slici 1. prikazan je uzdužni presjek sa položajem rotacionog klipa a na slici 2. fotografija modela motora (blok) sa cilindrom i rotirajućim klipom, u središnjem dijelu, i mjestima za poklopce koji ga zatvaraju sa čeonih strana. U gornjem dijelu prikazani su kanali-cijevi za rashladnu tečnost i cijev za sipanje ulja u karter. Na donjem dijelu, simetrično u odnosu na vertikalnu osu, prikazani su usisni i izduvni kanal-cijev.



Sl. 1. Poprečni presjek motora KKROMUS mono i duplex



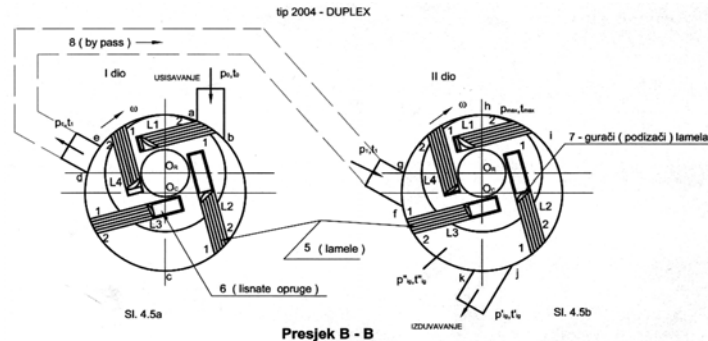
Sl. 2. Spoljašnji izgled motora KKROMUS mono i duplex

Varijanta motora sa tri lamele (komore) odabrana je kao **povoljnija za oto proces**. Razlika površina lamela, $\Delta=A_1-A_2$, radi različitog položaja u cilindru, i pritisaka sagorjelih gasova u komorama, na različite površine i osna rastojanja, što zavisi od ugla zakretanja (φ) vratila rotora, stvara obrtni moment na lamelama, odnosno vratilu, koji prelazi u mehanički rad. Proces rada motora odvija se istovremeno i kontinuirano u svakom od tri međusobno odvojena radna prostora (komore), tj. u svakom trenutku rada motora u jednoj od komora vrši se usisavanje u drugoj počinje sabijanje u trećoj je započelo paljenje, sagorjevanje i izduvavanje a sve zavisi od položaja lamele u odnosu na nultu tačku, odnosno od tačke kada smo počeli posmatrati rotaciju klipa i tačke $\varphi = 360^\circ$. Jedan krug (2π).

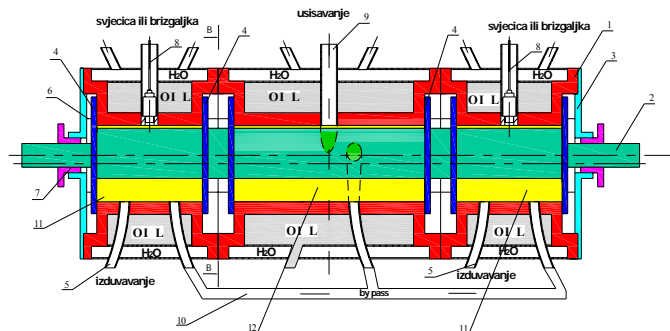
Izduvavanje sagorjelih gasova nastupa kad L1, ivicom 2, sl. 3, pređe preko tačke "c" (SMT) na izduvnoj cijevi, a završava kad L2 ivicom 1 pređe preko tačke "k". Zbog razlika u površinama lamela (između prethodne i naredne), odnosno komore, i pritisaka u njima, realizuje se sila gasova ($\int_0^\pi F_{gs} dF = \int_0^\pi p_{sr} dp \int_0^\pi A_{sr} dA$) na odgovarajućem rastojanju od centra rotacije klipa sa definisanim vrijednostima obrtnog momenta, odnosno snage. Cilindar je namjerno izrađen sa nešto većom dužinom da bi radni prostor mogao biti podjeljen u dva dijela i da bi se proces usisavanja i izduvavanja mogao nesmetano odvijati, tj. da ne bi dolazilo (da bi što manje dolazilo) do mješanja djelomično komprimiranog vazduha sa parametrima p_1 i t_1 , koji prelivnim kanalom u tački "f", sl. 3, iz prvog dijela cilindra ulazi u drugi, i izduvnih (sagorjelih) gasova. Ova pojava se ne može u potpunosti otkloniti ali se može smanjiti. U ovom slučaju proces usisavanja, i djelomičnog sabijanja, prvo je obavljen u prvom dijelu cilindra motora, a zatim nastavlja u drugom. U drugom dijelu sabijanje se završava, u kompresionom prostoru, pali radna materija i vrši ekspanzija i izduvavanje. Ovom konstrukcijom smanjeni su gubici radne materije i termodinamičko opterećenje cilindra motora. Ovako koncipiranu konstrukciju rotacionog motora nazvao sam **KKROMUS tip MILAN 2003 duplex**.

