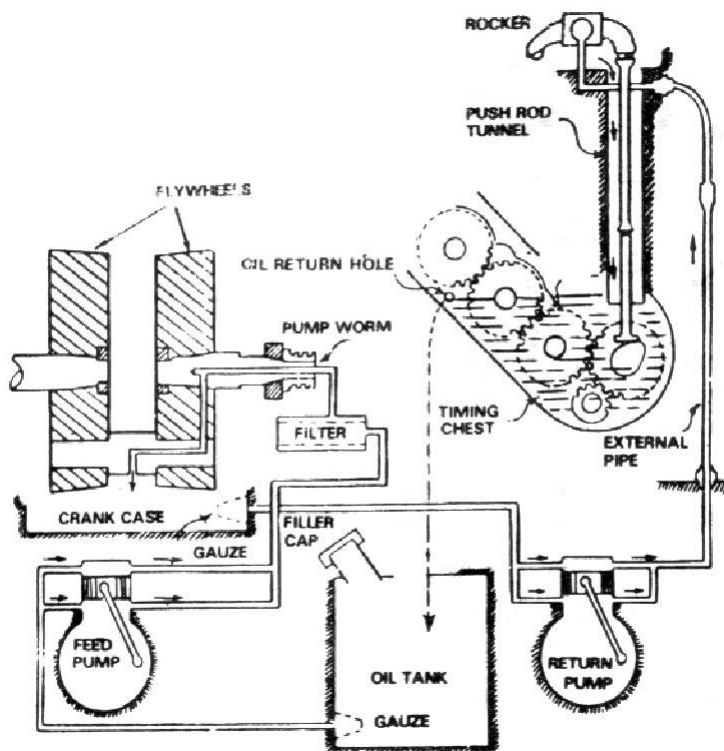


Smarowanie starych Bulletów

Jestem pewien, że nie trzeba nikomu tłumaczyć jak istotny dla pracy silnika jest układ smarowania.

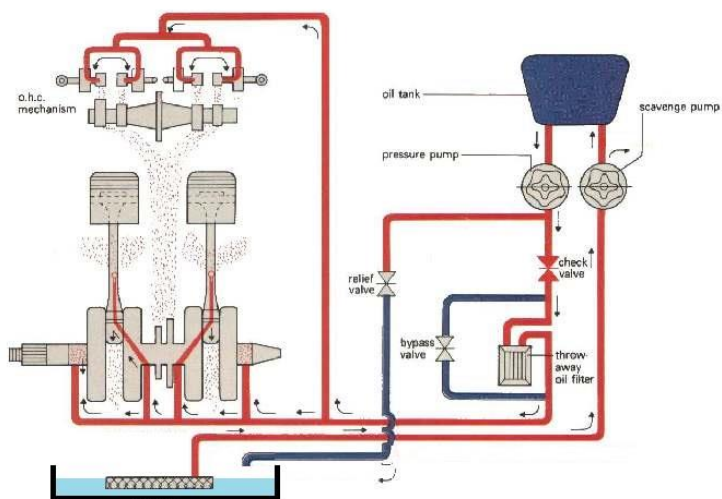
Wspomnę tylko jakie funkcje w silniku pełni olej: smarowanie, chłodzenie, uszczelnianie i czyszczenie.

W silnikach chłodzonych powietrzem jak w motocyklach Royal Enfield olej osiąga wyższą temperaturę i jego udział w procesie chłodzenia jest zdecydowanie większy niż w silnikach chłodzonych cieczą. Warto więc bliżej przyjrzeć się zagadnieniom związanym z układami smarowania w naszych motocyklach. Mam nadzieję, że niektórzy znajdą w tym materiale odpowiedź (lub chociaż podpowiedź) na dręczące ich pytania. Panie i Panowie (!!!) przedstawiam Wam układ smarowania Buleta Cast Iron na schemacie poniżej ☺.



