

(19)



URZĄD
PATENTOWY
RZECZYPOSPOLITEJ
POLSKIEJ

(10) **PL 245792 B1**

(12)

Opis patentowy

(21) Numer zgłoszenia: **439880**

(22) Data zgłoszenia: **2021.12.17**

(43) Data publikacji o zgłoszeniu: **2023.06.19 BUP 25/2023**

(45) Data publikacji o udzieleniu patentu: **2024.10.14 WUP 42/2024**

(51) MKP:

G01M 15/00 (2006.01)

G01M 15/08 (2006.01)

F02K 9/96 (2006.01)

(73) Uprawniony z patentu:
POLITECHNIKA WARSZAWSKA, Warszawa, PL

(72) Twórca(-y) wynalazku:
JAN KINDRACKI, Grodzisk Mazowiecki, PL
KRZYSZTOF WACKO, Tomaszów Lubelski, PL
PRZEMYSŁAW WOŹNIAK, Warszawa, PL
ŁUKASZ MĘŻYK, Warszawa, PL

(74) Pełnomocnik:
rzecz. pat. Oliwia Czarnocka, Warszawa, PL

(54) Tytuł:

Laboratoryjne stanowisko do badania wpływu przyspieszeń na liniową szybkość spalania stałych raketowych materiałów pędnych

PL 245792 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest laboratoryjne stanowisko do badania wpływu przyspieszeń na liniową szybkość spalania stałych raketowych materiałów pędnych.

Dotychczasowy przegląd dostępnej literatury nie ujawnił krajowych rozwiązań dotyczących badania wpływu przyspieszeń (ruch obrotowy) na liniową szybkość spalania stałych raketowych materiałów pędnych.

Z publikacji J. B. Anderson, R. E. Reichenbach, "An Investigation of the Effect of Acceleration on the Burning Rate of Composite Propellants", AIAA Journal Vol.6 No.2, Feb 1968, jak również z publikacji Melvin John Bulman, "The effect of Acceleration on the Burning Rate Double Base Rocket Propellants", Ph.D. Thesis, US Naval Postgraduate School, 1968, oraz publikacji Soe Hiaing Tun and Xiang Hong Jun, "Star Grain Regression Under Spin Induced Acceleration Effect", Applied Mechanics and Materials, Vols. 110–116, pp 451–456, 2011 doi:10.4028/www.scientific.net/AMM. 110-116.451, a także z publikacji David R. Greatrix, "Assessing the Influence of Orientation Angle on Acceleration-Augmented Burning in Solid Rockets", AIAA, 2018 znane są wyniki prowadzonych badań eksperymentalnych i symulacji komputerowych wpływu przyspieszeń na szybkość spalania stałych raketowych materiałów pędnych, jednakże bez ujawnienia szczegółów dotyczących konstrukcji stanowiska badawczego.

Laboratoryjne stanowisko do badania wpływu przyspieszeń na liniową szybkość spalania stałych raketowych materiałów pędnych według wynalazku zawiera silnik elektryczny prądu stałego z enkoderem, moduł magazynu energii, układ zasilania inicjatora zapłonu, elektroniczny układ pomiaru ciśnienia w komorze spalania oraz mikrosilnik raketowy. Silnik elektryczny połączony jest z enkoderem, jednocześnie silnik elektryczny połączony jest z wałem głównym poprzez sprzęgło bezmieszkowe, a na wale głównym umieszczony jest moduł magazynu energii. Po stronie przeciwnej korpusu mikrosilnika raketowego umieszczonego na wale głównym poprzez mocowanie znajduje się układ zasilania inicjatora zapłonu osadzony na wale głównym zawierający tuleję układu zasilającego na której umieszczone są pierścienie przewodzące i pierścienie izolujące zakończone pierścieniem zamykającym oraz szczotkami węglowymi. Elektroniczny układ pomiaru ciśnienia w komorze spalania zawiera czujnik ciśnienia umieszczony w gnieździe czujnika ciśnienia połączonym z korpusem mikrosilnika raketowego poprzez króciec pomiaru ciśnienia. A ponadto na gwintowanej końcówce wału głównego umieszczone jest mocowanie korpusu mikrosilnika raketowego zawierającego komorę spalania z wewnętrznym rowkiem kolektora oraz króćcem pomiaru ciśnienia oraz króćcą zaworu bezpieczeństwa z zaworem bezpieczeństwa wraz z gniazdem wylotowym po stronie korpusu mikrosilnika raketowego.

Korzystnie, silnik elektryczny połączony jest czołowo z mocowaniem silnika elektrycznego.

Korzystnie, wał główny podparty jest na pierwszym zespole łożyskowym oraz drugim zespole łożyskowym.

Korzystnie, gdy pierwszy zespół łożyskowy zawiera dwurzędowe kulkowe łożysko skośne umieszczone w obudowie mocowanej do podstawy stanowiska.

Korzystnie, gdy drugi zespół łożyskowy zawiera dwurzędowe kulkowe łożysko skośne unieruchomione w obudowie poprzez dwa wewnętrzne sprężynujące pierścienie osadzone.

Korzystnie, gdy po obu stronach wału głównego rozmieszczone są symetrycznie dwie baterie litowo-polimerowe magazynu energii.

Korzystnie, tuleja układu zasilającego zawiera cztery pierścienie przewodzące i trzy pierścienie izolujące.