Varijanta motora sa četiri lamele (komore) odabrana je kao **povoljnija za dizel proces** jer se sa njom postižu veći pritisci i temperature u kompresionom prostoru što je povoljnije (neophodno) za dizel proces. Razlika površina lamela, radi različitog položaja u cilindru, i pritisaka sagorjelih gasova u komorama na različite površine lamela, $\Delta=A_1-A_2$, što zavisi od ugla zakretanja (φ) vratila rotora, stvara obrtni moment na lamelama koji prelazi u mehanički rad.

Proces rada motora odvija se istovremeno i kontinuirano u svakom od četiri međusobno odvojena radna prostora (komore), tj. u svakom trenutku rada motora u jednoj od komora vrši se usisavanje u drugoj počinje sabijanje u trećoj je započeo proces sagorjevanja, u četvrtoj izduvavanja a sve zavisi od položaja lamela u odnosu na nultu tačku, odnosno od tačke kada smo počeli posmatrati rotaciju klipa i tačke $\varphi = 360^\circ$ kada je on zatvorio jedan krug (2π). Izduvavanje sagorjelih gasova nastupa kad L1 ivicom 2, sl. 3, pređe preko tačke "j" na izduvnoj cijevi, a završava kad L2 ivicom 1 pređe preko tačke "k". Zbog razlika u površinama lamela (između prethodne i naredne), odnosno komore, i pritisaka u njima, realizuje se sila gasova ($\int_0^\pi F_{gs} dF = \int_0^\pi p_{sr} dp \int_0^\pi A_{sr} dA$) na odgovarajućem rastojanju od centra rotacije klipa sa definisanim vrijednostima obrtnog momenta, odnosno snage. Cilindar je namjerno izrađen sa nešto većom dužinom da bi radni prostor mogao biti podjeljen u dva dijela i da bi se proces usisavanja i izduvavanja mogao nesmetano odvijati, tj. da ne bi dolazilo (da bi što manje dolazilo) do mješanja djelomično komprimiranog vazduha sa parametrima p_1 i t_1 , koji prelivnim kanalom u tački "f", sl.3, iz prvog dijela cilindra ulazi u drugi, i izduvnih (sagorjelih) gasova.



Sl. 3. Rotirajući klip motora KKROMUS PRP tip MILAN 2004 duplex



Sl. 4. Poprečni presjek motora KKROMUS triplex

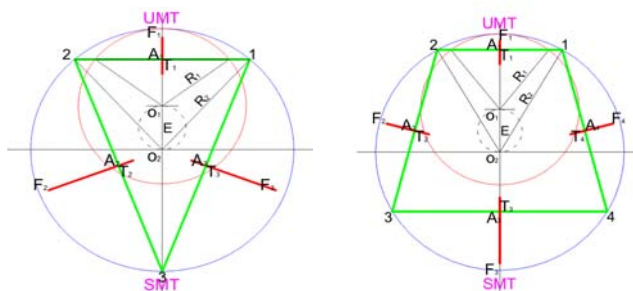
Ova pojava se ne može u potpunosti otkloniti ali se može smanjiti. i u ovom slučaju proces usisavanja, i djelomičnog sabijanja, prvo je obavljen u prvom dijelu cilindra motora, a zatim nastavlja u drugom. U drugom dijelu sabijanje se završava, u kompresionom prostoru, pali ubrizgano gorivo i vrši ekspanzija i izduvavanje. Ovom konstrukcijom smanjeni su gubici radne materije i termodinamičko opterećenje cilindra motora. Ovako koncipiranu konstrukciju rotacionog motora nazvao sam **KKROMUS PRP tip MILAN 2004 duplex**.

