

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧЕРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ КАЗАНСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра «Технический сервис»

**«ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВИДОВ И ХАРАКТЕРИСТИК ИЗНАШИВАНИЯ И
ПОВРЕЖДЕНИЙ ДЕТАЛЕЙ»**

Методические указания к лабораторной работе

Казань-2013

УДК 631.3.004.67

ББК 40.72

Составители: к.т.н., доцент Кондратьев Г.И.,
к.т.н., доцент Шайхутдинов Р.Р.

Рецензенты: доцент Казанского ГАУ, к.т.н. Сидоров А.Е.
доцент Казанского ГАУ, к.т.н. Марданов Р.Х.

Одобрено и рекомендовано к изданию кафедрой «Технический сервис» (протокол № 3 от 08.10.2013г.) и методической комиссией института механизации и технического сервиса Казанского ГАУ (протокол №2 от 11.10.2013 г.).

Определение видов и характеристик изнашивания и повреждений деталей: Метод. указания /Казанский гос. аграрный ун-т; Сост.: Кондратьев Г.И., Шайхутдинов Р.Р. - Казань, 2013.- 16с.

Предназначено для студентов Института механизации и технического сервиса заочной и очной формы обучения и способствует формированию общепрофессиональных компетенций по направлениям «Агроинженерия» (ПК-6,ПК-12) и «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов» (ПК-15,ПК-35).

УДК 631.3.004.67

ББК 40.72

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

1. Научить виды изнашивания и повреждений деталей.
2. Ознакомиться с методами повышения износостойкости деталей и сопряжений.

2. СОДЕРЖАНИЕ ЗАДАНИЯ

1. Ознакомиться с оснащением рабочего места.
2. Изучить виды и характеристики изнашивания согласно ГОСТ 23.002-78.
3. Изучить дефекты деталей, не связанные с трением.
4. Составить паспорт конкретной детали (по заданию преподавателя) в котором указать ведущий и сопутствующий виды изнашивания, твердость на изношенных и неизношенных участках, пути повышения уровня надежности данной детали.

3. ОСНАЩЕНИЕ РАБОЧЕГО МЕСТА

1. Набор деталей с различными видами изнашивания.
2. Микроскоп.
3. Твердомер.
4. Лупа.
5. Ветошь.

4. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ

1. Все детали, особенно тяжелые (коленчатые валы, опорные катки и др.), во избежание их падения следует класть только на специально отведенные места и подставки.
2. При рассматривании деталей через лупу разрешается пользоваться переносной лампой напряжением не более 36 В.
3. Содержите рабочее место в чистоте и порядке.

5. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

5.1. Определение видов изнашивания по внешним признакам и условиям работы деталей

Изнашивание - процесс разрушения и отделения материала с поверхности твердого тела и (или) накопления его остаточной деформации при трении, проявляющийся в постепенном изменении размеров и (или) формы тела.

Износ деталей - результат их изнашивания, определяемый в установленных единицах (длины, объема, массы и т.д.), проявляющийся в виде отделения и (или) остаточной деформации материала.

Согласно ГОСТ 23.002-78 изнашивание подразделяется на три основных вида: механическое, коррозионно-механическое и изнашивание при действии электрического тока. В свою очередь, эти три основных вида разделены на 11 подвидов (см. таблицу 1).

Таблица 1 - Классификация видов изнашивания

Механическое изнашивание								Коррозионно-механическое изнашивание	Изнашивание под действием электрического тока	
Абразивное	Гидро-абразивное	Эрозионное	Гидро-газоэрозионное	Кавитационное	Усталостное	Изнашивание при фреттинге	Изнашивание при заедании	Окислительное	Изнашивание при фреттинг-коррозии	Электроэрозионное

Механическое изнашивание происходит в результате только механических взаимодействий материалов изделия (резание, выламывание частиц, пластическая деформация и т.д.).

Абразивное изнашивание - механическое изнашивание материала, происходящее в результате режущего и царапающего действия на него твердых частиц, находящихся в свободном или закрепленном состоянии.

Механизм этого вида изнашивания заключается в удалении материала изнашиваемой поверхности в виде очень мелкой стружки (микрорезание), либо частиц материала по сторонам пластически деформированной царапины (пластическое оттеснение), либо в виде частиц, хрупко отделяющихся при однократном или многократном воздействии.

Скорость этого изнашивания зависит от соотношения твердости материала детали и твердости абразивных частиц.