Korzystnie, szczotki węglowe umieszczone są w gnieździe stykając się z pierścieniami przewodzącymi poprzez system docisku sprężynami umieszczonymi w gnieździe.

Korzystnie, gniazdo umieszczone jest na podstawie układu zasilającego.

Korzystnie, korpus mikrosilnika raketowego połączony jest z mocowaniem poprzez sześć prętów gwintowanych z nakrętkami.

Korzystnie, gniazdo czujnika ciśnienia posiada wnękę na wkładkę czujnika ciśnienia oraz filtr, tuleję dystansową zamkniętą nakrętką dociskową.

Korzystnie, zawór bezpieczeństwa posiada membranę bezpieczeństwa.

Korzystnie, gniazdo wylotowe zawiera wkładkę dyszową umieszczoną w docisku.

Korzystnie, gdy pomiędzy wkładką dyszową, a gniazdem dyszy znajduje się membrana.

Korzystnie, układ zasilania inicjatora zapłonu zawiera spłonkę elektryczną oraz pastylkę prochu w kształcie dysku umieszczone w obudowie uszczelnione oringiem.

Zaprojektowane stanowisko badawcze umożliwia przeprowadzenie badań eksperymentalnych w celu określenia wpływu przyspieszeń działających na stały materiał pędny umieszczony w komorze spalania mikrosilnika raketowego na zależność pomiędzy liniową prędkością spalania a ciśnieniem w komorze spalania. Ponadto możliwe jest określenie zmiany osiągniętych badanego silnika wynikających ze zmiany ciśnienia w komorze spalania na skutek występowania przyspieszenia odśrodkowego. Stanowi to istotne zagadnienie w kontekście zastosowania silników raketowych, niezależnie czy to stanowi napęd główny czy silniki pomocnicze lub sterujące. Podczas lotu pocisk raketowy poddawany jest działaniu przyspieszeń o znacznej wartości g (w odniesieniu do przyspieszenia ziemskiego). W trakcie lotu przyspieszonego lub wirowania obiektu, w którym zainstalowano silnik na stały materiał pędny, szybkość spalania ziarna stałego materiału pędnego zmienia się z wartością tego przyspieszenia. Ponieważ liniowa prędkość spalania stanowi podstawowy parametr opisujący właściwości stałych raketowych materiałów pędnych, znajomość wpływu przyspieszenia na tę wartość, pozwala na określenie granic bezpieczeństwa działania komory spalania (maksymalne ciśnienie robocze), zmian profilu ciągu silnika w czasie, czego konsekwencją mogą być zmiany w zasięgu czy wysokości lotu obiektu napędzanego silnikiem raketowym na stały materiał pędny.

W rozwiązaniu zastosowano następujące środki techniczne:

- laboratoryjny mikrosilnik raketowy – mocowany na końcu wału napędowego, umożliwiający przeprowadzenie eksperymentalnego spalania badanej próbki w celu określenia liniowej szybkości spalania stałego raketowego materiału pędnego w warunkach znanej wartości przyspieszenia oddziałującego na ziarno materiału pędnego;
- napęd elektryczny w postaci silnika elektrycznego prądu stałego (wraz z enkoderem – do pomiaru prędkości obrotowej), którego celem jest wygenerowanie odpowiedniej wartości przyspieszenia pod postacią przyspieszenia odśrodkowego (uzyskanego przez ustawienie odpowiedniej wartości prędkości obrotowej badanego mikrosilnika);
- układ pomiaru ciśnienia w komorze spalania poprzez zastosowanie czujnika ciśnienia wraz z układem wzmacniacza i zapisu danych na karcie pamięci – układ umożliwia pomiar ciśnienia z częstotliwością 2 kHz w czasie działania przyspieszenia wpływającego na ziarno stałego raketowego materiału pędnego;
- układ kontroli inicjatora zapłonu i pomiaru jego parametrów elektrycznych podczas pracy;
- karta pomiarowa wraz z dedykowanym oprogramowaniem do akwizycji danych pomiarowych.

W konstrukcji stanowiska badawczego można wyróżnić kilka układów składowych:

- moduł napędowy – silnik elektryczny z enkoderem, obracający mikrosilnik raketowy poprzez wał główny;
- dwie łożyskowane podpory wału głównego (jedna z podpór umożliwia kompensację błędów montażowych wału);
- moduł magazynu energii (do zasilania układu pomiaru ciśnienia w komorze spalania);
- trójkanałowy układ zasilania inicjatora zapłonu składającego się z zespołu zapalczego i podsyпки prochowej;
- laboratoryjny mikrosilnik raketowy wraz z niezbędnym interfejsem mechanicznym zamontowanym na końcu wału.