Ovom varijantom razvoj konstrukcije se ne završava. Autor nastoji da razvije još jedan tip koji bi imao naziv **tripleks** a koji bi bio u funkciji još većeg termodinamičkog rasterećenja. On je prikazan na slici 6. U ovom slučaju proces usisavanja, i djelomičnog sabijanja, prvo bi bio obavljen u srednjem cilindru motora, a zatim nastavlja u bočnim. U njima se sabijanje završava, u kompresionom prostoru, pali radna materija i vrši ekspanzija i izduvavanje. Ovom konstrukcijom još više bi bili smanjeni gubici radne materije, poboljšan sastav izduvnih gasova, manji sadržaj CO, i termodinamičko opterećenje motora. Ovako koncipirana konstrukcija rotacionog motora naznačena je **KKROMUS PRP tip MILAN 2003, odnosno 2004 triplex**.

4. OSNOVNI ELEMENTI KINEMATIKE

Osnovni elementi kinematskog sistema-transmisije rotacionog motora KKROMUS su bitno različiti i mnogo jednostavniji od kinematskog sistema Vankelovog rotacionog motora, koji u klip, odnosno cilindru motora, izrađenog kao trohoida (epitrohoida) ima

planetarni par zupčanika, koji pretstavlja ekscentar i kružno kretanje (obrtnje) klipa prenosi na izlazno vratilo motora, što, sa tehničke tačke gledišta, nije dobro rješenje. KKROMUS ima klasični ekscentar i višeslojne lamele koje obavljaju isti zadatak kao i klip Vankelovog motora što je mnogo jednostavnije pa ga to čini privlačnim za izradu, eksploataciju, održavanje i primjenu. Takvom konstrukcijom obezbijedeno je i bolje hlađenje a to je, pored planetarnog para zupčanika, koji radi u termički veoma nepovoljnim uslovima, teško obezbijediti kvalitetno podmazivanje, jedan od osnovnih nedostataka Vankelovog motora.



Sl. 5. Kinematske šeme rotora sa tri, odnosno četiri lamele.

Polazeći od osnovnih geometrijskih parametara rotacionog motora KKROMUS, prečnika rotacionog klipa, prečnika cilindra i ekscentriteta, sl. 5, nije teško doći do njegove (ukupne) radne zapremine, černe površine (radne) i drugih parametara a uz nekoliko pretpostavki, npr. srednjeg efektivnog pritiska i broja obrtaja, i do snage. Tabela 1. /1,2,3,4,5, .../. Međutim, ono što je kod njega najinteresantnije je to da se radna površina, tj. površina na koju djeluje sila gasova, mijenja, u suštini povećava, kad pritisak gasova opada, u odnosu na prvobitnu, tj. u odnosu na onu pri kojoj je proces sagorjevanja počeo-spoljna mrtva tačka, odnosno u procesu rada motora, u zavisnosti od položaja klipa tj. u odnosu na nultu tačku - referentni položaj. Do promjene radne površine dolazi zbog odabrane konstrukcije, odnosno kinematike prenosa obrtnog kretanja klipa na izlazno vratilo motora. To ga čini jedinstvenim u konstrukcijama motora SUS.

Pod dejstvom sile sagorjelih gasova, sile lisnatih opruga, smještenih u žljebove, centrifugalne sile i sile trenja u procesu rada lamele izlaze iz žljebova i klize po zidovima cilindra-kruga. Sila sagorjelih gasova sa napadnom tačkom u središtu radne površine, koja prolazi i kroz središnju osu cilindra, pravi obrtni moment sa krakom $E \sin \theta$.

