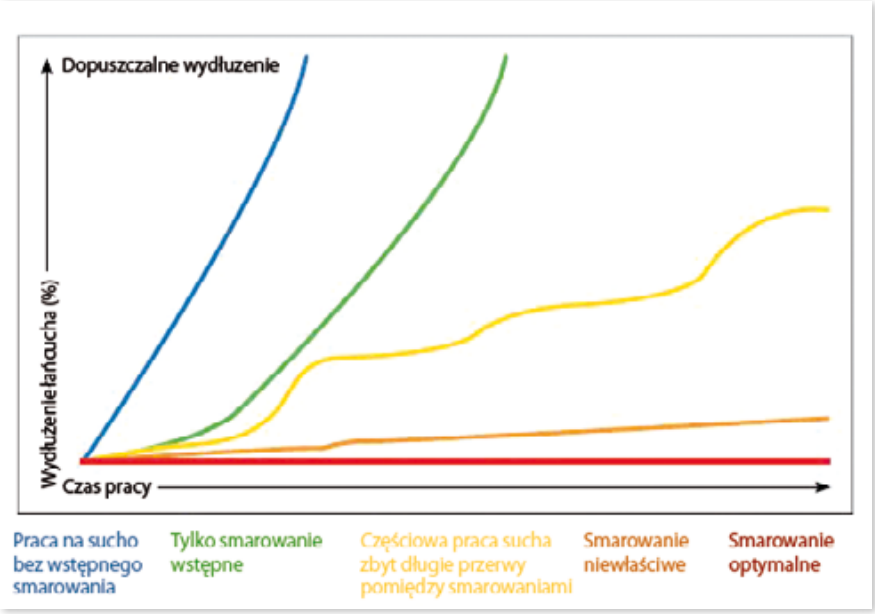
Łańcuch o-ringowy czy bez-o-ringowy?

Analiza porównawcza poboru mocy

W niniejszym artykule omówiono problem doboru łańcucha do motocykli klasycznych, w aspekcie strat mocy w łańcuchu, na przykładzie motocykla Royal Enfield. Wnioski wynikające z niniejszego opracowania można rozszerzyć również na motocykle innych marek.

Jerzy Mydlarz

Royal Enfield Bullet 500 jest wyposażony fabrycznie w łańcuch bez-o-ringowy 530 o długości 95 ogniw. Jego żywotność jest określona na około 12 tysięcy kilometrów. Znane są częste przypadki konieczności wymiany oryginalnego łańcucha przed osiągnięciem takiego przebiegu, jak i udokumentowane zdarzenia znaczącego przekroczenia tej wartości. Trwałość łańcucha motocyklowego zależy zasadniczo od warunków eksploatacyjnych, stylu jazdy i częstotliwości jego smarowania. Ponieważ w polskich warunkach większość właścicieli eksploatuje swoje Bullety na drogach asfaltowych, to wpływ rodzaju drogi na zużycie łańcuch nie jest tak duży jak np. w Indiach. Styl jazdy ma duży wpływ na trwałość łańcucha. Płynna jazda i zwiększanie obrotów silnika przed włączeniem sprzęgła, przy każdej redukcji biegów mają istotne znaczenie. Co się tyczy smarowania, to nie wnikając w różne szkoły, rozpoczynające się od tradycyjnego gotowania łańcucha w smarze grafitowym po stosowanie najnowszych preparatów w aerozolach, trzeba stwierdzić, że najważniejsza jest sama czynność smarowania. Nie ma aż tak dużego znaczenia czym łańcuch jest smarowany. Łańcuch wyczyszczony i nasmarowany dowolnym olejem będzie miał niewiele mniejszą trwałość niż ten, nasmarowany preparatem optymalnym zalecanym przez producenta. Na rysunku 1 przedstawiono wpływ rodzaju smarowania i jego braku na trwałość łańcuch.



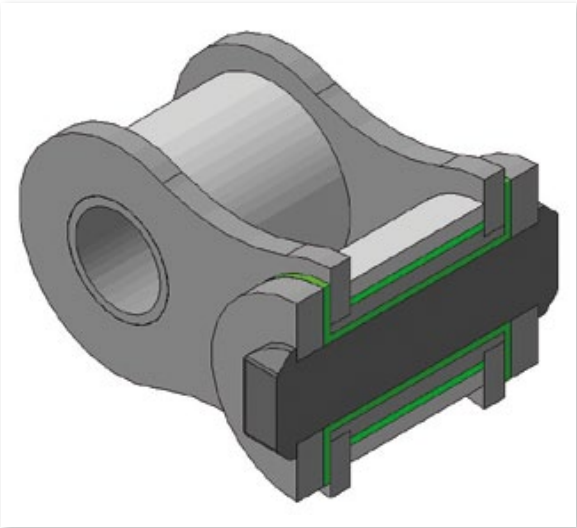
Rys. 1 Wpływ rodzaju smarowania na trwałość łańcucha [1]

Należy zwrócić uwagę, że łańcuch smarowany nieprawidłowo (ale jednak smarowany) zużywa się tylko trochę szybciej niż łańcuch smarowany prawidłowo. Smarowanie wstępne (kolor zielony) oznacza łańcuch posmarowany jedynie przez producenta. Bardzo istotną informacją, zawartą w wykresach, jest gwałtowny wzrost zużycia łańcucha suchego – reprezentowany przez niebieską krzywą. Każdy motocyklista, który przejechał dłuższy odcinek drogi w deszczu wie, jak suchy potrafi być łańcuch po wypłukaniu przez wodę środków smarnych. Dlatego na każdą wyprawę należy zabierać dowolnego typu preparat do smarowania łańcucha.