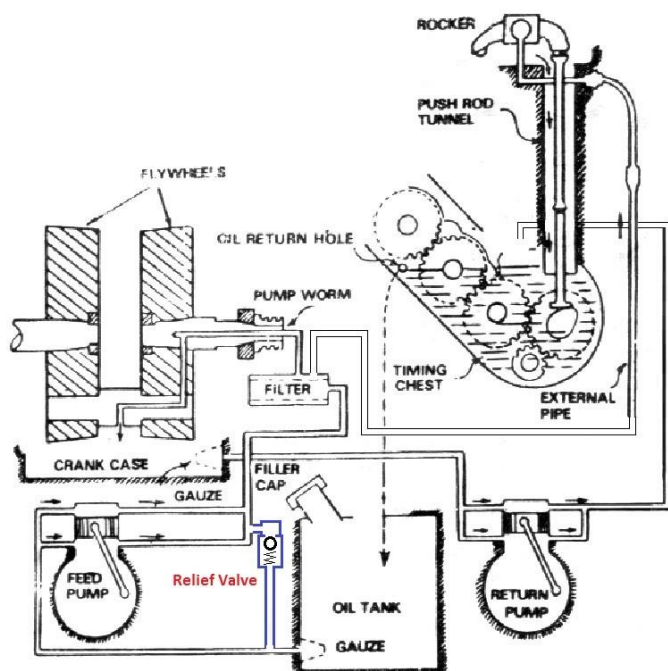
Rys.1. Układ smarowania Buleta CI / AVL

Mamy tu dwie pompki. Jedna tłoczy olej ze zbiornika do komory filtra a z niej prosto do łożyska korbowego wału skąd olej ściekając gromadzi się w skrzyni korbowej, a druga pompka odsysa olej ze skrzyni korbowej i tłoczy go do osi dźwigierek zaworowych skąd olej ściekając zbiera się w przestrzeni, gdzie pracują koła zębate napędu rozrządu, wałki rozrządu i napęd aparatu zapłonowego. Tam osiągnąwszy określony poziom zwyczajnie przelewa się do zbiornika oleju. Nie jest to taki zupełnie typowy obieg oleju. W układach z suchą miską olejową (jak np. w Junaku) jedna pompa tłoczy olej smarujący wszystkie węzły tarcia jak łożyska wału, korbowodu i rozrząd, a druga odsysa olej gromadzący się w skrzyni korbowej i tłoczy go prosto do zbiornika. Jest to o wiele korzystniejsze rozwiązanie bo wszystkie węzły tarcia smarowane są świeżym olejem, ostudzonym w zbiorniku i oczyszczonym przez filtr. Olej, który już przepłynął przez węzeł tarcia, odebrał od niego ciepło i zanieczyszczenia nie trafia ponownie do obiegu.



Rys.2. Klasyczny układ smarowania z suchą miską.

W Bullecie tak nie jest. Olej po przesmarowaniu łożysk wału, rozgrzany i zanieczyszczony produktami tarcia i spalania trafia bezpośrednio z pominięciem filtra ponownie do obiegu zassany przez drugą pompę i używany jest do smarowania dźwigni zaworowych w głowicy skąd ściekając smaruje napęd rozrządu, krzywki i popychacze ślizgowe. Tam wypełnia komorę kół zębatach i dopiero po przekroczeniu poziomu przelewa się do zbiornika. W takiej sytuacji wszystkie cięższe zanieczyszczenia tkwią w komorze kół zębatach w pobliżu jej dna i nie mają szansy się stamtąd wydostać. Częściowo zanieczyszczenia mogą zostać „wychłapane” przez obracające się koła zębata, ale część z nich tam pozostaje i przyspiesza zużycie mechanizmu rozrządu. Takie rozwiązanie nie można nazwać poprawnym. Komora kół zębatach służy tu jako odстойnik zanieczyszczeń. Nieco bardziej logicznie rozwiązany układ smarowania Bulleta powinien wyglądać jak na schemacie poniżej (Rys.3.).

