

Анализ на неизправностите на плъзгащите лагери в автотракторни двигатели

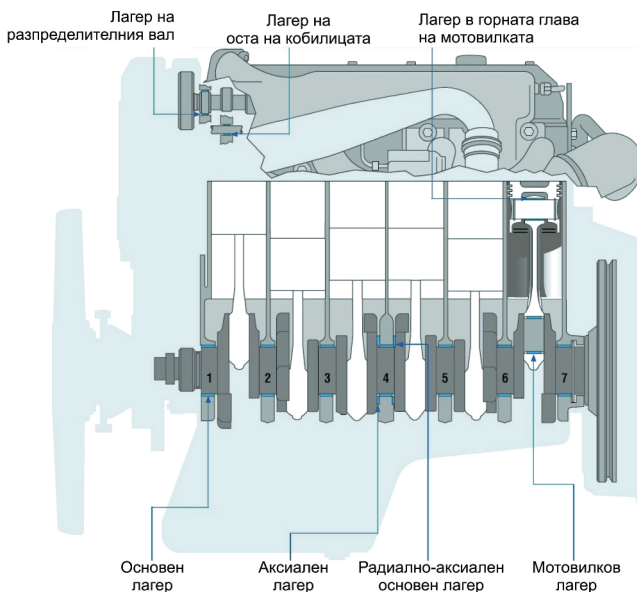
Пламен Кангалов

Fault analysis of Sliding Bearing in Internal Combustion Engines: This paper explores different types of sliding bearings used in internal combustion engines, requirements for anti-friction materials, working conditions, possible defects and their causes.

Key words: Fault analysis, Sliding Bearing, Main bearing, Connecting Rod Bearing, Crankshaft Mechanism, Camshaft Mechanism, Wear, Corrosion, Fatigue.

ВЪВЕДЕНИЕ

Надеждността автотракторните двигатели използвани при земеделската, път-но-строителната, транспортната и карьерна техника в голяма степен се определя от скоростта на износване и способността за предпазване от внезапни откази на двоицата вал-плъзгащ лагер. Значителна част от отказите при двигателите (45-60%), се дължат на неспазване на правилата и технологиите за производствено използване, обслужване, поддържане и ремонт, а също така и някои конструктивно-технологически дефекти. По-ниските показатели на надеждност на ремонтираните машини често се дължат на недостатъчното качествено дефектоване на детайлите, ниското ниво на технологичното оборудване използвано при ремонта и влагането в ремонтираните двигатели на неоригинални резервни части, или такива възстановени чрез технологии несъответстващи на техническите изисквания към детайлите. Показателите на надеждност на съвременните двигатели се определят от основните ресурсопределящи елементи като колян вал, плъзгащи лагери, бутало-цилиндрова група, турбокомпресор, като на тях се падат до 35 % от отказите.



Фиг. 1. Плъзгащи лагери в съвременните двигатели

За повишаване на надеждностните показатели (безотказност, трайност) на ремонтните двигатели е необходимо да бъдат анализирани основните неизправности които се констатира при дефектоването на плъзгащите лагери, тъй като те дават информация за състоянието на другите съпрегаеми детайли, за състоянието на маслената система, също така и за качеството на обслужване и ремонт.

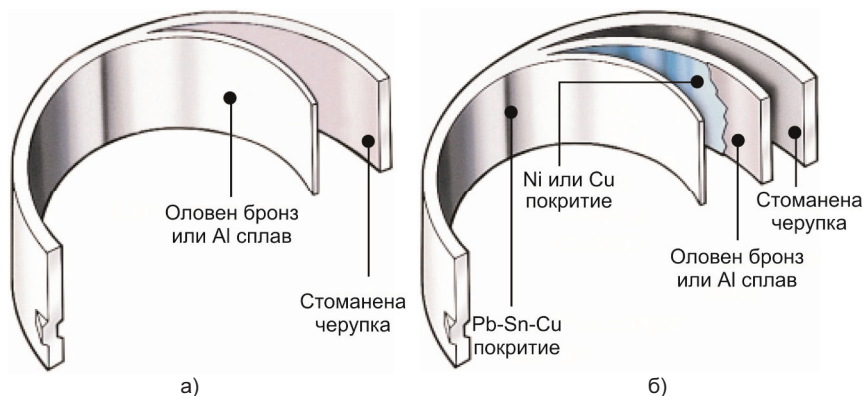
ИЗЛОЖЕНИЕ

Анализ на конструкцията, условията на работа и възможните дефекти при плъзгащите лагери от автотракторните двигатели.

