

Strumienica wydechowa

Autor: Lech Węglarski

22.02.2008.

Zmieniony 26.02.2008.

Strumienice mity i rzeczywistość cz.1

Ostatnio zrobiło się znowu głośno o strumienicach, zwłaszcza wydechowych, za sprawą tak zwanej strumienicy Jones`a. Pojawiła się parę lat temu bardzo dobrym testem na hamowni (test przeprowadził miesięcznik motoryzacyjny), pamiętamy dała 13% przyrostu momentu obrotowego. W tym roku był następny test tej strumienicy w miesięczniku Auto-Sukces nr 2 gdzie dała totalną plamę. Nasuwa się pytanie - manipulacja prasowa czy tak ogromna niedokładność hamowni? Myślę, że nic z tych rzeczy. Ta łuska Jones`a ktoś nam zrobił wodę z mózgu. Po pierwsze, nie jest to w sensie fizycznym strumienica.

Strumienicą - nazywamy przyrząd lub urządzenie do zasysania i przemieszczania cieczy, gazów i par lub mieszania płynów z ciałami stałymi przy wykorzystaniu zjawiska Venturiego występującego w zwężce zasilanej dowolnym czynnikiem w tym cieczą, gazem lub parą -- " Strumienice teoria i konstrukcja " Goliński-Troskolewski wydanie II poprawione 1979 rok .

Inaczej mówiąc w strumienicy musi być zwężka, komora mieszania i dwa strumienie z których jeden wykonuje pracę na rzecz drugiego. Strumienica Jones`a nie spełnia tych wymogów, nawet przyjmując że łuska może zastąpić zwężkę Venturiego. Klasyczną strumienicą jest na przykład moja strumienica dolotowa która ma zwężkę, jest strumień pracujący pochodzący od podciśnienia wywołanego ruchem tłoków silnika, jest drugi strumień powietrza zasysany dzięki układowi ze zwężką i jest to typowa strumienicowa pompa powietrza. Klasyczne strumienice wydechowe są projektowane już od 25 lat przez inż. Wiesława Pachonia i produkowane w cenionej i znanej firmie " Michael " . Nie mają one co prawda zasysania bocznego ale w środku jest zwężka Venturiego i dysza naddźwiękowa w strumienicy następuje podział na dwa strumienie pracujący i poddawany tej pracy następnie mieszają się w komorze mieszania. W rozwiązaniach strumienic dolotowych inż. Pachonia komora mieszania jest dokładnie wyodrębniona czego nie ma w moich strumienicach gdzie funkcję komory pełni fabryczny przewód dolotowy lub wydechowy.

To co określamy strumienicą Jones pod względem fizycznym może być tylko tłumikiem środkowym z dynamizatorem przepływu. Ktoś świadomie sprowadził z jakiejś zachodniej firmy tłumik środkowy uniwersalny, okrzyknął to strumienicą i wykorzystał rynek przygotowany przez wyroby i projekty inż. Pachonia prekursora stosowania elementów dynamizujących przepływ spalin i mieszanki paliwowej. Ktoś przygotował reklamę, ustawił odpowiednio cenę powołał się na firmę "Jones" (Ta się podobno nie przyznaje do tego produktu) i załaził rynek tym wyrobem. Komentarza już nie wymaga to, że nasi majsterkowicze zaczęli podrabiać tego..... podrobionego Jones`a i mamy niezły pasztet .

Jones` był wypełniony chyba watą szklaną lub podobnym absorbentem i jako tłumik, umieszczony w miejscu katalizatora, przy sportowym wolnym wydechu. W tej sytuacji wata uległa wypaleniu. Znajomy który zamontował strumienicę w miejscu katalizatora w mocnym aucie ze sportowym wydechem stwierdził, że po kilku minutach pracy układu z tłumika leciały kawałki wypalanej waty. W rezultacie pozostaje pusty tłumik z łuskami, które działają jak zwężki Venturiego blisko silnika. Umieszczenie takiej strumienicy przy silniku, który ma układ np. recyrkulacji spalin, gdzie współczynnik reszty spalin ma duże znaczenie-spowoduje zakłócenie spalania zubożonego ładunku doprowadzając w konsekwencji do uszkodzenia pierścieni tłokowych, uszczelki pod głowicą czy wypalania zaworów wydechowych. Mają rację najlepsi w Polsce tunerzy od tuningu mechanicznego silnika Pan Jacek Chojnacki oraz inż. Andrzej Godula przestrzegając przed takim montażem takiego " czegoś " .