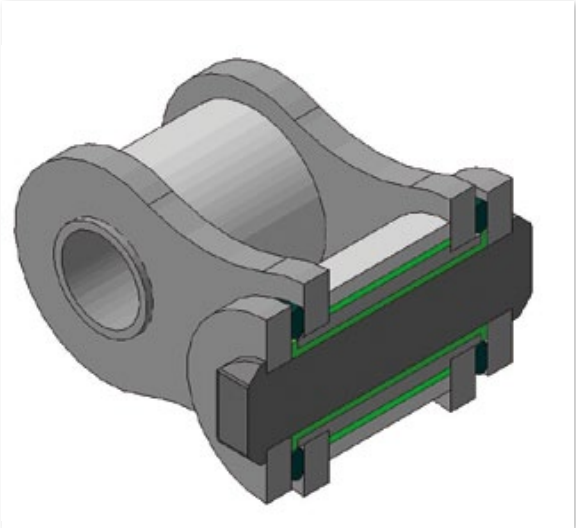
Czy warto zastosować łańcuch o-ringowy w motocyklu klasycznym?

Przez fora internetowe i prasę motocyklową przetoczyło się wiele ciekawych dyskusji na ten temat. Trudno jest udzielić jednoznacznej odpowiedzi na wcześniej postawione pytanie, ponieważ zagadnienie ma wiele aspektów. W celu przeprowadzenia rzetelnej analizy należy w pierwszej kolejności porównać budowę obu rodzajów łańcucha. Na rysunku 2 pokazano przekrój ogniwa zwykłego łańcucha bez uszczelnień.

Na przekroju widoczne są płytki zewnętrzne i wewnętrzne, tulejka z umieszczoną na niej rolką i przechodzący przez tulejkę sworzeń. Zielonym kolorem



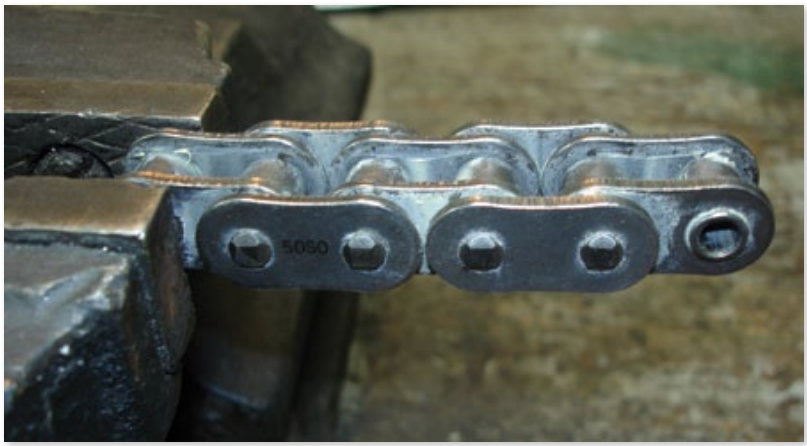
Rys. 2 Przekrój łańcucha zwykłego [opracowanie własne]



Rys. 3 Przekrój łańcucha o-ringowego [opracowanie własne]

Rys. 5 Fragment łańcucha zwykłego umieszczony w imadle

zaznaczono umownie warstwy środka smarnego, które w rzeczywistości są proporcjonalnie znacznie cieńsze niż te na przedstawionym przekroju. Na rysunku widoczny jest nieuszczelniony obszar pomiędzy wewnętrzną a zewnętrzną płytką (pokazaną jedynie we fragmencie z powodu przekroju). Rysunek 3 przedstawia przekrój ogniwa łańcucha o-ringowego. Pierścień uszczelniający jest wykonany z elastomeru, uszczelnia on przestrzeń pomiędzy płytkami zewnętrzną i wewnętrzną. To uszczelnienie zapewnia utrzymanie smaru pomiędzy sworzniem a wewnętrzną powierzchnią tulejki. Zjawisko zwane potocznie wyciąganiem się łańcucha polega