Едни от най-отговорните детайли в конструкцията на съвременните автотракторни двигатели са плъзгащите лагери. Този на пръв поглед несложен и с ниска цена (спрямо детайлите с които е в двоица) детайл в голяма степен определя надеждностните показатели на автотракторните двигатели. Основните и ресурсопределящи механизми в двигателя работят с плъзгащи лагери (Фиг.1)

Изискванията към антифрикционните сплави от които се изработват плъзгащите лагери са много на брой и някои от тях са противоречиви. От тях се изисква да бъдат достатъчно меки (пластични) и в същото време да имат необходимата твърдост, която се осигурява от кристалния скелет на сплавта. Този твърд скелет поема и равномерно предава натоварването на шийката на вала към корпусния детайл. Ако лагерът не е достатъчно пластичен, натоварването ще има концентричен характер, което би довело до бързо износване както на лагера, така и на вала. Освен това лагерната сплав трябва да има малък коефициент на триене, да осигурява добро мокрене, да има достатъчно висока температура на размекване, да е устойчива на циклично променливи натоварвания, да има добра обработваемост и добри леярски качества, да е евтина и др.

В съвременните двигатели се използват различни тънкостенни плъзгащи лагери [1, 2, 3, 4] (фиг.2). Двуслойния плъзгащ лагер (фиг.2, а) се състои от стоманена черупка с дебелина от 1 до 4 mm, с нанесена върху нея антифрикционна сплав на основата на медта или алуминия (оловен или алуминиев бронз) с дебелина 0.20...0.40 mm.



Фиг.2. Тънкостенен плъзгащ лагер: а) двуслоен; б) трислоен

При по-отговорни и тежконатоварени двигатели, каквито са автотракторните се използват многослойни плъзгащи лагери (фиг.2, б), при които върху подслой с дебелина 1...2 μm , се нанася галванично покритие на основата на оловото и калая (Pb-Sn-Cu) със съдържание на Sn – 8...12%, Cu - 2...5% и , Pb до 100 %. Дебелината на

гальваничното покритие е в рамките на 12...25 (50) μm .

Някои производители нанасят върху последния слой покритие от чист калай Sn с дебелина 1...2 μm , което защитава лагера от корозия при съхраняването му а също така има много добри противозадирни свойства, което повишава безотказността на триещите се двоци в процеса на сработване. С цел предотвратяване на фретинг износването, върху обратната страна на стоманената черупка се нанася меко покритие от калай Sn, мед Cu с дебелина 0.5...1.5 μm .

В процеса на работа на двигателя, в следствие на работните спомагателните и най вече под въздействие на вредните процеси се изменя техническото състояние на детайлите [3, 4]. При триенето при плъзгане износването на плъзгащите лагери протича под въздействието на редица фактори които могат да се групират в следните групи:

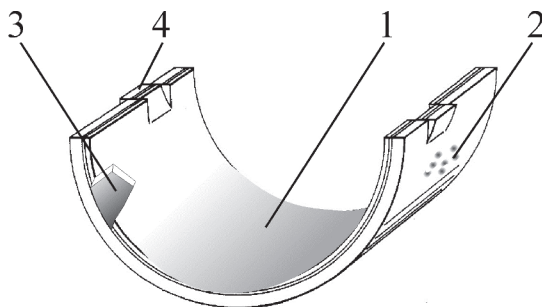
1. Фактори свързани с режима на триене (натоварване; динамика на натоварването; скорост на приплъзване; динамика на скоростта на приплъзване; температурен режим и др.)

2. Фактори свързани със средата на триене (начин на смазване; количество, качество, стабилност и замърсеност на маслото; наличие на абразив и качество на премахване на продуктите от износването от зоната на триене и др.)

3. Фактори свързани с формата и свойствата на триещите се повърхности (физико-механични свойства на триещите се повърхности (химически и фазов състав, твърдост, уморна якост и др.); макро и микрогеометрия на триещите се повърхности и др.)

4. Фактори свързани с жизнения цикъл на двоицата (качество на производство, сглобяване, разглобяване, ремонт и обслужване).

Под въздействието на споменатите по-горе фактори плъзгащите лагери в резултат на триенето се износват и губят своята работоспособност, което води до откази на триещите се двоци в машините и значителни разходи на средства (от престои на техниката, разходи за резервни части и ремонт).



Фиг.3. Дефекти при черупков плъзгащ лагер:

1 - износване на антифрикционния слой; 2 - фретинг износване на опорната повърхност; 3 - умора и корозия на антифрикционния слой; 4 - износване на челото и фиксиращото ухо.

Според съвременните разбирания на фирмите производителки на плъзгащи лагери при нормални условия на сглобяване, използване, поддържане и ремонт следи от износване на антифрикционния слой на лагера има 1/3 до 1/2 от площта на лагерната черупка, като петното на износване е равномерно разпределено по широчината и. Такова износване се реализира при следните условия: правилен монтаж на предписаните в техническите изисквания на машината плъзгащи лагери; вал с правилна геометрична форма на шийките и качествено обработена повърхност; стриктно спазване периодичността на техническо обслужване на системите на машината и

замяна на филтриращите елементи в съответствие с изискванията на фирмата производител; предотвратяване попадането на гориво и охладителна течност в смазочната течност; използване на масла съответстващи на стандартите по вискозитет (SAE) и качество (API); контрол на условията на използване, за предотвратяване претоварване, прегряване, нехарактерен скоростен режим [4].