Przykre w tej historii jest to, że ta " afera " rzuca cień na strumienice i w ogóle już krążą opinie że wszystkie dolotowe czy wydechowe powodują uszkodzenia silnika. Statystycznie biorąc nawet sam Jones nie musi zniszczyć silnika. Znam wielu klientów, którzy są bardzo zadowoleni z tego urządzenia. Mają to jednak zamontowane w miejsce środkowego tłumika, lub w miejsce katalizatora ale przy fabrycznych tłumikach, które hamują przepływ spalin i nie dopuszczają do powstania podciśnienia w puszcze urządzenia.

Podsumowując Jones` zamontowany z głową może nam poprawić parametry silnika a zabudowana była jak bez przemyślenia warunków może spowodować uszkodzenie silnika .

W Polsce mamy podobne urządzenie ,strumienicę szczelinową inż. Pachonia produkowaną przez Firmę " Michael " . Jest to prawdziwa, klasyczna strumienica , ma wspólnego z Jones`em tylko to , że w miejsce zwężki Venturiego są szczeliny . Sam się też dołożyłem do jej projektu , optymalizując kształt komory mieszania metodą doświadczalną . Moja firma wykonuje na zamówienie podobne strumienice ale w bardzo ograniczonej ilości . Jestem cały czas w kontakcie z inż. Pachoniem oraz Firmą Michael i nowym bardzo ciekawym zakładem MG-Motorsport Panów Guzych . Wymieniamy rysunki , doświadczenia , opinie oraz weryfikujemy konstrukcje i o ile wiem nasze strumienice nie dają plamy . Sam jestem zwolennikiem pozostawiania katalizatora lub zastąpienie go sportowym metalowym . Mamy w Polsce już producentów takich tanich katalizatorów np. Lindo-Gogex . W ostateczności zastąpienia go specjalnym tłumikiem . Opracowałem taki tłumik , testy trwają - zobaczmy .

Apeluję gorąco o nie zaczynanie tuningu od usunięcia katalizatora , a jak mamy na to taką ochotę , że nic nam tego nie wyperswaduje to zapytajmy się mistrzów od mechanicznego tuningu np. Jacka Chojnackiego czy inż. Goduli o skutki jakie może to wywołać .

Kilka lat temu był przeprowadzony test na hamowni w zakładzie inż. Goduli układu wydechowego zaprojektowanego przez inż. Pachonia i wykonanego w Firmie "Michael " . Był to układ wydechowy do CC-900 . Składał się z kolektora wydechowego , strumienicy i tłumika końcowego . Dał on 21% przyrostu mocy . Inżynierowie "Sebringa "twierdzą , że graniczną wartością przyrostu mocy dzięki układowi wydechowemu to 20% . Nasi przekroczyli tę granicę i to w dużym stopniu dzięki strumienicy więc nie podważamy tych osiągnięć jakimiś kometami w rodzaju strumienicy Jones`a , które pojawiają się poczym nikną i tylko pozostaje przysłowiowy smród .

Węglarski Lech

Strumienice mity i rzeczywistość cz.2

W części drugiej chciałbym się zająć bardziej szczegółami technicznymi dotyczącymi strumienic i konsekwencjami z tego wynikających dla ich zastosowania w sporcie i tuningu.

Pytanie podstawowe po co je stosujemy i czy to jest tylko specyfika polskiego rynku tuningowego. Strumienice dolotowe i wydechowe mają wpływ na wymianę ładunku w cylindrze silnika-czyli na usunięcie z niego rozprężonych spalin i napełnienie go świeżym powietrzem lub ładunkiem mieszanki paliwowej w zależności od rodzaju zasilania. Najważniejszym parametrem tego procesu jest sprawność napełniania wyrażona stosunkiem mas: Me-powietrza pozostałego w cylindrze po zakończeniu wymiany ładunku do Mt- teoretycznego ładunku wynikającego z objętości skokowej cylindra Vs i gęstości powietrza otoczenia. Średnio wynosi on w procentach 70-85 % przy doładowaniu rezonansowym udaje się przekroczyć 100 % i dojść do granicznej 107 % dotyczy to silników wolnossących. Parametr ten decyduje o mocy silnika, momencie obrotowym oraz obrotach przy jakich są one osiągane.