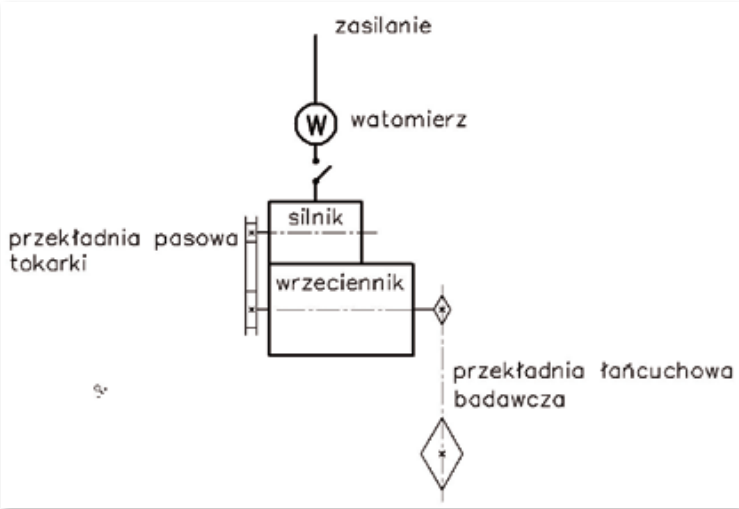
Rys. 4 Fragment łańcucha o-ringowego umieszczony w imadle

głównie na wzrastającym luzie pomiędzy sworzniem a wewnętrzną powierzchnią tulejki. Rolka osadzona na tulejce, w obu typach łańcuchów, nie jest uszczelniona, i między innymi dlatego również łańcuchy o-ringowe wymagają regularnego smarowania. Zastosowanie uszczelnień zapewnia wzrost trwałości łańcucha, a wymiarowo powoduje zwiększenie jego szerokości. Szerszy łańcuch może ocierać o obudowę sprzęgła lub skrzynki biegów. W motocyklu Royal Enfield Bullet 500, zastosowanie łańcucha o-ringowego wymaga usunięcia niewielkiej ilości materiału z obudowy sprzęgła w celu wyeliminowania tego zjawiska.

Pierścienie uszczelniające umieszczone pomiędzy płytkami łańcucha powodują wzrost oporów tarcia podczas jego pracy. W czasie jego ruchu pomiędzy kołami łańcuchowymi jest on niemal wyprostowany przez siłę rozciągającą – w górnym biegu podczas przyspieszania motocykla, a w dolnym biegu w czasie hamowania silnikiem. W czasie ruchu na kołach zębatych łańcuch jest zgięty. Na rysunku 4 pokazano kilka ogniw nowego łańcucha o-ringowego, uchwyconych za skrajne ogniwo pomiędzy szczękami imadła. Ogniwa zachowują pozycję poziomą.

Przedstawiony na rysunku 5 fragment nowego łańcucha zwykłego (bez o-ringów) tej samej wielkości (tj. 530) zachowuje się zupełnie inaczej. Nawet mniejsza ilość ogniw powoduje całkowite ugięcie łańcucha pod własnym ciężarem.

Ta prosta demonstracja dowodzi jednoznacznie, że opory tarcia przy zginaniu łańcuchów o-ringowych są większe. Wielu motocyklistów intryguje, jaki jest ilościowo wzrost oporów w układzie napędowym motocykla przy zastosowaniu łańcucha o-ringowego w porównaniu z łańcuchem zwykłym. W internecie można znaleźć różne informacje na ten temat. Serwis DirtArena.pl przedstawił tłumaczenie tekstu: „Utrata mocy. Jaki rodzaj łańcucha wybrać? O-ring (lub inny zabezpieczony uszczelkami, x-ring) czy może zwykły?" autorstwa pana Grega Burnsa, Mechanical Engineer, Dirt Tricks Inc. Ten bardzo ciekawy artykuł omawia różnicę pomiędzy oboma typami łańcuchów, a nawet podaje dane liczbowe. Z tych danych wynika, że największa różnica w stratach mocy wynosi dla łańcuchów o-ringowych 0,048 KM tj. około 36 W, w odniesieniu do łańcucha zwykłego bez-o-ringowego. Jest to cenna informacja, która może wskazywać na to, że często spotykany pogląd o większym obciążeniu silnika, wywołanym przez łańcuch o-ringowy można by włożyć pomiędzy anegdoty. Słabością przytoczonej publikacji jest jednak brak podania metody pomiaru różnicy mocy. Liczby są podane „na wiarę". Ponadto



Rys. 6 Schemat stanowiska

trudno uwierzyć, że różnica strat mocy jest wielkością stałą w całym zakresie prędkości jazdy.

W tej sytuacji postanowiłem zbudować proste stanowisko pomiarowe i przeprowadzić analizę porównawczą poboru mocy przez dwa nowe łańcuchy tj. zwykły i o-ringowy.