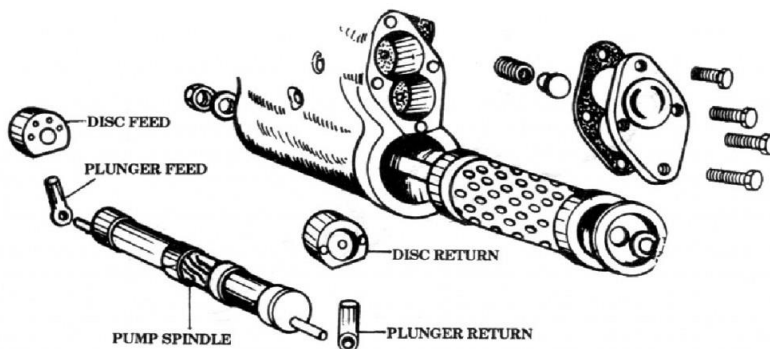


Rys.3. Poprawiony przez autora schemat układu smarowania Bulleta

W rozwiązaniu jak na schemacie (Rys.3.) pompa lewa (feed pump) tłoczy olej do filtra skąd dalej olej trafia do wału korbowego i do dźwigni zaworowych w głowicy. Prawa pompa (return pump) odsysa olej ze skrzyni korbowej i „wlewa” go do komory kół napędu rozrządu. Zaznaczony na schemacie na niebiesko „relief valve” w zasadzie pełni tu funkcję zaworu przelewowego a nie zaworu bezpieczeństwa. Różnica polega na tym, że zawór przelewowy podczas normalnej pracy pozostaje otwarty, gdy zawór bezpieczeństwa podczas normalnej pracy pozostaje zamknięty.

Słów kilka o samej „pompce” starego Bulleta czyli silnika znanego jako CI (Cast Iron).

Otóż „pompka” silnika CI należy do najbardziej archaicznych w swym rodzaju. Dziś najczęściej stosowane są pompy trochoidalne (UCE), ale już w czasach kiedy powstawał silnik CI znane i stosowane były pompy zębate (Junak, Sokół 600). W silniku CI zastosowano rodzaj pompki tłoczowej (często mylnie zwanej nurnikowej - nurnik w odróżnieniu od tłoczka nie musi być uszczelniony w cylinderku – nie musi nawet dotykać jego ścianek).



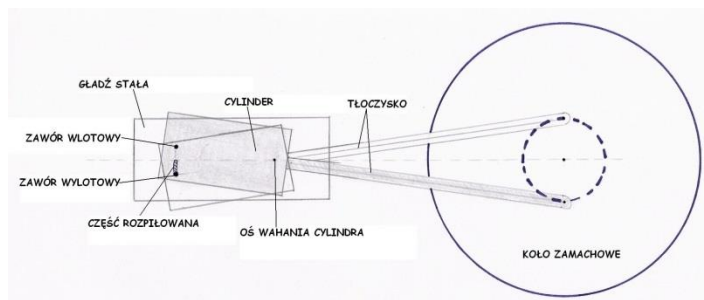
Rys.4. Pompki olejowe Bulleta CI

Napędzany od wału korbowego przekładnią kątową wałek pompy z korbami na obu końcach wprawia w ruch tłoczki sekcji smarującej i niezbyt trafnie nazwanej sekcji powrotnej osadzone w wahliwych cylinderkach. Ów wahliwy ruch wykorzystuje się to przełączania pojemności roboczej tłoczka na przemian z otworem ssącym i tłoczącym jak na rys.3.



Rys.5. Zasada pracy pompki olejowej Bulleta CI oraz jej główne elementy

Identyczną zasadę sterowania rozrządem stosuje się w zabawkowych maszynach parowych



Rys.6. Zasada sterowania rozrzędem wykorzystująca wahliwy ruch sztywnego korbowodu.

Taka pompka oleju tłoczy jeden litr oleju na minutę (1l/min) przy 5500 obr/min. przy maksymalnym ciśnieniu 0.6 Bara (mniej niż 10PSI)(Junak M7/10 - 4l/min przy 5500obr/min i ciśnieniu 0.9Bara). Jest to o wiele mniej niż absolutne minimum, dlatego starsze silniki RE niezbyt dobrze znoszą dłuższą pracę pod większym obciążeniem.

Jednak parametry pompy to nie jest jedyny problem. Sama jej konstrukcja jest przyczyną wielu bolączek. Analizując schemat układu smarowania (Rys.1.) zauważymy jeszcze jedną interesującą cechę – brak zaworu przelewowego na pompie oraz brak zaworu bezpieczeństwa (tzw. „bajpasu”) na filtrze oleju (do tego jeszcze wrócę nieco później). Kiedy więc uruchomimy zimny silnik i nieopatrznie zwiększymy jego obroty nim się rozgrzeje, ciśnienie na pomie może wzrosnąć nawet do 100PSI czyli do 6.9Bara, co może być dla niej zabójcze według testów przeprowadzonych przez Hitchcock’s Motorcycles Ltd.