W książce inż. Kordzińskiego są podane przykłady badań nad wpływem np. długości i średnicy przewodów kolektora ssącego na sprawność napełniania. W jednym okazało się że optymalną długością kolektora przy którym zachodzi doładowanie rezonansowe w silniku 3.5 Jaguara jest 90 cm, trudno sobie wyobrazić zmieszczenie takiego kolektora pod maską sportowego auta. Właśnie po to stosujemy strumienice aby modyfikować parametry silnika bez drastycznych zmian konstrukcyjnych. Zamiast tych przysłowiowych 90 cm możemy spróbować zastosować np. strumienicę dolotu i wspomóc ją wydechową. Mało kto wie że zmieniając wałek na sportowy powinniśmy zmienić długość i średnicę kolektora dolotowego. Wiadomo że to jest trudne nie dysponujemy np. kilkoma kolektorami do prób , albo głowicami o różnych średnicach zaworów-ten sam efekt możemy osiągnąć stosując strumienice i odpowiednio kształtować charakterystyki silnika do naszych potrzeb jest to prosta i skuteczna metoda.

Strumienice czy to jest specyfika naszego rynku? Nie to urządzenie występuje w wielu samochodach i motocyklach. Punto II we filtrze powietrza przed wkładem ma prawie klasyczną strumienicę, w Golfie II GTI 1.8 I jest podobnie tu jestem pełen podziwu bo zwężka przy tej pojemności ma 35mm, ja nigdy nie zszedłem poniżej 45mm do silnika 1.8 I . Jeżeli chodzi o wydechy to w Alfie 155 w ostatnim tłumiku była zwężka i można powiedzieć że to jest coś w rodzaju strumienicy dynamizującej przepływ. Właśnie co robią strumienice w samochodzie, ogólnie zwiększają prędkość przepływu czynnika. Moja dolotowa działa jak pompa powietrza czyli dopycha dodatkową porcję powietrza do silnika. Wydechowa naddźwiękowa inż. Pachonia produkowana w Firmie Michael (klasyk) ma zwężkę w celu przyspieszenia spalin oraz takie charakterystyczne cygaro w środku które ma spowodować aby przepływ strugi był laminarny i mogła

osiągnąć dużą prędkość.

Można ją montować w miejsce katalizatora jednak statystycznie najlepiej spisuje się w miejsce tłumika środkowego. Dla podrabiaczy informacja że decydujące znaczenie ma kształt tego cygara źle dobrane powoduje turbulencje i strumienica nie pracuje.

Następna grupa to strumienice wirowe tu mamy dynamizator Jonesa i strumienice szczelinowe inż. Pachonia. Wykorzystują one zjawisko wiru wywołanego śrubowym ułożeniem łusek, które zastępują zwężkę. W ruchu wirowym mamy trzy składowe prędkości. V_w -prędkość przemieszczania się wiru styczna do osi symetrii przewodu, V_k -prędkość kątowna i V_s - styczna. Wektor prędkości V_k jest prostopadły do płaszczyzny wirowania czyli w tym przypadku dodaje się z V_w mówiąc po ludzku im szybciej wiruje tym szybciej wir się przemieszcza tak działają strumienice łuskowo-szczelinowe. Strumienice wydechowe to taki odkurzacz dla silnika a dolotowe to takie dynamiczne turbo dopychające dodatkową porcję powietrza do silnika. Zgrywając obie możemy uzyskać naprawdę dobre efekty. Jest to wygodny sposób na kształtowanie charakterystyk silnika ponieważ nie ingerujemy bezpośrednio w konstrukcję silnika, zmiany są odwracalne. Strumienice nie przeszkadzają w tuningu elektronicznym i mechanicznym mogą tylko potęgować efekty.