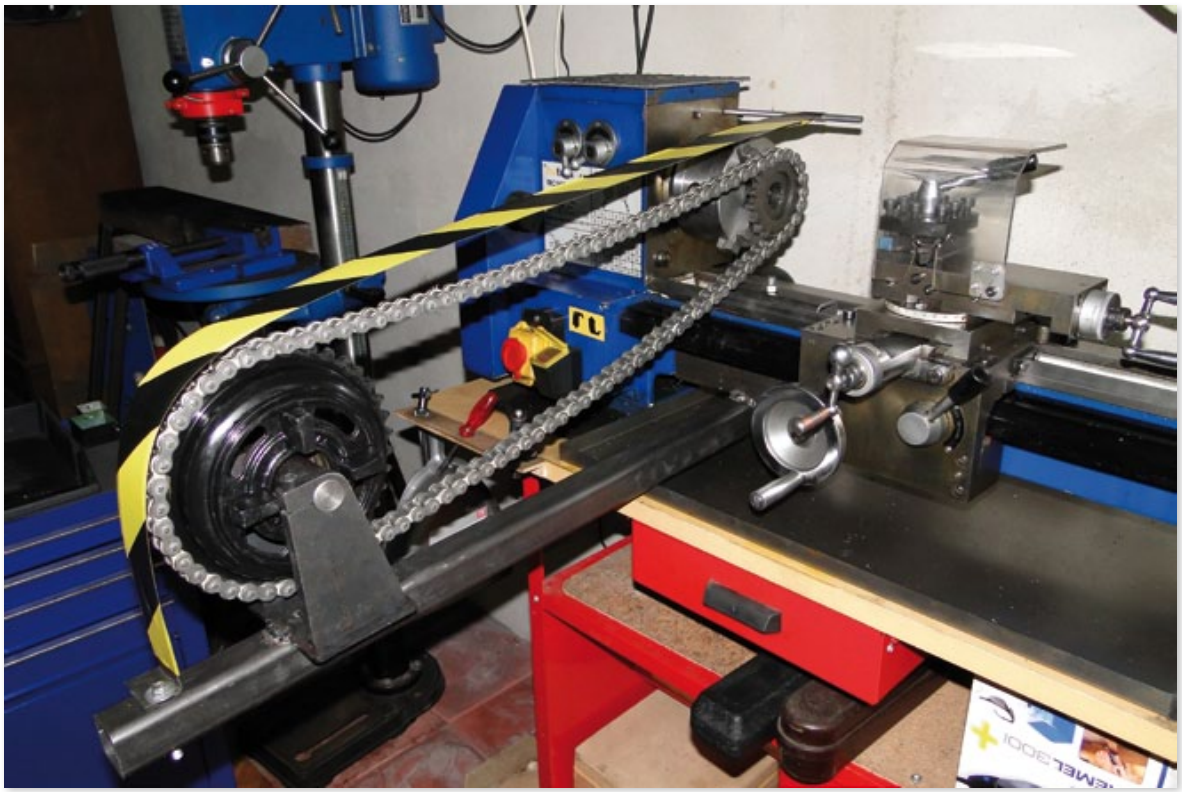
Stanowisko pomiarowe

Przystępując do budowy stanowiska pomiarowe przyjęto następujące założenia:

1. Opory bezwładności obu łańcuchów są takie same, ponieważ pomiary będą prowadzone ze stałą prędkością obrotową;
2. Próby będą się odbywać bez obciążania łańcuchów, ponieważ celem jest poznanie strat tarcia generowanych przez uszczelnienia w odniesieniu do łańcucha bez uszczelnień;
3. Pomiar mocy strat będzie odbywał się poprzez pomiar mocy elektrycznej pobieranej przez silnik napędowy stanowiska. Watomierz będzie włączony pomiędzy źródło zasilania a silnik elektryczny jednofazowy napędzający stanowisko;
4. Oba łańcuchy będą nowe i będą pochodziły od tego samego producenta firmy YBN, co zwiększa ich podobieństwo geometryczne i wymiary ogniw;
5. Każdy łańcuch będzie posmarowany w pierwszym teście smarem fabrycznym w stanie dostawy, a w drugim olejem przekładniowym Hipol 80W/90 naniesionym na ten smar.

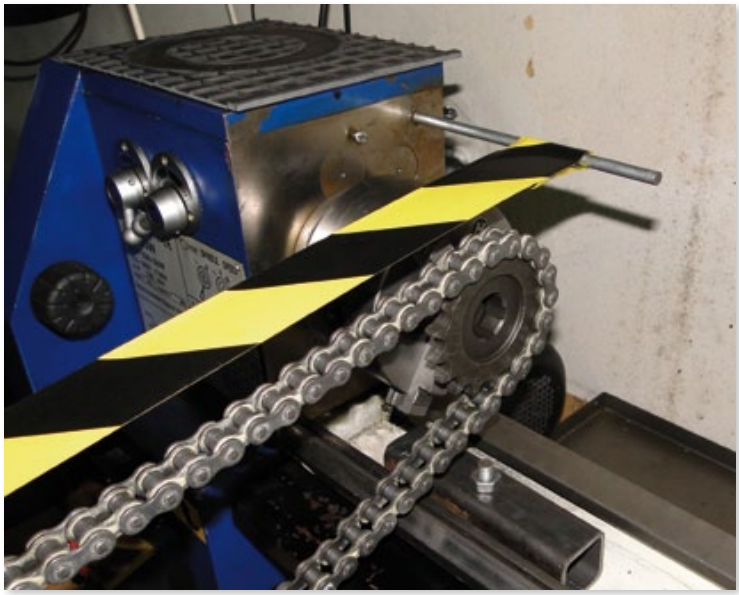
Schemat stanowiska przedstawiono na rysunku 6.