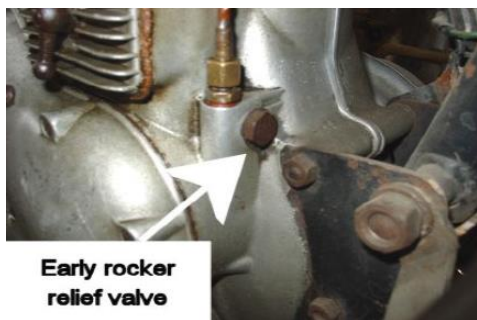
Nasuwa się tu zasadnicze pytanie: jak to się stało że zdolni i przodujący w Europie konstruktorzy angielscy zaprojektowali tak fatalny układ smarowania?

Aby znaleźć odpowiedź raz jeszcze (tym razem z lupą w rękę i przy oku) przeanalizuję komponenty układu smarowania Bulleta porównując też wersję indyjską i angielską. A więc od początku.

Bullet Redditch czyli Bullet produkowany w rodzimej, angielskiej fabryce w Redditch.

Wczesne, angielskie Bullety miały łożysko korbowodu łożyskowany na czopie korbowym ślizgowo za pomocą pływającej panewki czyli luźnej tulejki swobodnie się przemieszczającej względem korbowodu jak i czopa korbowego. Przy ciasniejszym spasowaniu tych elementów w nowym czy naprawionym silniku mogło dojść do zwiększonych oporów przepływu oleju na tym odcinku i dlatego, według opisu do którego dotarłem, Bullety z Redditch miały rodzaj zaworu upustowego na prawym czopie wału, który zapobiegał nadmiernemu wzrostowi ciśnienia. Przy tocznym łożyskowaniu czopa rozwiązanie to stało się zbędne bowiem przepływ oleju przez łożysko toczne nie jest niczym utrudniony. Dodam, że przy smarowaniu połączeń tocznych nie jest istotne utrzymywanie dużego ciśnienia oleju a jedynie odpowiednia jego ilość swobodnie przepływająca przez łożysko.

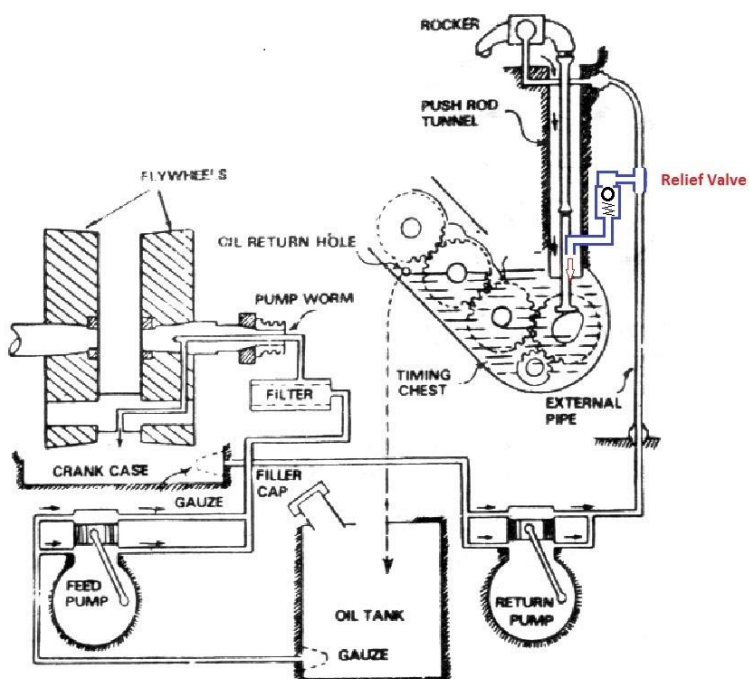
Kolejnym rozwiązaniem, które zanikło w wersjach indyjskich jest zawór bezpieczeństwa na linii doprowadzającej olej do głowicy. W oryginalnym, angielskim wydaniu wyglądało to tak jak na Fot.1.



Early rocker relief valve

Fot.1. Oryginalne umiejscowienie zaworu bezpieczeństwa w modelach Redditch i indyjskich do lat 70-tych.

Jego funkcję i umiejscowienie przedstawiłem na schemacie poniżej (Rys.7).



