

Анализ на неизправностите на колянните валове в коляно-мотовилковия механизъм на автотракторни двигатели

Пламен Кангалов

Fault Analysis of Crankshafts in the Crankshaft Mechanism of Internal Combustion Engine:
This paper presents the main defects in crankshafts, resulting from the working and mostly harmful processes going in the crankshaft mechanism of internal combustion engine.

Key words: *Fault analysis, Crankshaft, Crankshaft Mechanism, Wear, Corrosion, Fatigue.*

ВЪВЕДЕНИЕ

Анализа на надеждността на автотракторните двигатели проведен от редица изследователи [1, 2, 3] показва, че 25-30 % от отказите на земеделската, строителната и транспортна техника се дължи на откази в двигателя. Значителна част от внезапните откази (45-60 %), се дължат на неспазване на правилата и технологиите за производствено използване, обслужване, поддържане и ремонт на двигателите а също така и някои конструктивно-технологически дефекти. Двигателите след текущ и основен ремонт имат още по-ниски показатели на надеждност, което се дължи 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 (твърдост, грапавост, периодичен микрорелеф, износоустойчивост, физико-химичен състав и др.). Показателите на надеждност на съвременните двигатели се определят от основните ресурсопределящи елементи като колянния вал, плъзгащи лагери, бутало-цилиндрова група, турбокомпресор, като на тях се падат до 35 % от отказите.

За повишаване на надеждностните показатели (безотказност, трайност) на коляно-мотовилковия механизъм е необходимо да бъдат анализирани основните неизправности които се констатират при ремонта на двигателите, като е необходимо при дефектоването на детайлите да се проверява за наличието на всеки един от възможните дефекти.

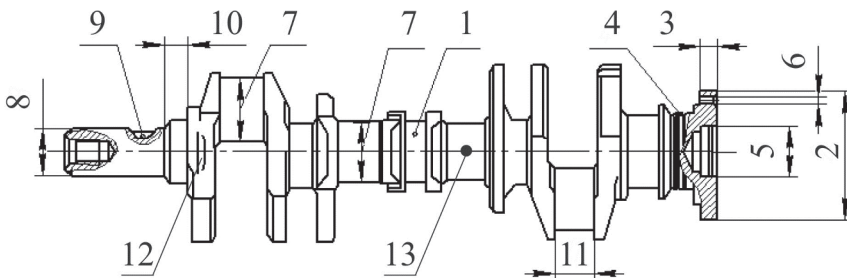
ИЗЛОЖЕНИЕ

Анализ на условията на работа и възможните дефекти при колянните валове от автотракторни двигатели.

Колянните валове за двигатели с вътрешно горене (ДВГ) [3, 4] от земеделската и автотракторната техника и по-специално за дизеловите ДВГ трябва да притежават висока якост на умора при огъване и усукване, малка чувствителност към концентрации на напрежения и висока износоустойчивост. На тези изисквания отговарят средноуглеродните стомани 45, 45А, 45Г2, 50Г; легираните стомани 45ХН, 40ХНМА, 18ХНВА, също така и високояките чугуни със сфероидална форма на графитните включения, чугуни легирани с манган, никел и молибден. За увеличаване на трайността на валовите изработени от стомана се извършва повърхностно закаляване с ТВЧ на дълбочина 3-5 mm. Други методи за повишаване на износоустойчивостта са азотирането, навъглеродяването, и карбонитрирането и други химик-термични обработки на повърхностните слоеве. След окончателната механична обработка (шлифоване, суперфиниширане, полиране) отклонението от формата и размерите на шийките на валовите трябва да бъде по-голямо от 0,005-0,01(0,02) mm. Грапавостта на обработените повърхности трябва да бъде не повече от 0,15-0,32 μm по Ra.

В процеса на работа на автотракторните двигатели, в следствие на работните спомагателните и най вече под въздействие на вредните процеси се изменя техническото състояние на детайлите. Основна причина за възникване на неизправностите при детайлите това са процесите на триене, износване, корозия, натрупване на

замърсявания, деформацията и умората на материалите. На фиг.1 са показани възможните дефекти които възникват при работата на колянните валове.