Poniżej wskazano kolejne czynności realizowane podczas eksploatacji stanowiska badawczego:

- założenie odpowiedniej membrany dyszowej (zatyczka dyszowa) oraz membrany bezpieczeństwa;
- uruchomienie elektronicznych układów pomiarowych (karta pomiarowa, układ pomiaru ciśnienia w komorze spalania);
- umieszczenie badanej próbki materiału pędnego w komorze spalania;
- umieszczenie inicjatora zapłonu w odpowiednim gnieździe korpusu mikrosilnika raketowego;
- ustawienie żądanego przyspieszenia (ustawienie odpowiedniej prędkości obrotowej napędzającego silnika elektrycznego prądu stałego – sterowanie wartością napięcia zasilania);
- uruchomienie układu pomiarowego i programu akwizycji danych (wciśnięcie przycisku READY w programie akwizycji danych – przejście w stan gotowości), aktywacja układu zapłonowego (odblokowanie przycisku bezpieczeństwa);
- przeprowadzenie eksperymentu (wykorzystanie karty pomiarowej do automatycznego uruchomienia napędzającego silnika elektrycznego, następnie po kilku sekundach uruchomienie układu inicjacji zapłonu, a po upływie wcześniej zaprogramowanego czasu, automatyczny zapis danych pomiarowych w komputerze – wszystkich danych poza ciśnieniem w komorze spalania);

- dezaktywacja układu inicjacji zapłonu (wciśnięcie przycisku bezpieczeństwa oraz przycisku STOP w programie akwizycji danych); transfer danych pomiaru ciśnienia w komorze z karty pamięci do pamięci komputera;
- przeprowadzenie czynności eksploatacyjnych (demontaż inicjatora zapłonu, czyszczenie komory spalania, czyszczenie dyszy wylotowej, wymiana membrany dyszowej).

Przedmiot wynalazku w przykładzie wykonania jest przedstawiony na rysunku, na którym

Fig. 1 przedstawia widok z wycięciem jednej czwartej bryły, widok w trzech-czwartych w rzucie aksonometrycznym,

Fig. 2 przedstawia widok szczegółowy laboratoryjnego mikrosilnika raketowego (widok rozstrzelony), a

Fig. 3 przedstawia widok szczegółowy układu zasilania inicjatora zapłonu.

Przykład wykonania

Przedmiotem wynalazku jest laboratoryjne stanowisko do badania wpływu przyspieszenia na liniową szybkość spalania próbki stałego raketowego materiału pędnego i ciśnienie w komorze spalania. Stanowisko badawcze umożliwia określenie wpływu przyspieszenia na charakter zależności pomiędzy szybkością spalania a ciśnieniem w komorze (stały, liniowy etc.) oraz na zmiany osiągniętych przez badany silnik raketowy wyników zmienny ciśnienia w komorze spalania na skutek występowania przyspieszenia odśrodkowego.

Laboratoryjne stanowisko do badania wpływu przyspieszeń na liniową szybkość spalania stałych raketowych materiałów pędnych według wynalazku przeznaczone jest do określania wpływu przyspieszenia na charakter zależności pomiędzy liniową szybkością spalania a ciśnieniem w komorze spalania oraz zmiany osiągniętych przez badany mikrosilnik raketowy wyników zmienny ciśnienia w komorze spowodowanej występowaniem przyspieszenia odśrodkowego (mikrosilnik raketowy wprowadzony w ruch obrotowy).

Wynalazek zawiera kilka podstawowych części, m.in. elektryczny moduł napędowy, dwie łożyskowane podpory wału, moduł magazynu energii, układ zasilania inicjatora zapłonu, elektroniczny układ pomiaru ciśnienia w komorze spalania oraz laboratoryjny mikrosilnik raketowy (wyposażony w odpowiedni interfejs mechaniczny łączący go z końcówką wału głównego stanowiska).

Elektryczny moduł napędowy zawiera silnik elektryczny (1) zasilany stałym napięciem z zakresu 6–27 V wraz z dołączonym enkoderem (2) do określania prędkości obrotowej silnika elektrycznego. Silnik elektryczny (1) jest połączony czołowo z mocowaniem silnika elektrycznego (3) o kształcie kątownika zestawem 4 śrub z łbem walcowym z gniazdem sześciokątnym. Łoże silnika elektrycznego (3) przytwierdzono do podstawy stanowiska (42) zestawem 4 śrub imbusowych. Do podstawy stanowiska (42) przykręcono również 4 uchwyty (43), które ułatwiają łatwe przenoszenie złożonego stanowiska. Istotny element modułu napędowego stanowi wał główny (5), który z silnikiem elektrycznym (1) jest połączony za pomocą sprzęgła mieszkowego (bezluzowego) (4), które niweluje ewentualne błędy nieosiowości wałów oraz amortyzuje drgania pochodzące z nierównomiernego rozłożenia masy w układzie wirującym.

Wał główny został podparty w dwóch miejscach za pomocą pierwszego zespołu łożyskowego (6) i drugiego zespołu łożyskowego (7). Pierwszy zespół łożyskowy (6) zawiera dwurzędowe łożysko kulkowe skośne luźno umieszczonego w oprawie, którą umieszczono w obudowie jednocześnie stanowiącej element mocujący pierwszy zespół łożyskowy do podstawy stanowiska (42). Drugi zespół łożyskowy (7) stanowi niemal identyczny zestaw, jedyną różnicą polega na tym, że łożysko zostało unieruchomione w oprawie za pomocą dwóch wewnętrznych sprężynujących pierścieni osadczych. Przyjęta konfiguracja łożyskowania jest następująca: łożysko pierwszego zespołu łożyskowego – swobodne, łożysko drugiego zespołu łożyskowego – ustalające.

Kolejnym elementem zainstalowanym na wale głównym (5) jest moduł magazynu energii (8) wykorzystywany jako źródło zasilania elektronicznego układu pomiaru ciśnienia w komorze spalania (44). Moduł magazynu energii (8) zawiera dwie baterie litowo-polimerowych, rozmieszczone symetrycznie po obu stronach wału głównego (5), zamknięte w obudowie.