Rys.7. Zawór bezpieczeństwa wycechowany na 30PSI (2 Bary)

Umieszczony w tym miejscu zawór pozwala upuszczać olej pompowany do głowicy wprost do komory kół zębatych rozrządu gdy ciśnienie przekroczy 30 PSI (2Bary) a więc druga (prawa) pompa odsysa olej ze skrzyni korbowej lecz przy otwartym zaworze bezpieczeństwa olej trafia od razu do komory kół zębatych pomijając głowicę. Prawa pompa (na schemacie „return pump”) posiada tłoczek o większej średnicy niż lewa by zapewnić niezawodne odpompowywanie oleju ze skrzyni korbowej. Dlatego często tłoczy olej z powietrzem gdyż odpompowuje jedynie olej jaki podaje pompa lewa o mniejszym wydatku. Choć można kupić sobie u Hitchcocka zestaw zapewniający nam powrót do oryginalnej, angielskiej koncepcji to celowość zaworu upustowego w tym akurat miejscu jest co najmniej dyskusyjna. Należało by sprawdzić czy kiedykolwiek ciśnienie w tej linii przekracza 2 Bary.



Fot.2. Zestaw oferowany przez Hitchcock's Motorcycles Ltd. przywracający zawór bezpieczeństwa w jego oryginalnym miejscu.

Jednym z najbardziej wrażliwych na uszkodzenia elementów jest wał pompy z korbami na obu końcach i naciętym kołem ślimakowym współpracującym ze ślimakiem umieszczonym na prawym czopie wału korbowego.



Fot.3. Wał pompy oleju z napędem

Gdy pojawia się na pompach nadmierny opór często cierpi na tym właśnie przekładnia ślimakowa. Podczas montażu dobrze więc sprawdzić, czy wał obraca się swobodnie i czy całe złożenie nie stawia nadmiernego oporu. Skoro o oporze mowa, spora jego część pochodzi od sprężyn dociskających głowiczki do ich gniazd. Od 2001 Royal Enfield stosuje bardziej miękkie sprężyny o numerze katalogowym 144134.



Fot.4. Dwa rodzaje sprężyn dociskających głowiczki pomp układu smarowania.

Powrócę tu do kwestii zaworu przelewowego oraz jego domniemanej nieobecności w układzie smarowania Bulleta. Tu zaskoczenie. Otóż nieprawdą jest, że Bullet nie posiada zaworu przelewowego chroniącego obie pompy oddzielnie. Prawdą jest jedynie iż nie występuje on jako oddzielny element jak to często bywa w innych konstrukcjach (a już zawsze we współczesnych). Zaworem przelewowym (bądź bezpieczeństwa/redukcyjnym – zależnie jak jest wycechowany) jest samo złożenie głowiczka – gniazdo – sprężyna.

Gdy ciśnienie przekroczy pewną wartość głowiczka odsuwa się pod jego działaniem od swego gniazda ściskając sprężynę i część oleju jest upuszczana do komory wałka napędzającego pompy oleju. Na identycznej zasadzie działa zawór redukcyjny w układzie smarowania Fiata 126p. Dwie płaskie powierzchnie dociskane sprężyną, które przy odpowiednim ciśnieniu odsuwają się od siebie upuszczając część tłoczonego przez pompę oleju. Niema kulki, niema gniazda, niema oddzielnego elementu. Dlatego tak łatwo mylnie uznać, że nie istnieje.

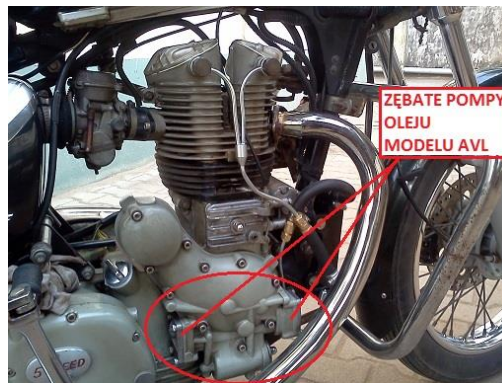
Warto więc zamienić starsze i twardsze sprężyny na miększe z dwóch powodów: zmniejszymy opory mechaniczne naszych pomp i dodatkowo uzyskamy bardziej wrażliwe na wzrost ciśnienia zawory redukcyjne chroniące obie pompy jak i przekładnię ślimakową przed przeciążeniem.