Абразивному изнашиванию подвержены рабочие органы сельскохозяйственных, мелиоративных и строительных машин, детали ходовой части тракторов и т.д. В деталях машин скорости абразивного изнашивания высоки (0,1...100 мкм/ч) что приводит к значительному искажению микрогеометрии. Поверхность трения при взаимодействии с абразивными материалами покрывается рисками, направление которых соответствует направлению движения абразивных частиц. Шероховатость поверхности, при этом может находиться в очень широких пределах.

Гидро-газоабразивное изнашивание - абразивное изнашивание в результате действия твердых частиц, взвешенных в жидкости или газе и перемещающихся по поверхности трения детали. Наличие в смазке, топливе и окружающей среде абразивных частиц весьма характерно для условий работы большинства деталей сельскохозяйственных тракторов (плунжерные пары, форсунки и т.д.). Исследованиями установлено, что такое изнашивание является главным фактором, ограничивающим ресурс сельскохозяйственных машин.

Эрозионное изнашивание - механическое изнашивание в результате воздействия потока жидкости и (или) газа.

Гидро-газоэрозионное изнашивание - эрозионное разрушение поверхности металла в результате воздействия потока жидкости (газа). Такому изнашиванию подвергаются шлицы вторичного вала коробки передач, выпускной клапан, детали насосов и др.

Кавитационное изнашивание - гидроэрозионное изнашивание поверхности при движении твердого тела относительно жидкости в условиях кавитации.

Кавитация возникает на тех участках, где нарушается сплошность потока жидкости, в результате чего образуются пустоты и полости, заполненные воздухом или паром. Попадая с потоком жидкости в область более высокого давления, пустоты (каверны) захлопываются и, если это происходит у поверхности детали, жидкость с большой скоростью ударяется о стенку (гидравлический удар) (рисунок 1). При наложении на поверхность металла огромного количества таких ударов образуются очаги разрушения. Кавитационному разрушению подвержены поверхности цилиндров двигателей внутреннего сгорания, лопасти водяных насосов, гребные винты.



Рисунок 1. Схема гидравлических ударов при сокращении кавитационного пузыря

Усталостное изнашивание - механическое изнашивание в результате усталостного разрушения при повторном деформировании микрообъемов материала поверхностного слоя (подшипников качения и скольжения, зубьев шестерен, кулачков и им подобных по условиям работы деталей). Этот вид изнашивания проявляется только после некоторого периода работы детали. Наиболее всего он наблюдается при трении качения с проскальзыванием, когда контакт деталей сосредоточен. Интенсивность изнашивания зависит от удельных давлений в сопряжении, частоты циклов нагрузки и свойств материала.

В начальной стадии усталостного изнашивания постепенно увеличиваются пластические деформации поверхностных слоев, повышаются остаточные напряжения, что приводит к возникновению микротрещин, которые в дальнейшем увеличиваются из-за коррозии и расклинивающего действия масла.

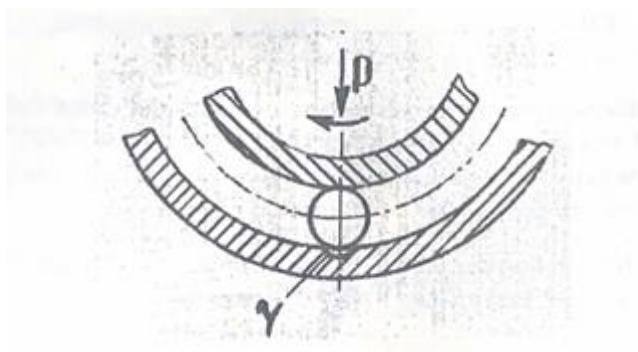


Рисунок 2 - Схема работы подшипника качения.

Так, при работе подшипника качения под действием значительной силы на малзерную площадь контакта шарика с беговой дорожкой металла на участке за доли секунды нагревается до 1000°C и, расширяясь, приводит к пластической деформации окружающих его слоев. При отходе шарика участок остывает и сокращается, при этом в металле возникают остаточные напряжения, приводящие к образованию микротрещин.

На твердых поверхностях усталостное изнашивание носит характер хрупкого разрушения, возникают местные глубокие выкрашивания и трещины. Линейный износ небольшой, но носит местный характер (очаговый износ), геометрия детали изменяется незначительно.

Усталостное изнашивание мягких поверхностей резко изменяет форму детали за счет больших пластических деформаций.