Moduł magazynu energii (8) osadzono na wale, obrót względem osi wału zablokowano wpustem pryzmatycznym, z kolei ruch wzdłużny uniemożliwiono zewnętrznym pierścieniem osadczym. Przewody zasilające pomiędzy modułem magazynu energii (8) a układem pomiaru ciśnienia poprowadzono przez specjalnie wydrążony otwór wewnątrz wału. Takie prowadzenie przewodów umożliwia swobodny obrót wału napędowego.

Trójkanałowy układ zasilania inicjatora zapłonu (B) (przedstawiony na Fig. 3 Fig. 3) zawiera tuleje układu zasilającego (9), na której umieszczono naprzemiennie cztery pierścienie przewodzące (ślizgowe) (10) i trzy pierścienie izolujące (11), całość zakończono pierścieniem zamykającym (12).

Trzy pierścienie przewodzące (10) służą do przekazania 3 niezależnych kanałów zasilania biegunem dodatnim, natomiast czwarty pierścień przewodzący (10) stanowi wspólną masę kanałów zasilania. Taki układ umożliwia zasilanie aż trzech, niezależnych modułów inicjatora zapłonu. Elementy układu zasilania inicjatora zapłonu (B) osadzono na wale (5), ruch obrotowy zablokowano wpustem pryzmatycznym, z kolei ruch wzdłużny – zewnętrznym pierścieniem osadczym. Elementami przekazującymi zasilanie do trójkanałowego układu zasilania inicjatora zapłonu (B) są 4 szczotki węglowe (16), umieszczone w gnieździe (15), będące w kontakcie z pierścieniami przewodzącymi (10). Gniazdo szczotek węglowych zamontowano na podstawie układu zasilającego (14) i przełożono przez niego wałek (13), zablokowany po obu stronach podstawy (14) zawleczką, umożliwiającą ruch poprzeczny względem osi wału (5). System docisku szczotek węglowych do pierścieni przewodzących oparty jest na zastosowaniu sprężyn, umieszczonych w gnieździe (15) a całość jest dociskana za pomocą wkrętu dociskowego z kulką (17), wkręconego w odpowiednią ściankę podstawy (14), gdzie powierzchnia kulki jest w kontakcie z obudową gniazd szczotek węglowych. Podstawę układu zasilającego (14) przytwierdzono do podstawy stanowiska (42) 2 śrubami z łbem walcowym z gniazdem sześciokątnym. Na wewnętrznej powierzchni każdego z pierścieni przewodzących (10) przylutowano przewód elektryczny. Powstałą wiązkę przewodów wyprowadzono w okolicy powierzchni czołowej wału/końcówki wału (5) kolejno przez otwór czołowy pierścienia zamykającego (12), otwór poprzeczny wału względem jego osi oraz przez otwór czołowo wydrążony w wale (5).

Elektroniczny układ pomiaru ciśnienia w komorze spalania (44) zawiera czujnik ciśnienia (36), umieszczony w gnieździe (35) połączonym z korpusem (21) mikrosilnika raketowego (A) przez specjalny króciec (33), układ normalizujący i wzmacniający sygnał pomiarowy do typowego napięcia analogowego 0–10 V oraz układ zasilający czujnik pomiarowy. Całość zabudowano na wspólnej płytce PCB w kształcie koła z otworem centralnym, umieszczonej i zamkniętej w obudowie. Obudowę układu pomiarowego zamocowano na wale za pomocą połączenia wpustowego oraz zewnętrznego pierścienia osadczego.

Na gwintowanej końcówce wału (5) umieszczono zablokowane wpustem pryzmatycznym mocowanie (20) korpusu mikrosilnika raketowego, podkładkę łożyskową MB3 (18), a następnie całość dokręcono nakrętką łożyskową KM3 (19). Centralną część laboratoryjnego mikrosilnika raketowego (A) (szczegółowo przedstawionego na Fig. 2) stanowi korpus (21) mikrosilnika raketowego (A) połączony z mocowaniem (20) za pomocą sześciu prętów gwintowanych, dokręcony nakrętkami. Taka liczba prętów zapewnia odpowiednią wytrzymałość połączenia konstrukcyjnego.

W korpusie umieszczono komorę spalania (22) wraz z ziarnem stałego raketowego materiału pędnego (23). Zastosowanie komory spalania (22) w kształcie „koszyka”, zakończonej integralnym rusztem i posiadającej na ściankach bocznych trzy gwintowane otwory (gwint metryczny M3), wykorzystywane do wkręcenia docisków gwintowanych (29), zapewnia utrzymanie centralnej pozycji ziarna materiału pędnego (23) na początku eksperymentu, co ułatwia proces zapłonu na całej dostępnej powierzchni ziarna. Zastosowanie rusztu o odpowiednio dobranej ilości otworów przelotowych względem przekroju średnicy krytycznej dyszy, zapobiega groźnemu zjawisku zatkania dyszy wylotowej przez oderwany kawałek ziarna i w konsekwencji zniszczeniu stanowiska badawczego. Komora spalania (22) wyposażona jest ponadto w zewnętrzny rowek kolektora (30) służący do zbierania gazów spalinowych i dostarczenia ich do korpusu (21) mikrosilnika, a następnie króćca pomiaru ciśnienia (33) oraz króćca zaworu bezpieczeństwa (24) i końcówki rozpraszającej (26) gazy spalinowe.