Kilka praktycznych rad na temat stosowania strumienic. Przede wszystkim musimy się zdecydować co chcemy uzyskać i do czego nam służy auto, czy ścigamy się wieczorami po ulicach Warszawy, używamy go do pracy czy mamy samochód tylko dla przyjemności. Decydując się na strumienicę wydechową pamiętajmy że może ona nie pracować z fabrycznym tłumikiem. Konieczne trzeba zastanowić się nad zmianą np. tłumika końcowego. W przewodach wydechowych i dolotowych silnika zachodzą oprócz zjawisk związanych z przepływem gazu w rurach jeszcze zjawiska falowe spowodowane cyklicznym ruchem tłoków silnika. Nakładanie się tych zjawisk bardzo komplikuje opis i możliwość przewidywania co się dzieje w przewodzie dolotowym czy wydechowym. Są pozytywne skutki np. doładowanie rezonansowe, ale to co pomaga w dolocie w układzie wydechowym może spowodować duże straty.

Przykładem tego są przypadki uszkodzenia silnika przez strumienice łuskowe inaczej mówiąc powodujące silny ruch wirowy(szczelinowa się do nich też zalicza.) Po konsultacjach z profesorem fizyki doszliśmy do wniosku że jest to skutek nakładania się silnych pulsacji ciśnienia spalin blisko silnika na ich ruch wirowy. Efektem może być nawet cofanie się wiru do silnika, fizyk określił ten stan jako nieokreślony. My dążymy do stanów przepływów laminarnych powodujących najmniejszy opór i głośność. Praktyczna rada uciekajmy ze strumienicami w okolice gdzie jest przewidziany tłumik środkowy. Nawet źle dobrana strumienica w miejscu tłumika środkowego może dać pozytywne rezultaty. Umieszczona w miejscu katalizatora wywoła turbulencje i np. wypalanie uszczelki pod głowicę. Następną radą jest montowanie układów wydechowych i strumienic złączkami a. nie spawanie.

Daje nam to możliwość łatwej zmiany np. rodzaju strumienicy czy tłumika w celu ich dokładnego dopasowania do charakterystyki silnika. Tym bardziej że obecnie na rynku mamy cały asortyment past uszczelniających złączek i akcesoriów potrzebnych do takiego montażu. Na zakończenie chcę zaanonsować powstanie nowej strumienicy stożkowej wydechowej już wykonałem pierwsze prototypy spisują się bardzo dobrze. Będzie to strumienica uniwersalna można ją montować dowolnie. Obecnie trwa wymiana doświadczeń między inż. Pachoniem, Firmami Michael, MG-Motor Sport w celu pełniejszego wykorzystania pierwszych prób drogowych. Już snujemy projekty połączenia strumienicy stożkowej ze szczelinową i budowania nowego rodzaju wydechu składającego się: strumienica stożkowa, a jako tłumik strumienica stożkowo-szczelinowa. Tym bardziej że Pan inż. Andrzej Godula chce nam udostępnić swoje najnowocześniejsze zaplecze badawcze w Polsce i wspomóc swoją wiedzą co może zaowocować powstaniem bardzo dobrych układów wydechowych takich że te zachodnie w polerowanych puszkach z nierdzewki będą robić za lustra w mojej łazience.

Węglarski Lech

Strumienice mity i rzeczywistość część 3 (ostatnia)

Zwykle łatwiej jest opracować coś sensownego do układu dolotowego, niż ubrać to w odpowiednią teorię przy zachowaniu komunikatywnych konstrukcji słownych.

Tę część chcę poświęcić omówieniu spraw związanych z układami dolotowymi silników wolno-ssących. Postaram się wyjaśnić zagadnienia związane z doładowaniem dynamicznym i rezonansowym oraz wytłumaczyć pojęcie Power-rury i roli strumienicy w układzie dolotowym. Doładowanie dynamiczne jest stosowane na przykład w Formule I, gdzie polega ono na pobieraniu powietrza wlotem umieszczonym bezpośrednio w strudze opływającej nadwozie