5. PRIMJENA PRONALASKA

Primjena pronalaska-proizvoda već je široko rasprostranjena, a naročito kod motornih vozila (putničkih automobila, kamiona i autobusa i sl.). Posebno se naglašava da je predmetni motor moguće uspješno primjeniti za pokretanje malih aviona, helikoptera i motornih čamaca, tj. hidronautici. Nema bitnih razlika u primjeni pronalaska u odnosu na klasične motore SUS.

Sušтина primjene KKROMUS-a biće u prilagođavanju nove konstrukcije motora postojećim konstrukcijama motornih vozila. Jedino broj obrtaja motora može uticati na izmjenu konstrukcije transmisije vozila. Jedna od osnovnih njegovih odlika biće veći

broj obrtaja i snaga po jedinici zapremine što ga činiti privlačnim za primjenu i eksploataciju. Industrijska izrada predmetnog pronalaska moguća je u specijalizovanim fabrikama za proizvodnju motora sa unutrašnjim sagorjevanjem uz napomenu da je proizvodnja ovakvih motora jednostavnija a troškovi proizvodnje i održavanja smanjeni. Šira primjena motora, prema ovom tehničkom rješenju, mogla bi da dovede do bržeg razvoja automobilske industrije u cjelini, povećanja kvaliteta motora i produženja vijeka trajanja motornih vozila i mobilne mehanizacije.

Proizvodnja motora biće mnogo jednostavnija, kao i konstrukcija u cjelini. Radi većeg broja obrtaja imaće veći broj kW po jedinici zapremine i težine i zahtijevaće manji prostor za smještaj u karoseriju vozila. Cijena proizvodnje biće niža, troškovi održavanja manji, primjena češća, što može dovesti do bržeg razvoja pojedinih industrijskih grana i automobilske industrije, tj. veće proizvodnje kvalitetnih motornih vozila sa nižom nabavnom cijenom. Radioničku i projektnu dokumentaciju za realizaciju pronalaska mogu da urade stručnjaci iz predmetne oblasti koristeći opis i nacрте iz predmetne prijave Patenta.

Tabela 1.