Korpus (21) mikrosilnika raketowego (A) wyposażony jest w gwintowany króciec do pomiaru ciśnienia (33), w który wkręcano gniazdo czujnika ciśnienia (35) posiadające wnękę na specjalną wkładkę (34) oraz tłumik (45), którego zadanie polega na ograniczeniu przepływu stałych cząstek produktów spalania uderzających w powierzchnię membrany czujnika (35), przy jednoczesnym zachowaniu odpowiednich warunków do wiarygodnego pomiaru ciśnienia w komorze spalania. W gnieździe (35) umieszczono czujnik ciśnienia (36), tuleję dystansową (37) wykonaną z poliamidu, a następnie całość zamknięto nakrętką dociskową (38). Zastosowana tuleja (37) uniemożliwia przesuwanie się czujnika ciśnienia wzdłuż osi gniazda (35). Kształt wkładki (34) związany jest z zaleceniami producenta dotyczącymi montażu zastosowanego czujnika ciśnienia.

Korpus wyposażono również w zawór bezpieczeństwa (26) z wymienną płytką ciśnieniową (25), wkręcony w króciec zaworu bezpieczeństwa (24). Płytkę umieszczoną w zaworze bezpieczeństwa w przypadku przekroczenia określonego ciśnienia dopuszczalnego ulega pęknięciu, w efekcie otwierając dodatkowy otwór wentylacyjny, zmniejszając w ten sposób ciśnienie w komorze spalania. Zastosowany układ upustowy przeciwdziała możliwości zniszczenia stanowiska badawczego.

Po jednej stronie korpusu (21) mikrosilnika raketowego (A) zamontowano gniazdo dyszy wylotowej (27), nasuwając je na pręty gwintowane, wkręcane w korpus (21) mikrosilnika raketowego (A), a następnie dociśnięto nakrętkami. Wymienna wkładka dyszowa (31) montowana jest w specjalnym docisku (32), uszczelnionym o-ringiem z Vitonu®. Tak przygotowana sekcja dyszowa jest wkręcana w gniazdo dyszy wylotowej (27). Przestrzeń między wkładką dyszową (31) a gniazdem dyszy (27) stanowi płaszczyznę mocującą dla membrany (28), pełniącej funkcję zatyczki dyszowej. Zatyczka ta ma na celu utrzymanie odpowiedniej wartości ciśnienia w komorze spalania w momencie inicjowania procesu spalania, co znacznie ułatwia rozruch komory spalania oraz przyczynia się do zwiększenia dokładności pomiaru czasu spalania. W przypadku niskich ciśnień w komorze spalania, zatyczka (28) umożliwia rozpoczęcie pracy mikrosilnika raketowego (A). Odpowiednie dobranie zatyczki dyszowej, pozwala na zmniejszenie czasu narastania ciśnienia w komorze silnika (22), poprawiając charakterystyki zapłonowe, co z kolei ma kluczowy wpływ na dalszy przebieg procesu spalania i osiągi silnika raketowego.

Po przeciwnej stronie korpusu (21) mikrosilnika raketowego (A) znajduje się sekcja inicjatora zapłonu, której zadaniem jest zainicjowanie procesu spalania w możliwie jak najkrótszym czasie i w sposób powtarzalny w kolejnych eksperymentach. Według wynalazku, do inicjowania zapłonu zastosowano: spłonkę elektryczną (40) oraz podsypkę prochu czarnego w postaci sprasowanej pastylki w kształcie dysku (41) umieszczone w obudowie (39) (konstrukcję inicjatora zapłonu opracowano w sposób umożliwiający zastosowanie prochu czarnego również w postaci zmielonej). Tak przygotowany zapalnik, posiadający zewnętrzny gwint metryczny, uszczelnienie o-ringiem z Vitonu® oraz łeb sześciokątny ułatwiający dokręcenie, zamontowano w korpusie (21) mikrosilnika raketowego (A). Ze względu na stosowanie wymiennej obudowy zapalnika (39), możliwe jest stosowanie kilku rodzajów inicjatora zapłonu (40), różniących się wymiarami geometrycznymi.

Szczelność połączenia pomiędzy kluczowymi komponentami laboratoryjnego mikrosilnika raketowego (A) (sekcja: inicjatora zapłonu, dyszowa, upustu ciśnienia w komorze oraz pomiaru ciśnienia) została osiągnięta dzięki zastosowaniu uszczelnień typu o-ring, wykonanych z Vitonu®.

Wykaz oznaczeń odsyłających

A	Mikrosilnik raketowy	22	Komorza spalania (koszyczek) z rusztem
B	Układ zasilania inicjatora zapłonu	23	Ziarno – materiał pędny
1	Silnik elektryczny prądu stałego	24	Króciec zaworu bezpieczeństwa
2	Enkoder	25	Płytki ciśnieniowa
3	Mocowanie silnika elektrycznego	26	Zawór bezpieczeństwa
4	Sprzęgło mieszkowe (bezluzowe)	27	Gniazdo dyszy wylotowej
5	Wał główny	28	Membrana dyszowa
6	Pierwszy zespół łożyskowy	29	Wkręt gwintowany
7	Drugi zespół łożyskowy	30	Rowek kolektorowy
8	Moduł magazynu energii (bateria)	31	Wkładka dyszowa
9	Tuleja układu zasilającego	32	Docisk dyszy wylotowej
10	Pierścień przewodzący	33	Króciec pomiaru ciśnienia
11	Pierścień izolujący	34	Wkładka czujnika ciśnienia
12	Pierścień zamykający	35	Gniazdo czujnika ciśnienia
13	Wałek	36	Czujnik ciśnienia
14	Podstawa układu zasilającego	37	Tuleja dystansowa
15	Gniazdo szczotek węglowych	38	Nakrętka dociskowa czujnika ciśnienia
16	Szczotka węglowa	39	Obudowa zapalnika
17	Wkręt dociskowy z kulką	40	Spłonka elektryczna
18	Podkładka łożyskowa MB3	41	Pastylka prochowa
19	Nakrętka łożyskowa KM3	42	Podstawa stanowiska
20	Mocowanie korpusu	43	Uchwyt
21	Korpus mikrosilnika	44	Elektroniczny układ pomiaru ciśnienia w komorze spalania
		45	Filtr

