

Budowa silnika raketowego - pirotechnika

Artykuł opisuje ogólne zasady budowy silnika, dzięki niemu będziesz mógł stworzyć swój własny wymarzony silnik do rakiety.

Na wstępie, od razu mówię, że nie znajdziecie w tym dziale konkretnego planu zbudowania silnika raketowego. Plany konkretnych silników pojawią się ale dopiero za jakiś czas. Dział ten opisuje ogólne zasady budowy silnika, dzięki niemu będziesz mógł stworzyć swój własny wymarzony silnik do własnej rakiety.

Dział ten podzielony został na kilka podstron, między innymi na budowę korpusu silnika raketowego, oraz budowę dysz i zatyczek. Dzięki temu poznasz kilka sposobów na wykonanie każdego z tych elementów.

Chciałbym również zaznaczyć, że opracowanie własnego powtarzalnego silnika raketowego, nie jest zadaniem łatwym. Wymaga to od nas wielu prób i dużego zaangażowania. Nie obowiązuje tu zasada: "do trzech razy sztuka", czasami będziemy musieli wykonać 10, 20 a nawet 30 prób. Także nie zrażajcie się tym, że coś wam nie wychodzi, a swoje błędy starajcie się usuwać, mam nadzieję, że pomoże Wam w tym nasz opis najczęstszych błędów w dziale "nieudany start"

Ogólna charakterystyka silnika raketowego:

Każdy silnik raketowy składa się z tych samych elementów, jest ich zaledwie kilka, a dokładne wykonanie każdego z nich jest niezmiernie ważne dla działania całego silnika.

Korpus w zasadzie najważniejsze jest to, aby był jak najwytrzymalszy. Do jego wykonania, używać będziemy przede wszystkim papieru. Później pokusimy się o nieco wytrzymalszy materiał jakim jest rura PCV.

Dysza wydawać by się mogło, że wystarczy użyć drewnianej zatyczki z drewna z odpowiednim otworem w środku. W tym artykule dowiesz się z jakich materiałów robi się dyszę w amatorskich silnikach raketowych, i jak je wyprodukować.

Zatyczka w tym arcie poznasz kilka sposobów wykonania zatyczki. Nie jest to aż tak interesujące jak mogłoby się wydawać, ale zawsze się przyda.

Jedne z moich silników, widok z przodu i z tyłu:



Korpus silnika

Podstawowym zadaniem korpusu silnika raketowego jest wytrzymanie ciśnienia jakie wytwarza paliwo spalające się podczas pracy silnika raketowego. Zadanie wydaje się dosyć łatwe, wystarczy bowiem zbudować tubę odporną na jak największą temperaturę i ciśnienie. Na dodatek, najlepiej będzie gdy, owa tuba będzie jeszcze w miarę lekka.

Niejednemu, pewnie do głowy od razu wpadła myśl o wykorzystaniu do tego celu metalowej rury. Otóż czegoś takiego nie wolno nam zrobić !! Metalowymi korpusami mogą zajmować się tylko doświadczeni konstruktorzy! A póki co my chyba nimi nie jesteśmy?!

Nieźłym rozwiązaniem będzie zastosowanie rury wysokociśnieniowej PCV, tym również się zajmiemy, ale dopiero w niedalekiej przyszłości. Gdyż na razie do budowy naszego korpusu wykorzystamy nasz ulubiony budulec, a mianowicie... papier! ;-p

Silnik papierowy

Nie będę się tutaj rozpisywał dokładnie o budowie tego korpusu, gdyż wszystko ma się podobnie jak przy robieniu korpusu do petard, czy też korpusu rakiety (wszystko opisane na stronie). Jediną różnicą jest tutaj zastosowanie większej ilości zwojów. Nasz korpus musi być bardzo wytrzymały także nie zaszkodzi jeśli grubość ścianki dojdzie nawet do 5mm.

Oczywiście zamiast zwiększać drastycznie grubość ścianki możemy, zamiast kleju wikolowego użyć szkła wodnego. Jest to bardzo dobra inwestycja, otrzymujemy wtedy bardzo wytrzymały i cienkościenny korpus.

CDN.

Dalszy ciąg wywodów nastąpi już wkrótce, nie mam chwilowo na to czasu, proszę o cierpliwość...

Dysze

No nareszcie coś ciekawszego, bo nie ma nic nudniejszego od robienia korpusu do silnika ;-p. Natomiast jeśli chodzi o dyszę, mamy tutaj wielkie pole do popisu, bo możliwości wykonania tego elementu jest naprawdę wiele, a dokładniej - nieskończenie wiele ;-p

O dyszy słów kilka

Na samym początku powinniśmy zastanowić się na tym: po co w silniku znajduje się dysza? To właśnie dzięki niej powstaje siła umożliwiająca, poruszenie się nie tylko silnika ale i całej rakiety. Dysza ukierunkowuje strumień powstałych gazów ze spalania paliwa raketowego. Najprościej rzecz ujmując, dysza jest przewężeniem umożliwiającym sprężenie gazów, a następnie wyrzut ich pod ciśnieniem.