R1=10 R2=12,5 B=10 cm p=2,5

										r1=0.02m			
										Fgsr=Pk			
										*pgsr,N		Pe 3Pe	
			za φ		(d+R1) ² za		φ+120	Pk, 3k					
φ	π	d	(d+R1) ²	φ+120	SQRT (R1+d) (D+E)/2	sin (A5)	(d+R1) sinφ	B(G+H) sinφ	I5*C56	Me, Nm	kW	kW	
0	0,00	5,0	225,0	122,3	18,6	194,9	106,0	300,8	4512,0	90,2	15,3	46,0	
15	0,26	4,9	222,0	112,5	18,3	192,2	97,4	289,6	4344,5	86,9	14,8	44,3	
30	0,52	4,6	213,2	105,5	17,9	184,7	91,4	276,0	4140,6	82,8	14,1	42,2	
45	0,79	4,1	200,0	101,4	17,4	173,2	87,8	261,0	3914,8	78,3	13,3	39,9	
60	1,05	3,6	183,9	100,0	16,8	159,3	86,6	245,9	3687,9	73,8	12,5	37,6	
75	1,31	2,9	166,7	101,4	16,4	144,4	87,8	232,2	3482,4	69,6	11,8	35,5	
90	1,57	2,2	150,0	105,5	16,0	129,9	91,4	221,3	3319,2	66,4	11,3	33,9	
105	1,83	1,7	136,0	112,5	15,8	117,7	97,4	215,2	3227,4	64,5	11,0	32,9	
120	2,09	1,1	122,3	122,3	15,6	106,0	106,0	211,9	3178,6	63,6	10,8	32,4	
135	2,36	0,6	112,5	136,0	15,8	97,4	117,7	215,2	3227,4	64,5	11,0	32,9	
150	2,62	0,3	105,5	150,0	16,0	91,4	129,9	221,3	3319,2	66,4	11,3	33,9	
165	2,88	0,1	101,4	166,7	16,4	87,8	144,4	232,2	3482,4	69,6	11,8	35,5	
180	3,14	0,0	100,0	183,9	16,8	86,6	159,3	245,9	3687,9	73,8	12,5	37,6	
165	2,88	0,1	101,4	200,0	17,4	87,8	173,2	261,0	3914,8	78,3	13,3	39,9	
150	2,62	0,3	105,5	213,2	17,9	91,4	184,7	276,0	4140,6	82,8	14,1	42,2	
135	2,36	0,6	112,5	222,0	18,3	97,4	192,2	289,6	4344,5	86,9	14,8	44,3	
120	2,09	1,1	122,3	225,0	18,6	106,0	194,9	300,8	4512,0	90,2	15,3	46,0	
105	1,83	1,7	136,0	225,0	19,0	117,7	194,9	312,6	4688,8	93,8	15,9	47,8	
90	1,57	2,2	150,0	222,0	19,3	129,9	192,2	322,1	4831,7	96,6	16,4	49,3	
75	1,31	2,9	166,7	213,2	19,5	144,4	184,7	329,0	4935,4	98,7	16,8	50,3	
60	1,05	3,6	183,9	200,0	19,6	159,3	173,2	332,5	4986,9	99,7	17,0	50,9	
45	0,79	4,1	200,0	183,9	19,6	173,2	159,3	332,5	4986,9	99,7	17,0	50,9	
30	0,52	4,6	213,2	166,7	19,5	184,7	144,4	329,0	4935,4	98,7	16,8	50,3	
15	0,26	4,9	222,0	150,0	19,3	192,2	129,9	322,1	4831,7	96,6	16,4	49,3	
0	0,00	5,0	225,0	136,0	19,0	194,9	117,7	312,6	4688,8	93,8	15,9	47,8	
										86,10	14,6	43,9	

Tabela 2. Karakteristike - vrednovanje rotacionog motora "PRP"

Red. broj	Opis osobina-karakteristika motora	TIP MOTORA				
		Klasični	Vankelov	MONO	DUPLEX	TRIPLEX
1.	Cilindri u kućištu motora	cilindar	epitrohida	cilindar	cilindar	cilindar
2.	Broj sastavnih dijelova	750-1.250	300-600	125-150	135-175	155-250
3.	Prenošenje sile gas. na izlazno vratilo	klip, klipnjača, koljenasto vrat.	plan. par zupčanika - ekscent. vratilo	direktno sa rotora	direktno sa rotora	direktno sa rotora
4.	Potrošnja goriva; g/kWh	235-265 diesel/otto	250-285 diesel/otto	240-270 diesel/otto	180-200 diesel/otto	150-180 diesel/otto
5.	Mehanički step. korisn.; η_m	0,88-0,90	0,90-0,92	0,92-0,94	0,91-0,93	0,90-0,92
6.	Termodinamički stepen korisnosti; η_d	0,38-0,480	0,40-0,460	0,45-0,48	0,5-0,6	0,6
7.	Termodinamičko opterećenje; MJ/kg.gor.	14-17	16-20	15-18	12-14	10-13
8.	Litarska snaga; kW/dm ³	40-80	50-90	80-120	100-150	100-180
9.	Težina po jedinici snage; kg/kW	2,5 – 5,5	0,6-1,9	0,5-1,2	0,8-1,5	0,9-1,9
10.	Cijena po jed. proizv. u \$	5.000-6.500	3.500-5.500	2.500-3.500	2.500-4.500	3.500-5.000
11.	Troškovi održavanja po jedinici proizvoda u \$	750-1.450	550-1.250	250-750	450-950	550-1.150
12.	Hlađenje/Podmazivanje	rashladna tečnost/ ulje iz kartera	rashladna tečnost/ ulje iz kartera	rashladna tečnost / ulje iz kartera	rashladna tečnost/ ulje iz kartera	rashladna tečnost/ ulje iz kartera
13.	Max. broj obrtaja; min ⁻¹	6.000-9.000	5.000-10.000	8.000-12.000	8.000-10.000	8.000-10.000
14.	Buka dB	35-45	35-40	30-40	30-40	30-40
15.	Ekologija ,CO% vol	0,5-0,3	1,5-0,5	1,5-0,5	0,15-0,2	0,01-0,15
		Klasični	Vankelov	Rotacioni motor PRP		