Zastrzeżenia patentowe

1. Laboratoryjne stanowisko do badania wpływu przyśpieszeń na liniową szybkość spalania stałych raketowych materiałów pędnych zawierające silnik elektryczny prądu stałego (1) z enkoderem (2), moduł magazynu energii (8), układ zasilania inicjatora zapłonu (B), elektroniczny układ pomiaru ciśnienia (44) w komorze spalania (22) oraz mikrosilnik raketowy (A), **znamiennie tym**, że silnik elektryczny (1) połączony jest z enkoderem (2), jednocześnie silnik elektryczny połączony jest z wałem głównym (5) poprzez sprzęgło bezmieszkowe (4), a na wale głównym (5) umieszczony jest moduł magazynu energii (8) po stronie przeciwnej korpusu (21) mikrosilnika raketowego (A) umieszczonego na wale głównym (5) poprzez mocowanie (20) znajduje się układ zasilania inicjatora zapłonu (B) osadzony na wale głównym (5) zawierający tuleję (9) układu zasilającego na której umieszczone są pierścienie przewodzące (10) i pierścienie izolujące (11) zakończone pierścieniem zamykającym (12) oraz szczotkami węglowymi (16), elektroniczny układ pomiaru ciśnienia w komorze spalania (44) zawiera czujnik ciśnienia (36) umieszczony w gnieździe (35) czujnika ciśnienia (36) połączonym z korpusem (21) mikrosilnika raketowego (A) poprzez króciec (33) pomiaru ciśnienia, a ponadto na gwintowanej końcówce wału głównego (5) umieszczone jest mocowanie (20) korpusu (21) mikrosilnika raketowego (A) zawierającego komorę spalania (22) z wewnętrznym rowkiem kolektora (30) oraz króćcem (33) pomiaru ciśnienia oraz króćca zaworu bezpieczeństwa (24) z zaworem bezpieczeństwa (26) wraz z gniazdem wylotowym (27) po stronie korpusu (21) mikrosilnika raketowego (A).
2. Laboratoryjne stanowisko wg zastrz. 1, **znamiennie tym**, że silnik elektryczny (1) połączony jest czołowo z mocowaniem (3) silnika elektrycznego (1).
3. Laboratoryjne stanowisko wg zastrz. 1, **znamiennie tym**, że wał główny (5) podparty jest na pierwszym zespole łożyskowym (6) oraz drugim zespole łożyskowym (7).
4. Laboratoryjne stanowisko wg zastrz. 3, **znamiennie tym**, że pierwszy zespół łożyskowy (6) zawiera dwurzędowe kulkowe łożysko skośne umieszczone w obudowie mocowanej do podstawy stanowiska (42).
5. Laboratoryjne stanowisko wg zastrz. 3 albo 4, **znamiennie tym**, że drugi zespół łożyskowy (7) zawiera dwurzędowe kulkowe łożysko skośne unieruchomione w obudowie poprzez dwa wewnętrzne sprężynujące pierścienie osadcze.
6. Laboratoryjne stanowisko wg zastrz. 1, **znamiennie tym**, że po obu stronach wału głównego (5) rozmieszczone są symetrycznie dwie baterie litowo-polimerowe magazynu energii (8).
7. Laboratoryjne stanowisko wg zastrz. 1, **znamiennie tym**, że tuleja układu zasilającego (9) zawiera cztery pierścienie przewodzące (10) i trzy pierścienie izolujące (11).
8. Laboratoryjne stanowisko wg zastrz. 1 albo 7, **znamiennie tym**, że szczotki węglowe (16) umieszczone są w gnieździe (15) stykając się z pierścieniami przewodzącymi (10) poprzez system docisku sprężynami umieszczonymi w gnieździe (15).
9. Laboratoryjne stanowisko wg zastrz. 1 albo 8, **znamiennie tym**, że gniazdo (15) umieszczone jest na podstawie układu zasilającego (14).
10. Laboratoryjne stanowisko wg zastrz. 1, **znamiennie tym**, że korpus (21) mikrosilnika raketowego (A) połączony jest z mocowaniem (20) poprzez sześć prętów gwintowanych z nakrętkami.
11. Laboratoryjne stanowisko wg zastrz. 1, **znamiennie tym**, że gniazdo (35) czujnika ciśnienia posiada wnękę na wkładkę (34) czujnika ciśnienia (36) oraz filtr (45), tuleję dystansową zamkniętą nakrętką dociskową (38).
12. Laboratoryjne stanowisko wg zastrz. 1, **znamiennie tym**, że zawór bezpieczeństwa (26) posiada membranę bezpieczeństwa (25).
13. Laboratoryjne stanowisko wg zastrz. 1, **znamiennie tym**, że gniazdo wylotowe (27) zawiera wkładkę dyszową (31) umieszczoną w docisku (32).
14. Laboratoryjne stanowisko wg zastrz. 1, **znamiennie tym**, że pomiędzy wkładką dyszową (31), a gniazdem dyszy (27) znajduje się membrana (28).
15. Laboratoryjne stanowisko wg zastrz. 1, **znamiennie tym**, że układ zasilania inicjatora zapłonu (B) zawiera sponkę elektryczną (40) oraz pastylkę prochu (41) w kształcie dysku umieszczone w obudowie (39) uszczelnione oringiem.

