

заново, а также конструировать и изготавливать технологическую оснастку и инструмент;

– облегчить концентрацию производства на одном и том же производственном участке;

– использовать принципы серийного производства (поточность производства, высокопроизводительное оборудование и оснастку и др.);

– значительно сократить сроки подготовки производства;

– сократить объем документации (примерно в 2–3 раза), а также снизить трудоемкость ее заполнения на 40–50%.

Это достигается за счет исключения подробной записи повторяющихся операций или переходов, т.к. достаточно указать только шифр этой операции или переходов:

– облегчить процедуру освоения изделий исполнителями;

– ввести единую систему технологических понятий и терминов;

– повысить качество технологической документации и выпускаемых изделий;

– использовать для обработки данных, а также для разработки техпроцессов ср. вычислительной техники.

Экономический эффект от внедрения стандартов на технологические процессы и их элементов определяется в соответствии с «Основными методическими положениями по расчетам экономической эффективности внедрения ЕСТПП в народное хозяйство» утвержденных Госконтрактом.

Область применения стандартных технологических процессов как правило на уровне предприятия, объединения и отрасли.

В.М. Сорокин
ФБОУ ВПО «ВГАВТ»

ОСНОВНЫЕ ПРИЧИНЫ ИЗНАШИВАНИЯ ДЕТАЛЕЙ СУДОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Многие изделия в большинстве случаев теряют работоспособность вследствие отказа (износа) одной или нескольких деталей. Так для двигателей внутреннего сгорания (ДВС), дизелей различных машин (автомобилей, тракторов, судов и другой техники) лимитирующими являются детали цилиндропоршневой группы (ЦПГ), кривошипно-шатунного механизма (КШМ) и др. Их износ определяет ресурс двигателя до капитального ремонта. При эксплуатации для разных двигателей характерны большие колебания величин износа, что обусловлено различным качеством их изготовления (технологический фактор) и различными условиями эксплуатации и обслуживания (эксплуатационный фактор) [1].

Детали ЦПГ подвергаются коррозионно-механическому водородному, абразивному изнашиванию, причем, согласно последним исследованиям, ведущим видом изнашивания этих деталей является абразивное и сопутствующее ему водородное. Наряду с абразивным, водородным коррозионно-механическим изнашиванием в местах, где нарушается непрерывная масляная пленка (в верхней части цилиндра), возможно схватывание, а в отдельных случаях – даже появление задиров.

Водородное и коррозионно-механическое изнашивание деталей ЦПГ вызывается наличием в зоне трения агрессивных веществ – газообразных и жидких продуктов сгорания топлива и окисления масел, что в сочетании с высокой температурой ведет к образованию водорода, непечных пленок окислов и их последующему удалению. Коррозии и сопутствуют и электрохимические процессы.

Абразивное изнашивание деталей ЦПГ в основном вызывается абразивными час-

тицами минерального происхождения, проникающими в цилиндр с воздухом, топливом и смазочным материалом. Цилиндры изнашиваются неравномерно как по их образующей, так и в поперечном сечении.

Неравномерность износа цилиндров в поперечном сечении зависит от направления потока горючей смеси, ее загрязненности, неравномерности температуры цилиндров по окружности, давления поршневых колец, деформации цилиндра и т.д.

Зона наибольшего износа обычно расположена в стороне, противоположной впускному каналу. В плоскости, перпендикулярной оси коленчатого вала, износ обычно больше в 1,1–1,6 раза, чем в плоскости параллельной оси коленчатого вала.

Максимальный износ по образующей цилиндра (гильзы) наблюдается в месте остановки первого компрессионного кольца при положении поршня в верхней мертвой точке (в. м. т.).

Иногда для повышения износостойкости цилиндра в него запрессовывают вставку из нерезистового чугуна. В этом случае профиль износа цилиндра имеет два пика: в месте остановки первого компрессионного кольца в в. м. т. и в зоне перехода материала вставки в материал цилиндра.

Поршневые кольца изнашиваются в радиальном направлении и по высоте. Наибольший износ в радиальном направлении имеют концы колец у стыка. По высоте кольца изнашиваются примерно одинаково по всему периметру. Максимальный износ имеют в наиболее тяжелых условиях (высокие давления и температуры, плохая смазка). Вторые и третьи компрессионные кольца, а также масло-съемные кольца изнашиваются меньше.