6. ZAKLJUČAK

Rotacioni motor promjenjljive radne površine je Projekt rotacionog motor unutrašnjeg sagorjevanja nove generacije. Do sada poznati motori, klasični, oto i dizel, kao i Vankelov motor, imaju složenu i upitnu konstrukciju sa stanovišta izrade, održavanja, eksploatacije, potrošnje goriva, ekologije i sl. Konstrukcija klasičnih motora, oto i dizel, odnosno njihov klipni mehanizam, mnogo podsjeća na konstrukciju parne mašine Džemsa Vata i Džordža Stivensona koja je u svoje vrijeme bila veliki izazov da ne kažemo hit.

Te nedostatak je primjetio i Vankel pa je napravio i patentirao rotacioni motor sa cilindrom koji odgovara profilu trohoide (težak za izradu što je i sam rekao) i rotacionim klipom koji je po izgledu približan trostranoj prizmi u koji je ugrađen planetarni par zupčanika koji ima zadatak da obrtno kretanje klipa prenosi na izlazno vratilo motora i pravi ekscentricitet neophodan za stvaranje obrtnog momenta na izlaznom vratilu motora.

Obe ove konstrukcije, klasična i Vankelova, i maju krupne nedostatke naročito kad je u pitanju težina konstrukcije, njena dinamička uravnoteženost i prilagođenost potrebama motornih vozila a kod Vankelovog motora i termodinamičko opterećenje (preopterećen).

Rotacioni motor KKROMUS PRP (promjenjljive radne površine) tip MILAN 2003 i 2004 (mono, dupleks i tripleks) nema tih nedostataka i u većoj mjeri ova konstrukcija ih otklanja. Jednostavna je za proizvodnju, eksploataciju i održavanje, ima veću specifičnu snagu po jedinici zapremine a manje je težine. Cilindar joj je krug, pravilan geometrijski oblik, a klip valjak u koji su urezana tri, odnosno četiri, žljeba u koje su smještene višeslojne lamele koje, na nov način, jednostavnije, obavljaju funkciju ekscentra i realizuju radnu površinu na koju djeluje sila gasova a ne kao kod Vankelovog motora planetarnim zupčanicima, koji su mehanički i termodinamički, u procesu rada motora, mnogo (jako) opterećeni radi čega njegov motor, u cjelini, ima kraći vijek trajanja, veće troškove održavanja, slabije iskorištenje potencijalne sile sagorjelih gasova, naročito radi nepravilnog oblika cilindra (trohoida) i sl. Očekivane vrijednosti, odnosno karakteristike prikazane su u Tabeli 2.

Autor-inovator ima namjeru da razvija, unapređuje i proizvodi rotacioni motor koji je konstruisao i podnio Patentnu prijavu za priznavanje patenta, Zavodu za patente u Sarajevu i Beogradu, za koji je dobio brojna međunarodna i domaća priznanja (više od 20).

Kad razgovaramo u motorima SUS najčešće, i najviše, ih vežemo za automobile (putničke) međutim, oni imaju daleko veći značaj i širu primjenu (korisniju) u drugim oblastima a jedna od njih je poljoprivreda. Gotovo da nema poljoprivredne mašine na koju nije ugrađen jedan od motora SUS. Slična situacija je i u rudarstvu, građevinarstvu i šumarstvu. Vazdušni i vodeni saobraćaj je posebna priča. Ugradnjom jeftinijih, lakših, ekonomičnijih i pouzdanijih motora u mobilna vozila i mehanizaciju bio bi ogroman doprinos u uštedi pogonske energije i procesu održavanja, jer je priroda posla u ovim djelatnostima sama po sebi neracionalna.