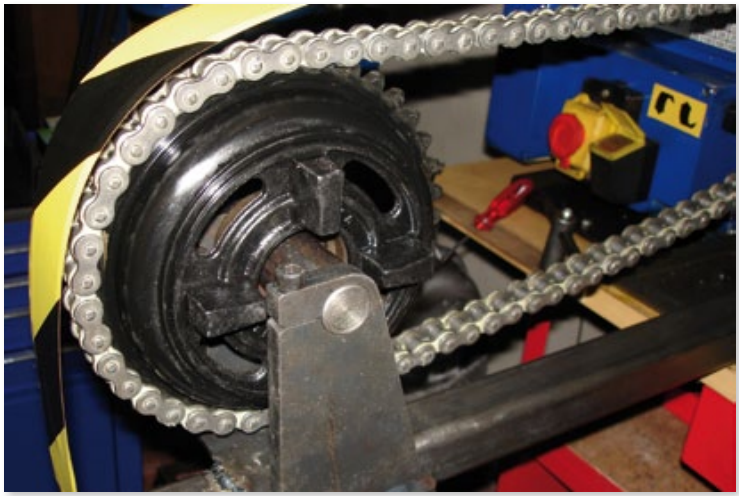
Podstawę stanowiska badawczego, przedstawionego na rysunku 7, stanowi tokarka stołowa typu NUTOOL



Rys. 7 Stanowisko badawcze

Rys. 8 Przednie koło zębate umieszczone w uchwycie tokarki





Rys. 9 Tylne koło zębate zamocowane na wysięgniku i w specjalnym wsporniku

DN67FB. Ma ona sześć prędkości obrotowych wrzeciona do zwykłych prac tokarskich i zestaw kół zmianowych do nacinania gwintów. Pomiary prowadzono dla sześciu podstawowych prędkości obrotowych wrzeciona od 170 do 1950 obr/min.

W uchwycie tokarki umieszczono małe koło łańcuchowe motocykla Royal Enfield o liczbie zębów 18 (Rys. 8).

Na specjalnym wsporniku, przedstawionym na rysunku 9, umieszczono ułożyskowane duże, tylne koło zębate z tego samego motocykla, o liczbie zębów 38. Na tym samym rysunku widoczne są trzy z czterech zabieraków przenoszących moment obrotowy na tylne koło

Rys. 10 Watomierz elektroniczny wskazuje chwilowy pobór mocy w wielkości 280 W

za pośrednictwem gumowych poduszek w kształcie sektorów. To rozwiązanie konstrukcyjne zostało opracowane przez firmę Royal Enfield i przejęte później przez wielu innych wytwórców motocykli, podobnie jak sucha miska olejowa i wiele innych rozwiązań [2].

Oba koła łańcuchowe były nowe i nigdy nie używane. Koła połączono w czasie każdej z prób jednym z dwóch nowych łańcuchów tj. bez-o-ringowy i o-ringowy, oba o wielkości 530 i długości 108 ogniw. Dla każdego łańcucha przeprowadzono sześć biegów z rosnącymi prędkościami obrotowymi wrzeciona wynikającymi z budowy tokarki. Każdy bieg trwał około pięciu minut w celu ustabilizowania wskazań watomierza. Dla obu łańcuchów przeprowadzono taką samą ilość biegów w takich samych warunkach temperatury otoczenia. Przed przeprowadzeniem prób tokarka pracowała luzem przez 0,5 godziny dla rozgrzania i ustabilizowania temperatury oleju we wrzecienniku. Pomiar mocy elektrycznej przeprowadzono za pomocą elektronicznego watomierza przedstawionego na rysunku 10.

Pierwszą serią pomiarów przeprowadzono na łańcuchach nasmarowanych wstępnie przez producenta. Zastosowany środek smarny ma również, a może

Obr/min	170	312	450	736	1354	1950
Moc strat w Watach Łańcuch o-ringowy	235	240	248	280	341	414
Moc strat w Watach Łańcuch bez-o-ringowy	222	226	231	252	288	347
Różnica w Watach	13	14	17	28	53	67

Tab. 1 Łańcuch w stanie dostawy; temperatura otoczenia 8,6 °C

Obr/min	170	312	450	736	1354	1950
Moc strat w Watach Łańcuch o-ringowy	244	245	260	288	328	397
Moc strat w Watach Łańcuch bez-o-ringowy	240	260	265	275	313	358
Różnica w Watach	4	-15	-5	13	15	39