Rysunki

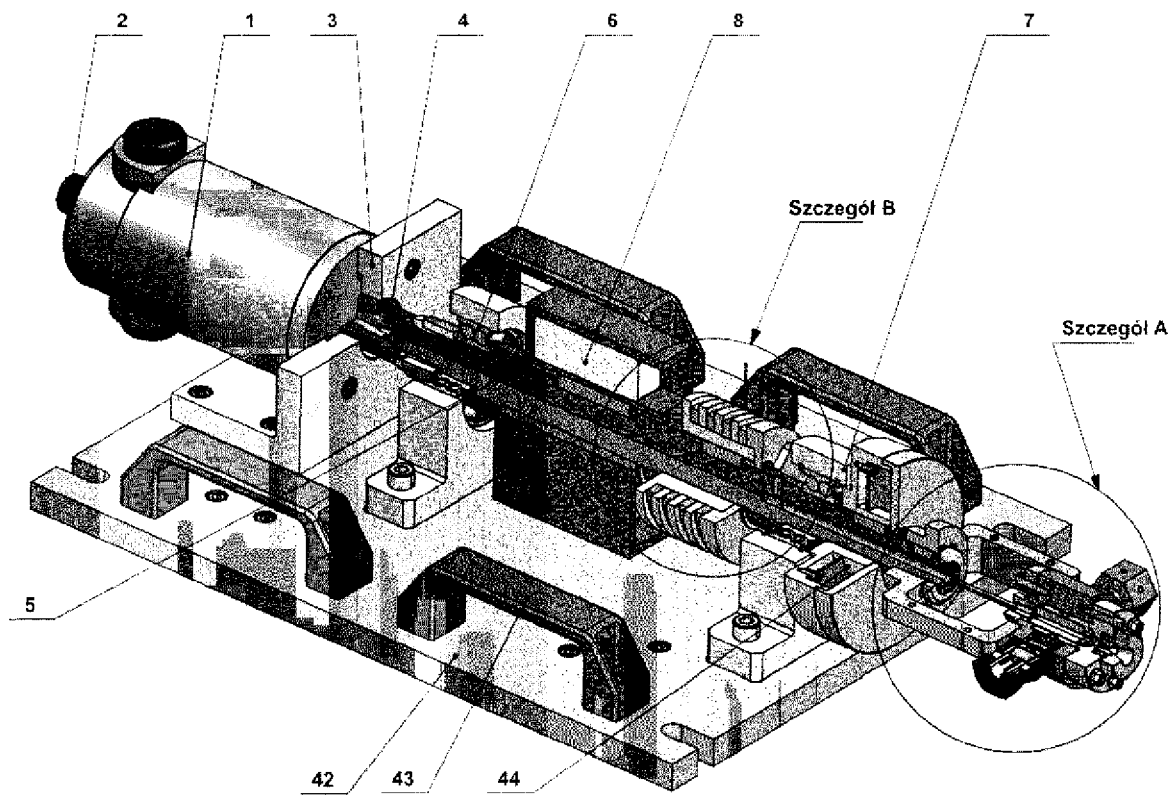


Fig. 1