samochodu. Wydajność tego ujęcia powietrza jest wprost proporcjonalna do prędkości pojazdu więc stanowi dość skuteczne rozwiązanie. Wadą jest brak doładowania przy małej prędkości i możliwość szybkiego zabrudzenia filtra, oraz przedostania się wody do układu zasilania. Można temu próbować zapobiec i np. w Fordzie Focus jest zamontowany deflektor przed wlotem powietrza, tak aby zanieczyszczenia zostały wytrącone na bok poza wlot. Ford Fiesta ma na wlocie zamontowaną perforowaną maskownicę w celu wyłapania zanieczyszczeń. W tuningu ten rodzaj doładowania ma szerokie zastosowanie, zwłaszcza w modyfikacji polegającej na zamontowaniu strumienicy dolotowej za fabrycznym filtrem, jednak trzeba pamiętać o wszystkich mankamentach tej metody. Drugi sposób doładowania silnika wolno ssącego to doładowanie rezonansowe. Wytlumaczenie tego zjawiska, teoretycznie trochę zawile postaram się przeprowadzić w miarę przystępnie. Wiemy, że w przewodach dolotowych powstaje fala dźwiękowa. Jest to fala podłużna, której płaszczyzna drgań jest równoległa do wektora prędkości. Mówiąc prościej w rurze przesuwa się powietrze w postaci serii wzrostów i spadków gęstości na przemian. Niestety w praktyce ten pozornie prosty ruch bardzo się komplikuje, gdyż część powietrza trafia na zamknięty zawór dolotowy, do tego jest rozgałęziony kolektor dolotowy i bezwładność masy powietrza. Często czasy zaworowe są tak dobrane, że zaczyna się suw sprężania przy otwartym jeszcze zaworze ssącym, co powoduje przemieszczanie się fali w obu kierunkach - do i od silnika w kierunku wlotu. Taka sytuacja powoduje nakładanie się fal czyli interferencję, przy czym cały proces komplikuje jeszcze zjawisko fali stojącej. Fala stojąca, aby wyjść od definicji, powstaje w obszarach ograniczonych na skutek odbicia od granicy tych obszarów. Nasilenie drgań, dających czasem efekt dudnienia, występuje w obszarze tzw. strzałek (maksymalne rozchylenie krzywych ilustrujących ruch falowy – między grzbietami fali). W przekładzie „na polski” fala stojąca jest wynikiem zderzenia się dwóch fal o tej samej lub zbliżonej charakterystyce akustycznej. Praktycznie może to wystąpić, gdy w wydechu ze standardowym tłumikiem końcowym o stosunkowo dużych oporach przepływu zabudujemy strumienicę naddźwiękową. Efektem jest nasilenie hałasu nawet z charakterystycznym dudnieniem i pogorszeniem osiągnięć. W dolocie, gdzie mamy układ otwarty od strony wlotu lub tylko ograniczony przepustnicami, w generowaniu fali stojącej, chociaż o mniejszym nasileniu skutków niż w wylocie, może mieć udział także interferencja. Zjawisko fali stojącej potęguje źle dobrana strumienica lub inne rozwiązanie dynamizujące przepływ w dolocie. W przewodzie dolotowym mamy miejsca, gdzie ładunek jest zagęszczony a w innych rozrzedzony. Fizycy te charakterystyczne punkty nazywają odpowiednio strzałką (zagęszczenie) i węzłem (rozrzedzenie), a odległość między nimi to $1/4$ długości fali. Cała sztuka aby „strzałka weszła do cylindra” i znalazła się w okolicy świecy zapłonowej, przy czym może się zdarzyć, że w cylindrze będziemy mieli więcej takich zagęszczeń. To jest właśnie doładowanie rezonansowe nazwane tak, gdyż za zagęszczenie ładunku odpowiada rezonans cząsteczek powietrza a za falę stojącą również interferencja. Doładowanie rezonansowe pozwala przekroczyć 100% współczynnika napełnienia cylindra (tutaj odsyłam do części 2 artykułu). Niestety taki efekt możemy uzyskać tylko w pewnym zakresie obrotów silnika. Są to obroty momentu maksymalnego niejako wspomaganego właśnie tym zjawiskiem. Power-rura stosowana często w tuningu to taki układ dolotowy, który ma stworzyć dogodne warunki do wykorzystania fali doładowującej. Powinna to być możliwie prosta rura o dobranej dokładnie długości. Tu kilka rad dla majsterkowiczów. Przewód musi być bardzo sztywny. Odpadają rury do gazowych piecyków itp. Powinna być wykonana z materiałów o małej pojemności cieplnej, rury ze stali szlachetnych pięknie wyglądają, mają jednak poważną wadę, gdyż łatwo się nagrzewają i długo stygną. Idealnym materiałem są przewody wykonane z carbonu lub innych kompozytów. Pozostaje jeszcze sprawa średnicy i długości. Średnica w stosunku do fabrycznego przewodu dolotowego ma się tak: jeżeli ją zmniejszymy to poprawiamy moment na niskich obrotach, natomiast gdy powiększamy to chcemy poprawić moc przy wysokich obrotach. W obu tych przypadkach długość jest odwrotnie proporcjonalna do średnic. Dobranie długości przewodu stanowi największą trudność. Przy tym nie można zapominać o pojemności dolotu, też stanowiącej istotny element „strojenia”. Dolot silnika jest fizycznie odpowiednikiem rury z jednej strony otwartej wlotem powietrza a z drugiej zamkniętej denkiem tłoka. W takim przewodzie na wlocie jest zawsze strzałka fali a przy denku węzeł, więc znając skok i średnicę tłoków oraz właściwości fali stojącej można przewidzieć długość odpowiednią dla danego silnika i charakterystyki jaką chcemy osiągnąć. Reszta to metoda prób i błędów, jedyna w przypadku nie dysponowania hamownią i zapleczem badawczym. Obie metody doładowania można łączyć i tak się robi w samochodach użytkowych. W dolnym zakresie obrotów staramy się uzyskać doładowanie rezonansowe a w górnym dynamiczne, co nam daje płaski przebieg charakterystyki momentu obrotowego. Jak do tego mają się strumienice dolotowe? Z mojego 5 - letniego doświadczenia wynika, że w przypadku doładowania dynamicznego strumienica daje taką możliwość przy mniejszych obrotach i prędkości auta. W warunkach doładowania rezonansowego pozwala na rozciągnięcie tego efektu w większym zakresie obrotów. Poza tym taki układ zdecydowanie lepiej się stroi i ma małą wrażliwość na