Tab. 2 Łańcuch pokryty olejem Hipol 80W/90; temperatura otoczenia 5,6 °C

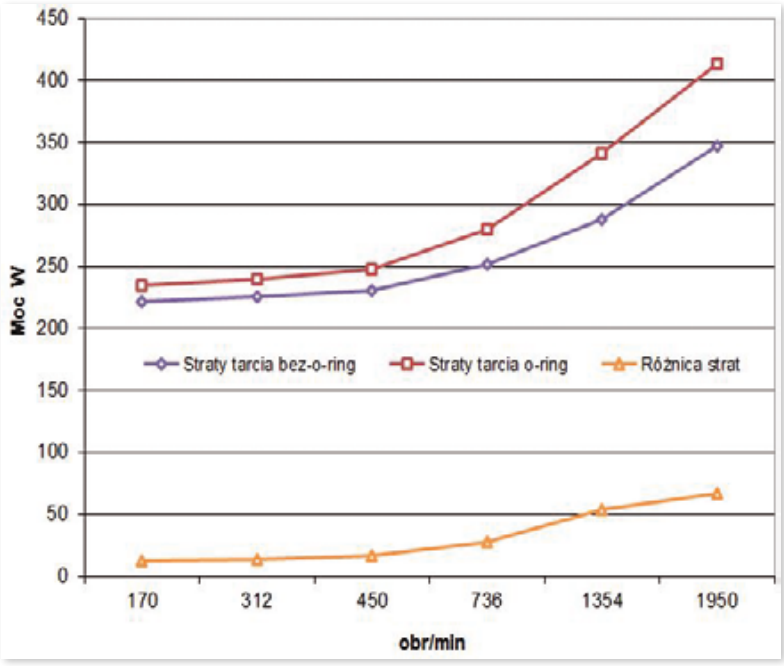
głównie funkcje konserwujące. Producent pragnie, aby łańcuch dotarł do użytkownika bez widocznych oznak korozji. W drugiej serii pomiarów, a właściwie przed pomiarami, oba łańcuchy zostały posmarowane olejem przekładniowym Hipol o lepkości 80W/90. Tego typu olej wielu producentów łańcuchów zaleca, na opakowaniach swoich wyrobów, jako podstawowy środek smarny. Zgodnie z zasadami olej został naniesiony na wewnętrzną powierzchnię łańcuchów na jedną dobę przed próbami. Celem tej zwłoki było zapewnienie czasu na penetrację środka smarnego.

Wyniki pomiarów

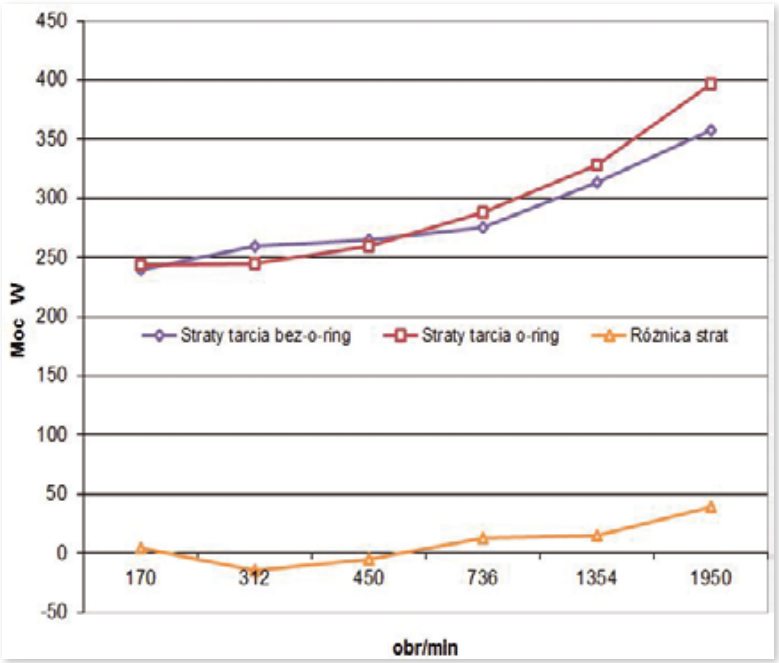
Wyniki uzyskane w czasie prób przedstawiono w tabeli 1 i 2.

Z pomiarów przeprowadzonych w pierwszej serii wynika jednoznacznie, że różnica oporów rośnie wraz ze wzrostem prędkości obrotowej. Dobrą wizualizacją uzyskanych wyników są wykresy pokazujące wzrost oporów tarcia w łańcuchach w funkcji prędkości obrotowej. Wykresy pokazano na rysunku 11. Linia koloru czerwonego reprezentuje moc oporów przy napędzaniu łańcucha o-ringowego. Linia koloru niebieskiego obrazuje moc oporów dla łańcucha zwykłego, zaś linia koloru żółtego przedstawia wartość różnicy mocy oporów. Na osi pionowej oznaczono wartość mocy w Watach, a na osi poziomej prędkość obrotową w obr/min.

Wyniki pomiarów przeprowadzonych w drugiej serii, z naoliwionymi łańcuchami, przedstawiono w tabeli 2.