Pod koniec lat 90-tych austriacka firma AVL podjęła się poprawienia wydatku pomp układu smarowania do 2.42 l/min. Udało się to przez rezygnację z pompek tłoczkowych na rzecz klasycznych pomp zębatych.

Nowszy rodzaj pompy wpłynął na inny kształt korpusu po prawej stronie silnika jak na zdjęciach poniżej:



Fot.5. kształt korpusu pompy CI



Fot.6. kształt korpusu pompy AVL

Prócz nowej pompy silnik zyskał nowy materiał korpusu ze stopów lekkich miast dotychczas stosowanego żeliwa. Nowy, lekki materiał lepiej odprowadzał ciepło za to gorzej tłumiał dźwięki pracujących mechanizmów silnika.

To jednak nie koniec możliwości. Firma Hitchcock's Motorcycles Ltd oferuje zestawy tłoczków i głowiczek o większej średnicy (odpowiednio 7,94mm i 11.11mm – oryginalnie 6.4mm i 9.4mm), zwiększających fabryczny, dość marny wydatek. Daje to zysk wydatku na pompie zasilającej 54% i na powrotnej 40%. Warto przy okazji pomyśleć o nowym wale napędu pomp. Od 2000 roku wał napędu pomp produkowany jest według nowej specyfikacji materiałowej i tolerancyjnej co według Hitchcocka znacznie poprawiło trwałość elementu.



Fot.7. Oferowane przez Hitchcock's Motorcycles Ltd pompy o zwiększonym wydatku (PN. 200100 i 200101)

Parametry układów smarowania wariantów CI, CI z pompą Hitchcocka, AVL i UCE zestawilem w tabeli poniżej.

Wiadomym i zbadanym jest, że największe zużycie silnika na jednostkę czasu zachodzi podczas zimnego rozruchu i w pierwszych chwilach po nim. Dlatego tak ważne jest by olej jak najszybciej wypełnił układ smarowania i dotarł do węzłów tarcia. W UCE już po 3.6 sekundach od rozruchu układ jest napełniony olejem i smaruje wszystkie węzły tarcia podczas gdy w silniku CI pompa potrzebuje aż 30 sekund by doprowadzić olej jedynie do łożysk wału. Zakładając, że z racji położenia filtra w silniku CI nie jest on całkowicie pusty przy rozruchu daje to czas pomiędzy 15 a 30 sekund zanim olej dotrze do łożysk wału. Dla dźwigni zaworowych silnika CI ten czas jest jeszcze dłuższy gdyż najpierw olej musi dotrzeć do łożysk wału, wyciec z nich, zebrać się w skrzyni korbowej i dopiero stamtąd jest tłoczony do dźwigni zaworowych co w najgorszym wariantcie szacunkowo daje czas pomiędzy 45 a 60 sekund (!).

	Bullet CI	Hitchcock	AVL	UCE
Wydatek pompy oleju [l/min]	1litr/min przy 5500obr/min	1,53 litra/min przy 5500obr/min	2.42 litra/min przy 5500obr/min	9.5litra/min przy 5250obr/min
Całkowita poj. Układu smarowania [cm ³] (przybliżona)	100 cm³	100 cm³	100 cm³	120 cm³
Wydatek pompy przy obrotach 1100/min [cm ³ /min]	200 cm³/min	306 cm³/min	484 cm³/min	1990 cm³/min
Czas napełnienia układu smarowania [s] przy obrotach 1100/min	30s	19s	12s	3.6s

Przy łożyskowaniu tocznym zwłoka smarowania nie jest krytycznym parametrem jak w przypadku łożyskowania ślizgowego. Stąd szczególnie niekorzystna sytuacja panuje w silniku CI bo na samym końcu (szacunkowo w najgorszym przypadku po 45-60 sekundach od rozruchu) olej dociera do dźwigni zaworowych, które są łożyskowane ślizgowo i do czasu dotarcia do nich oleju pracują na sucho.