zmiany długości. Potwierdza się też, że za pomocą strumienicy można łatwiej dobierać charakterystyki pracy jednostki napędowej. W momencie pisania tego artykułu mam na warsztacie układy dolotowe składające się ze strumienicy i power-rury - takie jakby dwa w jednym. Prototypy już pracują. Teraz będziemy razem z firmą Auto-Projekt z Tych testować w samochodzie Seat Cordoba różne konfiguracje zamontowania tych elementów i postaram się podzielić informacjami z tych testów. Kończąc ten materiał, niejako w ramach aneksu chcę powrócić do 2 części, gdzie został omówiony problem uszkodzeń silnika spowodowanych przez wydechowe strumienice łuskowe. Artykuły te powstają jakby na żywym organizmie, gdyż to o czym piszę testowane jest na bieżąco. Czasem trudno nadażyć z analizowaniem faktów. Po wnikliwych dyskusjach doszliśmy do wniosku, że takie pojedyncze, odosobnione przypadki są spowodowane zmianą współczynnika reszty spalin. Nie wszystkie spaliny opuszczają cylinder, jego ilość określa właśnie współczynnik reszty spalin. Czasem celowo konstruktor dobiera jego większą wartość np. w celu ograniczenia spalania stukowego w silniku. Spaliny zawierają dużo węglowodorów aromatycznych o wysokiej liczbie oktanowej, które niwelują to zjawisko. Często w tuningu planujemy głowicę, aby zwiększyć stopień sprężania w celu podniesienia mocy. Potem montujemy całkowicie przelotowy, nadmiernie „odetkany” wydech ze strumienicą wysysającą spaliny z silnika. Pogarszamy warunki spalania mimo większej mocy. W silnikach wyczynowych nie ma to znaczenia, natomiast w codziennej eksploatacji takie warunki pracy na pograniczu spalania stukowego doprowadzą szybko do uszkodzeń. Tego nie da się sprawdzić na hamowni. Trzeba trochę pomyśleć i to jest apel na koniec tego cyklu artykułów: róbmy wszystko z głową i podejmujmy się modyfikacji fabrycznych elementów auta po dokładnej analizie określonych uwarunkowań technicznych.

Lech Węglarski