Kształt dyszy

Jeśli chodzi o kształt dyszy, jest to przeważnie walec z dwoma wyciętymi stożkami, z tym że kąt rozwarcia stożka wlotowego jest zawsze większy od kąta rozwarcia stożka wylotowego. Budująca małe silniczki, czy też rakiety kijankowe, za dyszę służyła nam zatyczka z nawierconym otworem, nie było to złe rozwiązanie, gdyż przy silniczkach o średnicy wewnętrznej mniejszej od 20mm jest to całkowicie dobre rozwiązanie. Jednak jeśli chcemy budować większe silniki zmuszeni będziemy do budowania dysz o bardziej profesjonalnym kształcie. Nie chodzi tutaj oczywiście tylko o estetykę, ale w głównej mierze o zastosowanie.

W większych silnikach gdzie powierzchnia spalania bloku paliwa jest dużo większa, niezbędne jest precyzyjne kierowanie strumienia gazów wylotowych przez dyszę. Dlatego nasza dysza powinna kształtem przypominać coś takiego:



Bierzmy się do pracy

Dział ten będzie oczywiście rozwijany, jednak chwilowo z braku czasu zaprezentuję tylko kilka sposobów na dyszę. Zaczynamy więc bo nie ma na co czekać ;-p Dostępne projekty:

- [Dysza z drewna.](#)
- [Dysza z drewna. \(Update #1\)](#)
- [Dysza z drewna . \(Update #2\)](#)
- [Dysza z gipsu. \("a la Vandroll"\)](#)

Dysza z drewna

Standardowa dysza z drewna nie jest niczym innym jak zwykłą zatyczką z nawierconym otworem, symulującym średnicę krytyczną dyszy. Nie ma tutaj za bardzo nad czym się zastanawiać. Dysza ta posiada prawie same wady i praktycznie tylko jedną zaletę. Zaletą jest prostota i szybkość wykonania, natomiast największymi wadami: nieprecyzyjne kierowanie strumienia gazów wylotowych oraz poszerzanie się podczas pracy silnika.



A tak wyglądają w rzeczywistości:



Update #1

Jako, że drewno jest jednym z najłatwiej dostępnych surowców, szkoda byłoby rezygnować z drewnianych dysz tylko dlatego, że są do niczego ;-p Zastanówmy się jak można by je ulepszyć. Jeśli chodzi o precyzyjne nakierowanie strumienia gazów, nie będzie to aż takie trudne, wystarczy bowiem użyć rozwiertaka o średnicy max dużo większej niż średnica naszej dyszy. I problem załatwiony.



Update #2

Kolejnym ulepszeniem standardowej dyszy będzie zabezpieczenie jej przed erozją podczas pracy silnika. Jak wiemy podczas pracy silnika raketowego temperatura w komorze spalania może sięgać nawet 1000 stopni C, nic więc dziwnego, że nasza drewniana dysza ulega w takiej temperaturze "lekkiej" erozji. Możemy w jakimś tam stopniu poradzić sobie i z tym problemem, niestety konieczne będzie tutaj zastosowania dosyć drogiej poxyliny. Nie zużyjemy jej jednak wiele, właściwie wystarczy tylko kilka gram, chodzi bowiem o pokrycie powierzchni stożka wlotowego przynajmniej jednym mm poxyliny. W takim wypadku jedna paczuszka poxyliny, wystarczy nam na kilkadziesiąt dysz.



Jeśli zatem mamy kasę na poxylinę i dysponujemy rozwiertakiem, możemy śmiało korzystać z takich dysz. Jednak jeśli nie chcemy wydawać ciężkich pieniędzy na nasze hobby czytamy dalej ;-p.

Dysza z gipsu

Gdy znudzi się nam zabawa z drewnianymi dyszami, pora sięgnąć po nowe rozwiązania. Dysze z gipsu są w miarę lekkie i mniej podatne na erozję podczas pracy silnika raketowego niż dysze z drewna.

Jeśli chodzi o wykonanie mamy dość dużo opcji. Jeśli dysponujemy rozwiertakiem to nie ma żadnego problemu. Ale zapewne większość z Was podobnie jak ja pożalowało kasy na rozwiertak i takowego nie posiada ;-p. Przedstawię zatem sposób na seryjną produkcję dysz z gipsu "a la Vandroll"



Jak wiecie, naszym motto jest "szybkość, łatwość i tanioccha" ;-p Tak więc tym razem pora na dyszę z gipsu szybko schnącego, którego koszt to aż... 2,20zł za 2kg!! Co starczy nam na ok. 120 dysz!! Zaopatrzymy się zatem w gips (oczywiście nic nie stoi na przeszkodzie, aby był to gips żaroodporny ;-)) w pierwszym lepszym sklepie budowlanym i jazda! Cała produkcja będzie polegała na wlewaniu szybko schnącego gipsu do wcześniej przygotowanej pseudo formy ;-p.