Под въздействието на гореописаните фактори в резултат на процесите на триене, износване, корозия, натрупване на замърсявания, деформацията и умората на материалите плъзгащите лагери губят своята работоспособност. На фиг.3 са показани възможните дефекти които възникват при работата на плъзгащите лагери. Най-често срещаните дефекти при плъзгащите лагери могат да бъдат групирани по следния начин:

Абразивно износване на работната повърхност на плъзгащия лагер (фиг.4, а) в следствие на попадане на абразивни частици и замърсявания в хлабината между вала и лагера. Причина за този дефект може да е неизправност в маслената система (замърсен филтър, неизправен предпазен клапан), некачествено почистване на маслените канали при ремонта на двигателя или повишено количество на продукти от износването от други детайли в двигателя.



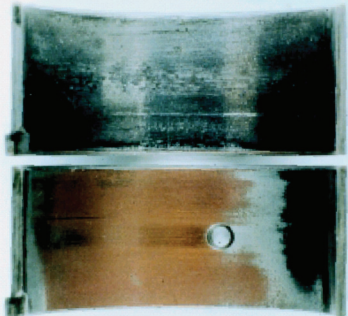
Фиг.4. Дефекти при плъзгащите лагери

Местно износване на работните повърхности на основните лагери (фиг.4, б) на КММ. Този дефект се дължи на деформация на цилиндровия блок и несъосност на леглата на основните лагери.

Местно износване на работните повърхности на лагера съответстващо на дефект на обратната страна на черупката (фиг.4, в). Причина за този дефект е попадане на замърсявания между лагера и лагерното гнездо, локално повреждане на лагерното гнездо или обратната повърхност на лагера.

Местно износване на противоположните страни на работните повърхности на мотопилковите лагери (фиг.4, г). Причина за този дефект е изкривяване или усукване на мотопилката или отклонение от формата на шийките на колянвия вал.

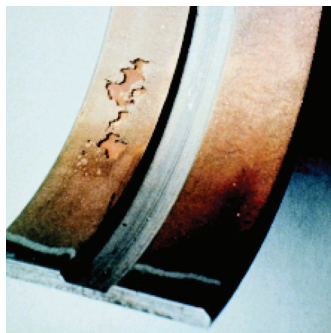
Силно износване и задиране на работните повърхности на лагерите (фиг.4,д). Причина за този дефект е неправилно шлифование и полиране на колянвия вал (не е спазена посоката на въртене при шлифването) или груба обработка на шийките на вала (прекалено голяма грапавост).



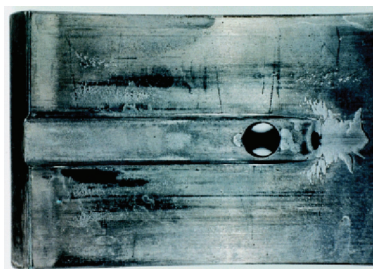
а)



б)



в)



г)



д)

Фиг.5. Дефекти при плъзгащите лагери

Други възможни дефекти при плъзгащите лагери са: *корозия на лагерната повърхност* в резултат на използване на некачествено масло или смесването му с охладителна или горивна течност (фиг.5, а); *уморно разрушаване на повърхностния слой на антифрикционния материал* (фиг.5, б), в резултат на цикличните претоварвания на повърхностния слой; *умора и откъртване на основния антифрикционен слой* (фиг.5, в); *кавитационно разрушаване на повърхностния слой* (фиг.5, г); *фретинг износване на опорната повърхност на лагера* (фиг.5, д).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В резултат на проведеното проучване и анализ могат да бъдат направени следните изводи:

1. Проучени са и са анализирани са началните структурни характеристики на плъзгащите лагери.
2. Класифицирани са факторите влияещи върху характера на износването на плъзгащите лагери;
3. Установени са причините за загубата на работоспособността, естественото и патологично износване на плъзгащите лагери от автотракторната и земеделска техника;

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Mc Geehan, J. and Ryason, P., "Million Mile Bearings: Lessons From Diesel Engine Bearing Failure Analysis," SAE Technical Paper 1999-01-3576, 1999.
- [2] Damage brochures for engine components and filters. Mahle Aftermarket Technical Information, 2012. – 76 p.
- [3] Neale Consulting Engineers, Plain Bearing Failures, <http://www.tribology.co.uk/>
- [4] Stachowiak, G. W. Batchelor A.W. Engineering tribology.-- 3rd ed. Elsevier Butterworth-Heinemann; 2005 – 831 p.

За контакти:

Доц. д-р инж. Пламен Кангалов, кат. "Ремонт, надеждност и химични технологии", Русенски университет "А. Кънчев", тел.: 082-888701, e-mail: kangalov@uni-ruse.bg

Докладът е рецензиран