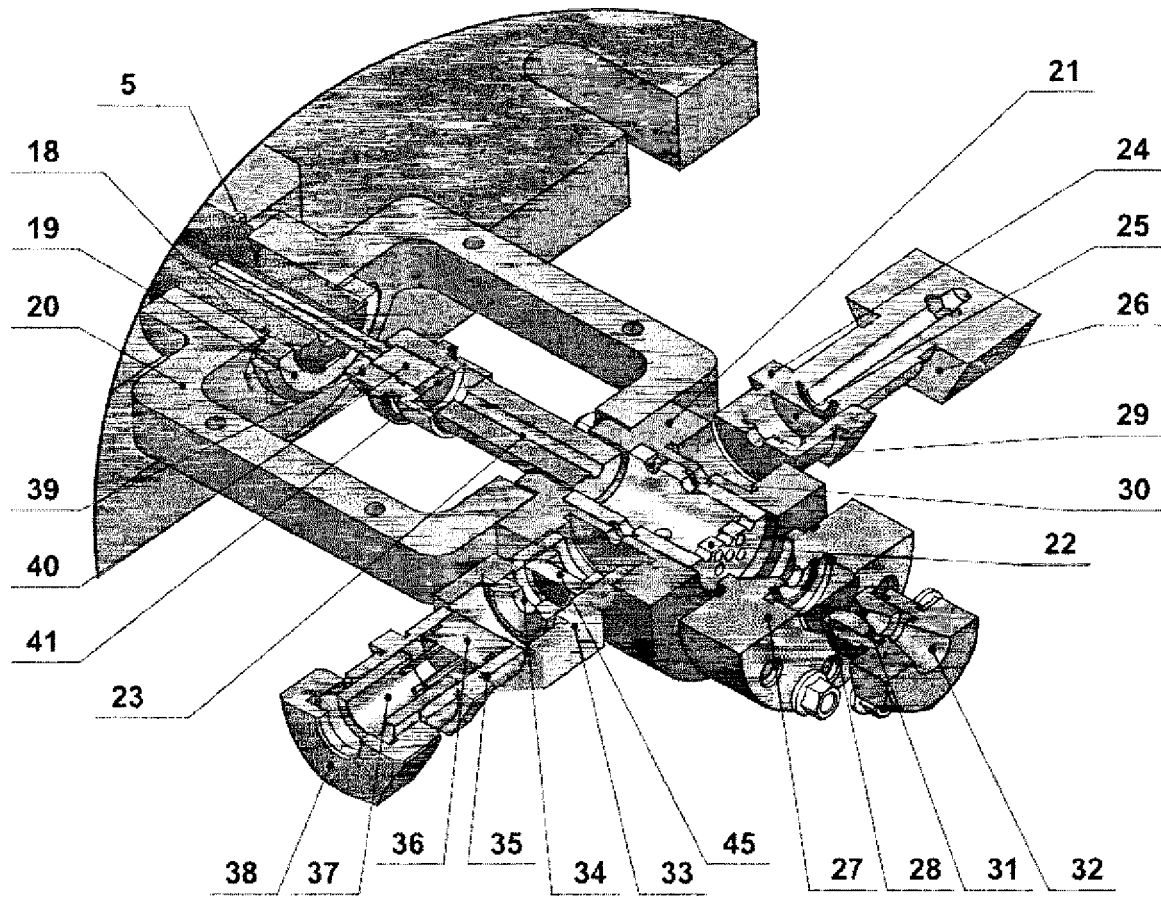


Fig. 2

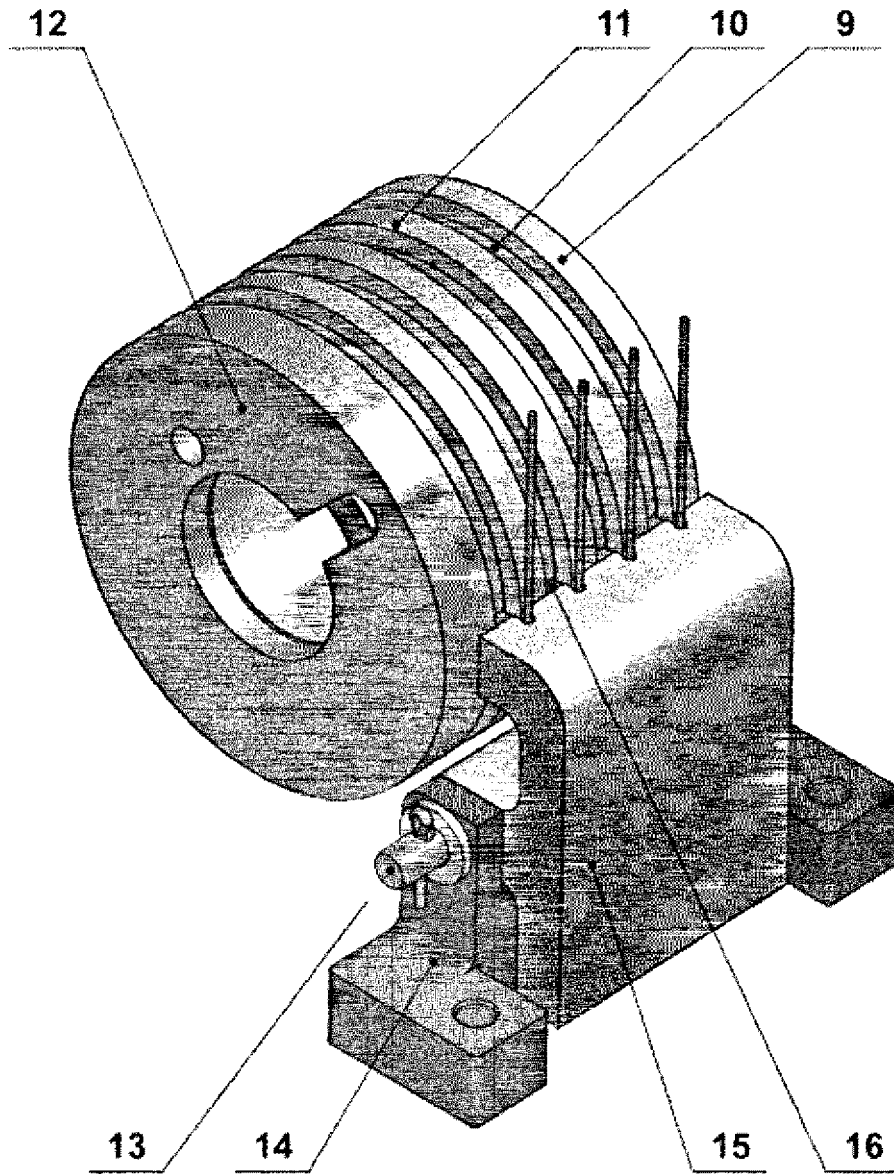


Fig. 3