Co będzie potrzebne:

Zbieramy jak najszybciej potrzebne elementy, a są to: 2 walce drewniane o wysokości min 2cm i średnicy takiej jaką chcemy mieć średnicę dyszy, kawałek rurki może być zwykła plastikowa, jej średnica wewnętrzna musi być równa (może być oczywiście nieco większa, nadmiar się odpiłuje) średnicy zewnętrznej naszej dyszy, oraz jeden zacisk śrubowy.



Pierwszym krokiem będzie rozcięcie naszej plastikowej rury, nawet jeśli mamy idealnie wymiarową! Gdy zaś mamy rurę o troszkę za dużej średnicy jest to idealny moment na odpiłowanie zbędnych milimetrów.



Następnym elementem będzie wykonanie stożków ściętych, nie muszą być one oczywiście idealnymi stożkami, jak widać na zdjęciu u mnie również nie jest to żaden stożek ścięty ;-p Oczywiście przygotowujemy sobie stożki o różnych kątach rozwarcia. Dbamy o to, aby wysokość stożka raczej nie przekraczała 1cm, (1,5cm to max) , nie chcemy przecież otrzymać dyszy o długości większej niż 4cm, no chyba, że robimy jakiś mega-silnik. Po wykonaniu pseudo stożków sprawdzamy czy mieszczą się w naszej rurze, jeśli nie troszkę je podpiłowujemy jakimś pilnikiem drobnoziarnistym.



Jeśli dotarliśmy do tego punktu, możemy odetchnąć z ulgą, bo teraz wytwarzanie dysz to sama przyjemność. A cała produkcja przedstawia się następująco:

Do naszej rury wkładamy jeden z pseudo stożków, następnie przygotowujemy sobie zaprawę gipsową, nie będę się o tym rozpisywał bo instrukcję macie na opakowaniu ;-p powiem tylko, że przygotowujemy bardziej wodnistą zaprawę, chodzi o to, żebyśmy potem nie musieli tego gipsu upychać, a jedynie przelać go z kubeczka. Nie wlewamy oczywiście do pełna, ale lepiej będzie jeśli nalejemy za dużo niż za mało ;-p. Gdy uznamy, że nalaliśmy już wystarczającą ilość, bierzemy drugi z pseudo stożków i wkładamy do naszej rury. Dociskamy tak aby oba ścięte stożki zetknęły się ze sobą w rurze. Jeśli wlailiśmy za dużo gipsu, nadmiar wyleci przez szparę, którą specjalnie do tego celu stworzyliśmy przecinając rurę.



Kolejnym elementem jest założenie na rurę naszego zacisku śrubowego, po założeniu dokręcamy jak najmocniej tylko potrafimy. Teraz pozostaje nam odczekanie ok. 5min. Po tym czasie odkręcamy zacisk, do szpary wkładamy śrubokręt i przekręcamy, aby cała dysza odeszła od ścianek naszej pseudo formy.



Po wyjęciu naszej dyszy, obchodzimy się z nią delikatnie, gips przybrał tylko nadaną mu formę co nie znaczy, że całkowicie wyschną bo to zajmie mu jeszcze ok. 12 godzin. Chcąc odzepić nasze pseudo stożki nie ciągniemy ich w wybranych przez siebie kierunkach tylko wykonujemy lekki obrót w prawo a potem w lewo i sam powinien idealnie odejść od dyszy.



I tak oto otrzymaliśmy w miarę dobrej jakości dyszę gipsową. Chcąc przyspieszyć produkcję dysz możemy wykonać więcej form, choć przy jednej i tak jesteśmy w stanie zrobić ok. 6 dysz przez godzinę.



Zatyczki

Jeśli chodzi o budowę, zatyczka jest najmniej pasjonującym elementem silnika raketowego. Właściwie nie ma z nią żadnych problemów, no może jeden, jak ją przytwierdzić do korpusu, żeby żadna siła jej nie oderwała.

Jeśli stosujemy korpus papierowy to oczywiście najlepiej będzie, zrobić do niego zatyczkę papierową, bądź też drewnianą, wtedy nie ma problemu z jej przytwierdzeniem, używamy wtedy szybkoschnącego kleju do drewna i po kłopotcie.

Poniżej zaprezentowane będą różne sposoby wykonania tego elementu. Proszę o cierpliwość.

Autor: Vandroll Team

Przedruk ze strony: <http://www.vandroll.yoyo.pl/index.php?mm=bsil>

Artykuł pobrano ze strony eioba.pl