В поршнях наиболее изнашиваемым элементом является канавка под верхним компрессионным кольцом, остальные элементы поршня, в том числе юбка, изнашиваются незначительно. Изнашивание канавки поршня и кольца носит преимущественно абразивный характер, однако действие окислительной среды отработавших газов и высокой температуры существенно повышает возможность водородного изнашивания. Особенно высока интенсивность абразивного изнашивания канавки поршня и кольца при высокой запыленности окружающего воздуха и неудовлетворительной очистке его перед поступлением в цилиндр. В результате износа компрессионных колец и канавок поршня уменьшается компрессия и увеличивается прорыв газов из цилиндра в картер, что резко ухудшает работу двигателя.

Износ поршневого пальца, отверстий в верхней головке шатуна и в бобышке поршня в современных двигателях относительно невелик, и долговечность этих сопряжений обычно не лимитирует срок службы цилиндропоршневой группы.

Детали КШМ (подшипники скольжения, шейки коленчатого вала) работают в условиях гидродинамической смазки. Однако при холодных пусках двигателя из-за недостаточной смазки возникает режим граничной смазки и даже сухого трения, что ведет к интенсивному водородному изнашиванию. Кроме того, в подшипниках коленчатого вала из-за наличия в масле абразивных частиц происходит абразивное изнашивание.

У двигателей с рядным расположением цилиндров коренные шейки обычно изнашиваются меньше (на 25–50%), чем шатунные, у V-образных двигателей коренные шейки изнашиваются больше, чем шатунные (в 1,5–2,0 раза).

У всех двигателей в шатунных подшипниках верхние вкладыши изнашиваются больше нижних, а в коренных подшипниках – наоборот.

По окружности шейки коленчатого вала и вкладыши изнашиваются неравномерно, обычно максимальный износ шатунных шеек и вкладышей наблюдается со стороны, обращенной к оси коленчатого вала, а коренных шеек и вкладышей – со стороны противовесов.

Неравномерность износа подшипников скольжения кривошипно-шатунного механизма снижает их долговечность и может явиться фактором, лимитирующим долговечность всего двигателя.

В газораспределительном механизме изнашиваются следующие сопряжения: кулачок – толкатель, клапан – седло, стержень клапана – направляющая втулка, шейка распределительного вала – подшипник. Наибольший износ имеют первые две пары.

Пара кулачок – толкатель характеризуется высокими удельными давлениями и относительно высокими скоростями скольжения. Изнашивание этого сопряжения носит преимущественно водородный и усталостный характер, однако может происходить и задиры поверхностей, а также абразивное изнашивание частицами, поступающими с маслом. На износ пары кулачок – толкатель очень сильно влияет сорт и качество масла, а также надежность системы смазки.

Износ пары клапан – седло определяется высокими температурами, высокими давлениями и ударным характером приложения нагрузки. Обычно на изношенных поверхностях этого сопряжения наблюдается водородное и усталостное выкрашивание, прогорание клапана.

Основной вид изнашивания прецизионных деталей топливной аппаратуры дизелей – абразивное и водородное. Сопутствующими видами изнашивания являются схватывание и задиры поверхностей трения, гидроабразивное и кавитационное изнашивание. Абразивное изнашивание деталей плунжерной пары вызывается твердыми посторонними частицами, содержащимися в топливе. При этом, как правило, износ плунжера (подвижная деталь сопряжения), существенно больше износа втулки (неподвижная деталь) нагнетательный клапан изнашивается по запорному конусу, разгрузочному пояску и направляющему хвостовику, седло клапана – по отверстию. Для этой пары основным видом изнашивания является абразивное. Аналогичный характер изнашивания имеют игла и корпус распылителя, причем у этой пары абразивное изнашивание в отдельных случаях сопровождается схватыванием поверхностей.

В результате износа прецизионных деталей топливной аппаратуры увеличиваются зазоры, изменяются параметры топливоподачи, которые в свою очередь влияют на снижение характеристик работы всего дизельного двигателя.