Rys. 11 Wykres mocy oporów w funkcji obrotów wrzeciona tokarki dla łańcuchów pokrytych smarem przez producenta



Rys. 12 Wykres oporów łańcuchów w funkcji obrotów wrzeciona tokarki dla łańcuchów pokrytych olejem

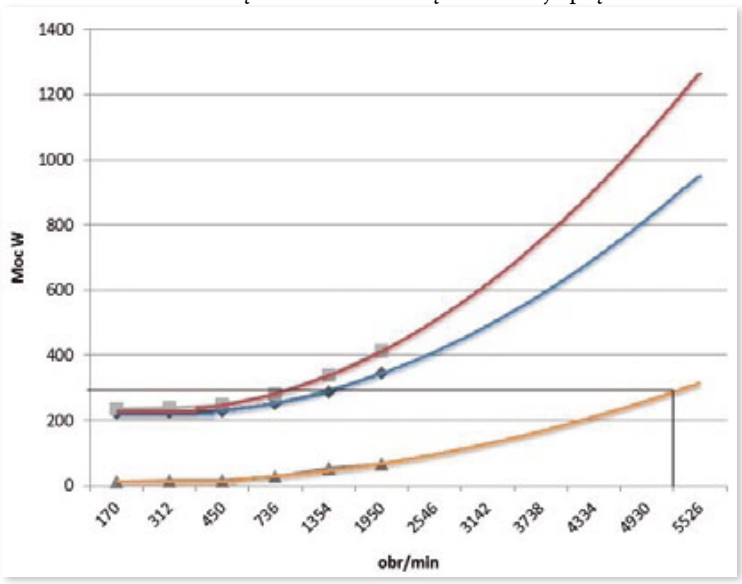
Uzyskane wyniki wskazują na ogromny wpływ oleju na zmianę charakteru zjawisk. Przedstawiono je na rysunku 12. Wszystkie oznaczenia i kolory krzywych pozostawiono takie jak na rysunku 10.

Analiza wyników

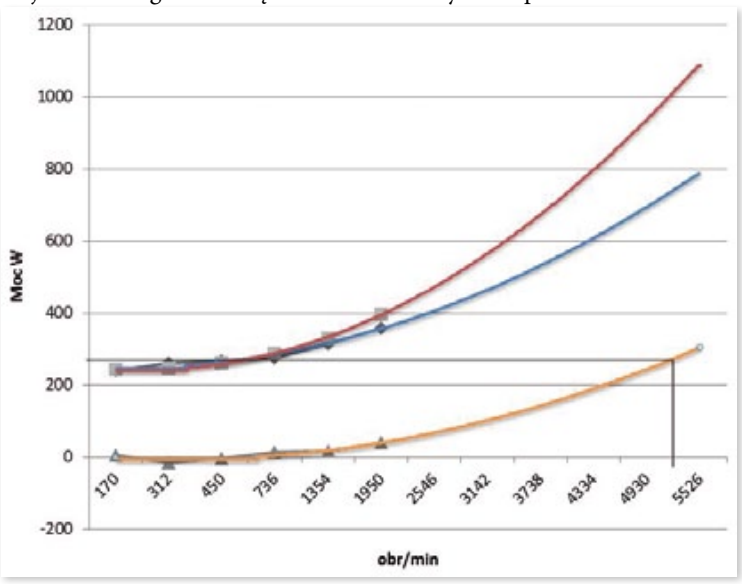
Uzyskane wyniki wskazują w pierwszej serii na nieco wyższą niż we wzmiankowanej publikacji różnicę poboru mocy. Ponadto nie jest ona wartością stałą lecz zmienia się w funkcji prędkości obrotowej. Z przeprowadzonych badań wynika, że wynosi ona około 67 W na niekorzyść łańcucha o-ringowego przy prędkości obrotowej 1950 obr/min. Obroty wrzeciona tokarki wynoszące 1950 obr/min odpowiadają prędkości jazdy około 45 km/h na biegu bezpośrednim. Wartość 67 W, jest pomijalnie mała, stanowi ona bowiem zaledwie około 0,4% mocy znamionowej silnika Bulleta 500 wynoszącej 16 kW [3]. Obroty mocy maksymalnej silnika tego motocykla wynoszą około 5500 obr./min. Bieg najwyższy jest biegiem bezpośrednim, zatem z taką prędkością obrotową wiruje małe koło łańcuchowe przy prędkości jazdy około 125 km/h. Arkusz kalkulacyjny umożliwia ekstrapolowanie krzywych przy pomocy tzw. linii trendu. Dla uzyskanych z badań danych, najdokładniejszą ekstrapolację daje krzywa wielomianu drugiego stopnia. Wynik ekstrapolacji przedstawiono na rysunku 13. Z wykresu ekstrapolacji można odczytać, że różnica straty mocy przy prędkości około 125 km/h wynosi około 300 W.