Inovator ima dugogodišnje iskustvo u proizvodnji, eksploataciji i održavanju motornih i priključnih vozila, doktor je tehničkih nauka i do nedavno redovni profesor Mašinskog i Tehnološkog fakulteta u Banjaluci (26 godina) i Saobraćajnog fakulteta u Doboju. Projekt će imati nesumljiv doprinos u potsticanju privrednog razvoja i zapošljavanju, odnosno treba da bude BRENDA privrede Republike Srpske i Srbije.

Ponuđeno rješenje rotacionog motora **KKROMUS PRP tip MILAN 2003 i 2004 mono, dupleks i tripleks** je prihvatljivo jer:

- je konstrukcija motora kompleksno rješena radi čega je mnogo jednostavnija za proizvodnju, eksploataciju i održavanje, a pouzdana u radu,
- kontinuirano usisava radnu materiju i istovremeno obavlja više faza radnog procesa i nije zavisna samo od jedne vrste goriva,
- rotirajući klip i izlazno vratilo motora imaju kružno kretanje,
- dinamička neuravnoteženost gotovo ne postoji,
- su gubici radne materije u cilindričnim profilima znatno manji,
- je maksimalno iskorištena brzina sagorjevanja, odnosno broj obrtaja i
- ima minimalnu težinu i cijenu proizvodnje po jedinici zapremine i snage.

Radi nesumljivih prednosti u odnosu na klasične motore SUS ponuđeno rješenje je prihvatljivo.

LITERATURA

- [1] Tomić M.V., Petrović S.V., Motori sa unutrašnjim sagorjevanjem, Maš. fak., Beograd, 1994.
- [2] Milić R. Milorad, Rotacioni Vankelovi mot, Obod-Cetinje, Graf. Preduzeće "R. Timotoć", Bgd, 1976.
- [3] Stefanović A., Aković R., Motori sa unutrašnjim sagorjevanjem, Maš. fakultet, Niš, 1996.
- [4] Stone, R. Jeffrey K. Ball, Automotive Engineing Fundamentals, SAE International, Warrendale, Pa. USA, 2004.
- [5] Milošević, Ž., Špirić, Z.: Energetska efikasnost hidrodinamičkog prenosioca snage i dizel motora, Energetske tehnologije, God. 3, br. 4(2006), str. 24-26.
- [6] Lambić, M., Grbić, N.: Modelovanje tehničkog unapređenja, Menadžment, inovacije, razvoj, God. 2, br. 3 (2007), str. 50-51.
- [7] Adamović, Ž., Milošević, Ž.: Efikasnost primjene računara pri projektovanju i konstruis. motora i motornih vozila, Menadžment, inovacije, razvoj, god. 2, br. 3 (2007), str. 58-60.
- [8] Mazda, Motor corporation, Hirošima, Japan, 2000, ... ,2005, 2006, 2007.

CONTINUOUS-COMPLEX ROTARY INTERNAL COMBUSTION ENGINE PRP type MILAN 2003 and 2004 duplex

Milan Đudurović, Biljana Vranješ
djudurov@teol.net

Abstract: This invention belongs to a group of internal combustion engines (SUS), and its use is the most widespread in the fields of automobile industry and traffic, agriculture, civil engineering, as well as in the other fields and techniques where an independent power source is necessary, that is the torque and a number of revolutions. Classical internal-combustion engines (otto and diesel) turn thermal energy of fuels into mechanical work, i.e. the motion of a piston in a straight line, with the help of the connecting rod, changes into circular motion of a crankshaft. Because of the complexity of the aforementioned construction and a greater number of movable parts, which participate in the operation, the process undergoes significant mechanical losses (10-15% of indicating engine power). Because of the certain advantages in regard to classical internal combustion engines, the offered solution is acceptable.

Key words: Rotary engine, *kkromus*, combustion engines (SUS).