Silniki chłodzone powietrzem opływającym cylinder w czasie jazdy motocykla (bez wymuszonego obiegu) pracują w sposób ciągły w warunkach nieustalonych. Innymi słowy silnik jest to schładzany to rozgrzewany nie mogąc uzyskać balansu pomiędzy generowanym a odbieranym ciepłem. Olej więc pełni również funkcję chłodzenia silnika w stopniu znacznie wyższym niż to ma miejsce w silnikach chłodzonych cieczą. Stąd fabryczne luzy montażowe takiego silnika muszą być większe niż w silnikach chłodzonych cieczą. Naturalną konsekwencją jest większa hałaśliwość pracujących mechanizmów. Dlatego przy tego rodzaju chłodzeniu tak ważny jest wydatek pompy w układzie smarowania, który przekłada się bezpośrednio na ilość odebranego przez olej ciepła w jednostce czasu a więc na możliwość długotrwałej pracy silnika pod dużym (nominalnym) obciążeniem.

Podsumowanie

Uważam że warto zainwestować w zestaw pomp o większym wydatku koniecznie w komplecie z nowym wałkiem napędu pomp firmy Hitchcock i ulżyć swemu Bulletowi CI w niełatwych warunkach pracy.

Zestaw zaworu bezpieczeństwa (również firmy Hitchcock) upuszczający olej do pokrywy popychaczy uważam raczej za bezcelowy, szczególnie jeśli zastosujemy mniejsze sprężyny dociskające głowiczki pomp do gniazd zalecane również przez Hitchcocka.

Pompa o większym wydatku przyczyni się do powstania większej, bardziej intensywnej mgły olejowej w skrzyni korbowej (cały olej z lewej pompy uchodzi przez wirujący czop korbowy). Nie podniesie to jednak ciśnienia w skrzyni korbowej więc nie spodziewał bym się ryzyka wycieków. Należy jednak wziąć pod uwagę, że mgła olejowa tworzona przez czop korbowy jest wykorzystywana do smarowania gładzi cylindrowej. Tak jest we wszystkich współczesnych silnikach za wyjątkiem tych ze specjalnym natryskiem oleju na gładź cylindra. Z większą podażą oleju na cylinder muszą poradzić sobie pierścienie zgarniające obliczone na inne warunki pracy. Może więc potencjalnie pojawić się większe zużycie oleju, który pozostawiony na ściankach cylindra przez pierścień zgarniający zostanie zwyczajnie spalony. Ryzyko tego zjawiska się zwiększa w silnikach o większym przebiegu. Czy tak rzeczywiście będzie się dziać to pokaże praktyka. Pewną odpowiedź mogą dać użytkownicy modelu AVL z pompą o znacznie większym wydatku, zakładając, że silniki AVL mają identyczne pierścienie z modelem CI, oraz oczywiście użytkownicy zestawów Hitchcocka zainstalowanych w silnikach CI.

Jacek Gembara

Bibliografia:

1. "Royal Enfield Bullet Engines and Wet Sumping" – Richard Ross for <http://www.hitchcocksmotorcycles.com>
2. "Royal Enfield Unit Construction(UCE) Engine vs Royal Enfield Cast Iron (CI) Engine" - Jay Prashanthon.

źródła zdjęć i rysunków:

1. Rys.1; 4. – "Workshop Maintenance Manual for the Royal Enfield 350 Bullet and 500 Bullet" – Hitchcock's Motorcycles Ltd.
2. Rys.2. - „FOUR STROKE LUBRICATION” http://www.dansmc.com/4_stroke_oilpump.htm
3. Rys.3; 7. - "Workshop Maintenance Manual for the Royal Enfield 350 Bullet and 500 Bullet" – Hitchcock's Motorcycles Ltd. – zmodyfikowany przez autora.
4. Rys.5. „BULLET OIL PUMP SPINDLE” - Hitchcock's Motorcycles Ltd.
5. Rys.6. i fot. obok – "Zbuduj własną maszynę parową” <http://www.elektroda.pl/rtvforum/topic626199-780.html>
6. Fot.1; 2; 3; 4; 7 - Hitchcock's Motorcycles Ltd. www.hitchcocksmotorcycles.com
7. Fot.5. - https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Royal_Enfield_Bullet_500_-_2002_model.jpg
8. Fot.6. – „Oil Cooler Assembly for Royal Enfield Thunderbird 350 AVL” <http://sudarsun.in/blog/2011/05/oil-cooler-assembly-for-royal-enfield-thunderbird-350-avl/>