Анализируя процессы изнашивания, возникающие при трении деталей двигателя и других изделий [2, 3] можно заключить, что основными факторами, определяется износ трущихся поверхностей являются следующие [1–3]:

- внедрение отдельных участков поверхности одной детали в сопряженную поверхность другой; при скольжении это вызывает образование неровностей поверхностей и при многократном воздействии их разрушение;
- адгезионное схватывание, приводящее к переносу материала одной детали на другую и усиление изнашивания;
- наводороживание поверхностей трения деталей; это ускоряет изнашивание в зависимости от условий работы трущихся деталей более чем в 10 раз.
- пластические деформации, приводящие к наклепу поверхностей и разрушению микронеровностей;
- окислительные процессы образующиеся при трении окисные плёнки; хотя они препятствуют схватыванию и глубинному вырыванию, но разрушаются быстро из-за их хрупкости.

В связи с перечисленными факторами защита от износа должна быть многофакторной. Применение для защиты от изнашивания только смазки хотя и предохраняет от схватывания (не весьма надежно), но не спасает от взаимного внедрения неровностей, пластического деформирования, окисления и разрушения окисных пленок и других необратимых процессов.

Разрушение поверхностей деталей, может происходить и без разрыва тонкой пленки смазки в результате многократного взаимодействия шероховатостей поверхности. Переход к гладкой поверхности при граничной смазке вызывает масляное голодание и схватывание в зоне контакта [1, 3].

При избирательном переносе защитные системы построены по принципу избыточности, так как сервитная пленка поглощает деформацию, а взаимное внедрение

неровностей деталей практически отсутствует, так как впадины между выступами шероховатостей поверхности заполнены веществом, обладающим свойствами смазки и способностью нести нагрузку, сервовитной пленкой. Кроме того, это вещество не уносится из зоны трения, а лишь поступает туда и удерживается там, т.е. обладает свойствами сохранности. Именно такой многофакторной защитой отличается от других видов трения явление избирательного переноса.

Действительно, при ИП сервовитная пленка исключает взаимодействие шероховатостей поверхностей, а электрический заряд частиц износа возвращает их в зону, контактного взаимодействия.

Необходимы также меры против окисления металлов, так как окисные пленки, разрушаясь при трении, составляют часть расхода металлов на износ. В режиме трения при ИП это достигается восстановительным характером химических процессов при трении. При ИП преодолеваются так же трудности, связанные с термической нестабильностью смазок и металлов. Это осуществляется за счёт усиленной интенсификации окислительных процессов продуктов трибодеструкции смазки и восстановлением окисных пленок меди до металла. Тогда создается возможность хемосорбции окисленных продуктов, образующихся в результате трибодеструкции смазочного материала на восстановленном металле с образованием комплексных соединений.

Свободное комплексное соединение (соединение, находящееся в масле) работает как ПАВ, в хемосорбированном виде оно создает прочный термодинамический защитный слой и, наконец, способствует обмену веществом сервовитной пленки со средой, хемосорбируясь на атомах со свободными связями, образующимися у выхода дислокаций. Таким образом, оно выполняет тройную функцию. Именно такой многофакторной защитой можно предотвратить многие процессы и явления, происходящие при трении, снизить износ деталей, повысить долговечность и ресурс сопряжений.

Список литературы:

- [1] Сорокин В.М., Курников А.С. Основы триботехники и упрочнения поверхностей деталей машин. Н.Новгород: Издательство ВГАВТ. 2006-292с.
- [2] Сорокин В.М., Тудакова Н.М. Анализ причин отказов деталей механических систем самолётов и пути обеспечения их долговечности./Наука производству. Современные задачи управления, экономики, технологии и экологии в машино и приборостроении: Матер. Всерос. Науч.-техн. конф. Арзамас: АФНГТУ. 1998-с. 63–65.
- [3] Сорокин В.М., Танчук С.С., Зотова В.А., Михеев А.В. Влияние финишной обработки отверстий на триботехнические характеристики соединений. Журнал РВМ. 2011, №6. с. 29–34.

В.М. Сорокин
ФБОУ ВПО «ВГАВТ»

СОВРЕМЕННАЯ ТРИБОЛОГИЯ И ОСНОВНЫЕ ПРИЧИНЫ ИЗНОСА УЗЛОВ ТРЕНИЯ МАШИН

Практика показывает [1,2 и др.], что основной причиной выхода из строя большинства узлов трения (до 90%) является преждевременный их износ. Большие расходы на ремонт машин, составляющие десятки миллиардов рублей в год, огромная его трудоёмкость определяют экономическую значимость проблемы износа.

Стремление повысить надёжность и долговечность машины привело специалистов-машиностроителей обратить своё внимание на подвижные, а также неподвижные сопряжения, бесперебойная работа которых связана с нормальным протеканием цело-