Фиг.1. Дефекти при колянните валове:

- 1 – деформация на вала; 2 – износване на външната повърхност на фланеца; 3 - биене на фланеца; 4 - износване масло-уплътняващите канали; 5 – износване на лагерното гнездо на фланеца; 6 – износване на резбовите отвори за закрепване на маховика;
- 7 – износване на основните и мотовилкови шийки; 8 – износване на шийката за монтаж на зъбното колело и ремъчната шайба; 9 - износване на шпоночния канал по ширина;
- 10 - увеличена широчина на първата основна шийка; 11 - увеличена широчина на мотовилковите шийки; 12 – наличие на уморни микропукнатини; 13 – запушване на маслените канали

На износването на шийките на колянния вал влияят физико-механични, химични и други фактори. Естественото износване на шийките се изразява в постепенното изменение на размерите и формата им. Неравномерното износване на шийките се обяснява с действащите при работа на двигателя сили върху детайлите на колян-мотовилковия механизъм. Действащите върху шийките сили се променят по големина и посока на всеки работен цикъл на двигателя, като по този начин се стремят да огънат или усучат колянния вал. Действието на тези сили предизвикват еластични напрежения, а в някои случаи и пластични напрежения и остатъчни деформации. В случай на съвпадение на направлението на газите и инерционните сили, от едната страна, и с вътрешните еластични напрежения, от друга страна, амплитудата на колебание на вала нараства, което след определено време води до поява на пукнатини в най-напрегнатите места. По-нататъшно развитие на тези пукнатини на умора може да предизвика скъсване на вала.

Посоката на действие на силите върху мотовилковите шийки определя, че те ще се износват най-много по повърхността, обърната към осевата линия на колянния вал. Износването на мотовилковите шийки и основните шийки на колянните валове е различно, но в повечето случаи се наблюдава едностранно износване, което води до изменение на радиуса на коляното. За дизеловите двигатели това е от съществено значение. Конусното износване на мотовилковите шийки се обяснява преди всичко от конструктивните особености на колянния вал. Така например при колянни валове с наклонени маслени канали образуваните капки от маслото се отнасят предимно в едната страна на мотовилковата шийка, която се износва повече. Това се избягва при колянни валове с центробежни уловители.

На конусообразното износване на мотовилковите шийки оказва влияние още и несиметричното разпределение на масата на мотовилките и нарушената перпендикулярност на мотовилките. Конусното износване на основните шийки е сравнително по-малко. В най-общия случай наличието на конусност води до несъосие между мотовилките и буталата, вследствие на което цилиндрите се износват усукорено, като максималното износване се измества по надлъжната равнина на двигателя. Освен конусност и овалност, износените шийки може да приемат бъчвообразна форма. Главните причини за това е голямата хлабина в съединението бутало-цилиндър.

На скоростта на износване на колянвия вал освен горните фактори оказва влияние недопустимата разлика в теглото на детайлите от бутало-мотовилковата група, което може да се доведе до значителни колебания на колянвия вал. Това ускорява неговото износване и износването на лагерите.

Поради по-тежките условия на работа мотовилковите шийки се износват с по-голяма скорост в сравнение с основните. Обикновено при възстановяването на колянвия вал заедно с износените мотовилкови шийки се шлифват и основните. Това се обяснява с недостатъчния остатъчен ресурс на частично износените основни шийки, т.е. нарушено е условието за кратност на междуремонтните срокове на мотовилковите и основните шийки. Освен това поради различия в едностранното износване на основните шийки съседно на колянвия вал се нарушава, което увеличава напрегнатостта му и намалява запаса от якост.

В резултат на гореописаните условия на работа на коляно-мотовилковия механизъм могат да се открият следните най-често срещани дефекти при колянвите валове:

- *Следи от абразивни частици на основните и мотовилковите шийки* (фиг.2, а), дължащо се на попадане на твърди тела с размер по-голям от хлабината в довицата вал-лагер, което е вероятно да се получи при достатъчно голяма отработка на двигателя. Този дефект може да се получи и при неизправност в маслената система (некачествено почистване на маслото от масления филтър или дефект в предпазния клапан на маслената система);

- *Значително износване и следи от задиране на основните и мотовилковите шийки* (фиг.2, б), което се получава в следствие на: неправилно подбран скоростен и товарен режим, понижено налягане на маслото, понижено ниво на маслото, некачествено или неправилно подбрано масло, нисък вискозитет на маслото в следствие на прегряване или попадане на дизелово гориво в маслото; голяма замърсеност на маслото и масления филтър;

- *Значително износване на повърхностите контактуващи с аксиалните лагери* (фиг.2, в), причината за което най-често е: неизправност в задвижването на съединителя, продължителна работа на двигателя на място с включен съединител и движение на полусъединител;

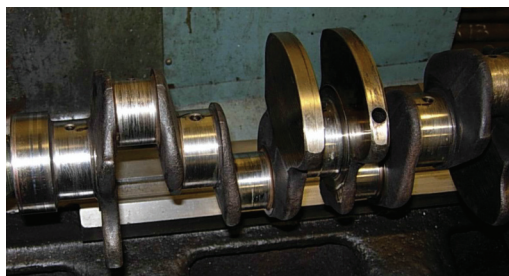
- *Деформация и усукване и биене на колянвия вал* (фиг.2, г) – този дефект се среща най-често при колянови валове с голяма дължина, при редови двигатели с голям брой цилиндри. Деформацията се получава в резултат на знакопроменливото натоварване и наличието на остатъчни напрежения при производството им и преразпределянето на напреженията в резултат на стареенето на материалите. Възможно е деформация и усукване на вала да се получи в резултат на ударно натоварване.