Paraboliczny kształt krzywych wynika z oporów aerodynamicznych elementów wirujących stanowiska badawczego, ruchu łańcucha w powietrzu oraz z oporów hydraulicznych w układzie smarowania kół zębatych tokarki. Gdyby badać same siły tarcia w funkcji prędkości obrotowej, to powinny być one liniami prostymi, jak na rysunku 15.

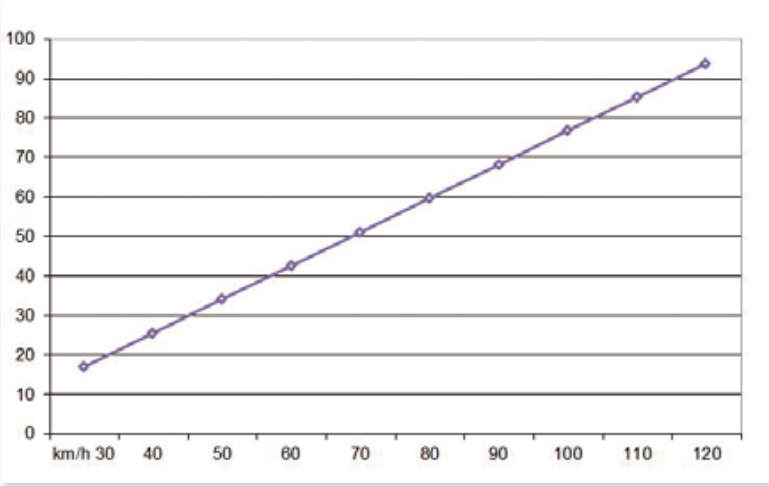
Naniesienie na obydwa łańcuchy oleju przekładniowego znacząco zmieniło wyniki pomiarów.



Rys. 13 Ekstrapolacja krzywych strat mocy dla łańcuchów pokrytym smarem przez producenta



Rys. 14 Ekstrapolacja krzywych strat mocy dla łańcuchów pokrytych olejem przekładniowym



Rys. 15 Wyliczona moc tarcia łańcucha o-ringowego w funkcji prędkości jazdy

Były one takim zaskoczeniem, że ponowiono próby. Otrzymane powtórnie wyniki nie zmieniają tego obrazu. Okazuje się, że w zakresie prędkości obrotowych od 170 do 450 obr/min pokryty olejem łańcuch o-ringowy pobierał porównywalną lub mniejszą moc niż łańcuch zwykły. Ponadto największa zmierzona różnica poboru mocy była mniejsza i wynosiła około 39 W dla obrotów 1950 obr/min.

Podobnie jak dla pierwszych pomiarów dokonano ekstrapolacji krzywych strat tarcia. Jej wynik przedstawiono na rysunku 14. Z ekstrapolacji wynika, że w zakresie obrotów powyżej 1950 obr/min opory tarcia łańcucha o-ringowego ponownie wzrosną i przekroczą wartość uzyskaną przez łańcuch zwykły, będzie to jednak wzrost nieco mniejszy niż poprzednio, tj. około 250 W.

Wyniki ekstrapolacji krzywych należy traktować wyłącznie jako hipotezę ponieważ wykraczają one daleko poza zakres pomiaru. Przed zbudowaniem stanowiska przeprowadzono próby quasi-statyczne polegające na zginaniu jednego ogniwa łańcucha o-ringowego, umieszczonego w imadle, za pomocą dynamometru. Następnie ze zmierzonej wartości siły wyznaczono pracę tarcia i wyliczono moc strat dla różnych prędkości obrotowych kół łańcuchowych. Wyliczona na takiej podstawie moc strat tarcia w łańcuchu o-ringowym przy maksymalnej prędkości jazdy tj. około 125 km/h wynosiła około 100 W. Wyniki obliczeń przedstawiono na rysunku 15.

Wnioski

Z przeprowadzonego postępowania wywnioskowano, że zastosowanie w motocyklu klasycznym łańcucha o-ringowego, pomijając aspekt montażu i możliwości ocierania szerszego łańcucha o obudowę sprzęgła lub skrzynki biegów, nie spowoduje istotnego pogorszenia parametrów ruchowych ze względu na małą wartość różnicy straty mocy.

W przypadku smarowania łańcucha o-ringowego olejem przekładniowym wartość tej różnicy jest jeszcze mniejsza.

Wydaje się, że wszyscy motocykliści po zamontowaniu łańcucha o-ringowego, niezależnie od rodzaju motocykla, powinni go bez zbędnej zwłoki dodatkowo przesmarować.

Jerzy Mydlarz

Niniejszym chciałbym przekazać serdeczne podziękowania dla pana Zbigniewa Wichrowskiego z firmy V-MOTOR z Bielska-Białej za bezpłatną pomoc w zakuwaniu łańcucha o-ringowego do celów badawczych.

Literatura:

1. Materiały informacyjne firmy IWIS

2. M. Walker: Royal Enfield the complete story, The Crowood Press Ltd, 2003

3. Instrukcja obsługi motocykla Royal Enfield Bullet 500 cc