- *Уморни микрорукнатини на колянвия вал* (Фиг.2д) – това е може би най-опасния дефект, който може да доведе до уморно разрушаване на вала при напрежения значително по-ниски от границата на провлачване за дадения материал. Уморното разрушаване на вала може да доведе до разрушаването и на другите детайли и бракуването на целия двигател. Причина за възникването на уморни микрорукнатини са: знакопроменливите натоварвания, наличието на дефекти при производството на вала, дебалансирането на коляно-мотовилковия механизъм особено при V – образните двигатели, наличието на концентратот на напрежението поради липсата на закръгления (холкер) на шийките на вала след шлифване на ремонтен размер, наличието на повърхностни дефекти, които играят ролята на концентратори на напрежението.

- *Износване и разрушаване на шпоночните канали и монтажните повърхнини за монтиране на зъбните колела, шайби и лагерни гнезда и резбовите съединения.* Тези дефекти се получават при неправилно затягане и монтаж на зъбните

колела, шайбите, маховиците, лагерите и биенето им.

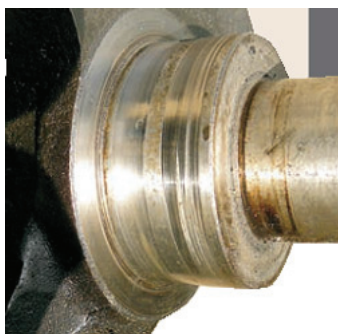
- Износване и драскотини на маслоуплътняващите канали, което се получава в следствие на: голяма замърсеност на маслото и масления филтър; попадане на замърсявания при монтиране на уплътнението.



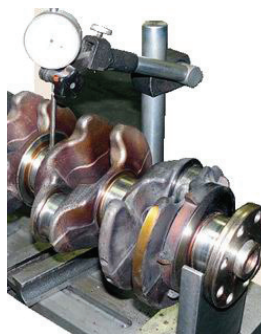
а)



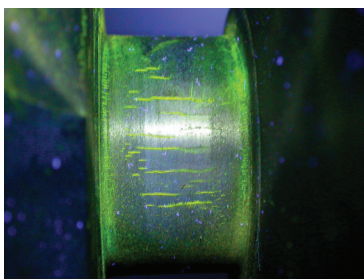
б)



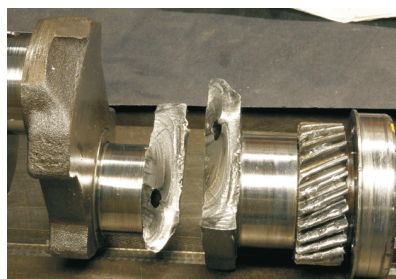
в)



г)



д)



е)

Фиг.2. Дефекти при коляновите валове от автотракторни двигатели
а) следи от абразивно износване и задиране; б) значително износване и следи от задиране; в) износване на повърхностите контактуващи с аксиалните лагери;
г) дефектоване на деформиран колянов вал; д) луминисцентно магнитно дефектоване на уморни микропукнатини; е) разрушен от умора колянов вал.

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 колянните валове (материал, твърдост, точност на изработване, допустими отклонения от формата, грапавост, направление на шлифоване и др.)

2. Анализирани са условията на работа и причините за получаване на различните дефекти при колянните валове.

3. Систематизирани са основните дефекти на колянните валове от автотракторни двигатели.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Кулаков Александр Тихонович. Повышение надежности автотракторных дизелей путем совершенствования процессов смазки, очистки и технологии ремонта основных элементов: диссертация ... доктора технических наук : 05.20.03 / Саратов, 2007.- 564 с.

[2] Сидоров А.И. Восстановление деталей напылением и наплавкой. – М.: Машиностроение; 1987. – 192 с.

[3] В. Bertsche, Reliability in Automotive and Mechanical Engineering. VDI-Buch, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2008. – 488 p.

[4] Diesel engine reference book / edited by Bernard Challen, Rodica Baranescu. Butterworth-Heinemann, 1999. – 675 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.