Изнашивание при фреттинге - процесс механического разрушения соприкасающихся тел при малых колебательных относительных перемещениях. Такие колебания могут вызываться вибрацией, периодическим изгибом или скручиванием сопряженных деталей, а также возвратно-поступательным перемещением. Для развития процесса достаточны относительные смещения от 1 до 100 мкм. Этот вид изнашивания наблюдается как в малоподвижных узлах (шлицевые соединения, пружины), так и в неподвижных соединениях в местах посадки (отверстие - кольцо подшипника, вал - кольцо - подшипника, болтовые и заклепочные соединения). Изнашивание при фреттинг-процессе в чистом виде практически не встречается (см. фреттинг-коррозию).

Изнашивание при заедании - изнашивание в результате схватывания, глубинного вырывания материала, переноса его с одной поверхности трения на другую и воздействия возникающих неровностей на сопряженную поверхность. Здесь к механическим процессам примешиваются молекулярные.

Повреждение поверхностей при заедании происходит следующим образом. Сначала наблюдается схватывание металлов на некотором участке поверхности контакта, возникающая связь нарушается, так как детали находятся в относительном движении и происходит разрушение слабейшего материала. На одной поверхности образуются углубление на месте уделенной частицы, на другой - выпуклость в виде прилипшей частицы. Через эту частицу начинает передаваться значительная часть нагрузки, и материал упрочняется, "прилипает", разрушая сопряженную поверхность. Такого рода схватывание возникает при трении скольжения с малыми относительными скоростями и при удельных давлениях, превышающих предел текучести на участках фактического контакта, при отсутствии смазки и защитной пленки окислов. В литературе такое изнашивание называют схватыванием 1-го рода (оси балансиров, втулки колес плуга).

При трении скольжения с большими скоростями и значительными давлениями происходит нагрев поверхностных участков трущихся металлов до высоких температур и разрушение пленок, что также приводит к схватыванию (вкладыши подшипников, поршни двигателей внутреннего сгорания). Такого рода изнашивание называют тепловым или схватыванием 2-го рода.

Окислительное изнашивание - коррозионно-механическое изнашивание при наличии на поверхности трения окисных пленок, образующихся при взаимодействии металла с кислородом или окисляющей окружающей средой (химическое поле). Окислительному изнашиванию подвержены такие детали как поршневые пальцы, шейка коленчатого вала и др.

При трении окисные пленки механически постепенно истираются или, отрываясь, удаляются со смазкой. Затем пленки образуются вновь и, процесс повторяется.

При трении скольжения окислительный износ, как правило, бывает ведущим. При трении и качения окислительный износ может сопутствовать усталостному износу и при нормальных (небольших) нагрузках может быть ведущим.

Скорость окислительного изнашивания невелика и составляет 0,1...0,5 мкм/ч. Окислительному изнашиванию сопутствует абразивное, роль абразива при этом могут играть оторвавшиеся окисные пленки.

Изнашивание при фреттинг-коррозии - коррозионно-механическое изнашивание, отличающееся от механического изнашивания при фреттинге наличием окислительных явлений. В сельскохозяйственных машинах механическое изнашивание при фреттинге практически не встречается, так как оно имеет место лишь при контактировании благородных металлов и неметаллических материалов, а также химически активных металлов в глубоком вакууме или сухих инертных газах.

Механизм фреттинг-коррозии состоит из трех основных периодов. На первой стадии наблюдается упрочнение поверхностей в точках контакта и разрушение естественных окисных пленок. На второй стадии накапливаются усталостные повреждения в подповерхностном слое и происходит разрушение вновь образовавшихся окисных пленок, вновь образующихся на поверхностях трения. Третья стадия связана с окончательным разрушением зон поврежденности, предварительно разрыхленных усталостным и коррозионным процессами.

Продукты износа при фреттинг-коррозии металлов являются их окислы, удаление которых из зоны контакта затруднено из-за малой амплитуды колебаний. Они по объему в 2...2,2 раза больше основного металла, перешедшего в окисное состояние, поэтому накопление продуктов износа сопровождается обычно местным увеличением напряжения, что усугубляет процесс фреттинг-коррозии. Если продукты фреттинг-коррозии имеют некоторый выход из зоны контакта, то это ведет к потере первоначальной посадки и ослаблению натяга контактирующих деталей. Если же продукты фреттинг-коррозии не имеют свободного выхода из зоны контакта, то в системе может возникнуть заедание или заклинивание.

Электроэрозионное изнашивание - эрозионное разрушение поверхности в результате воздействия разрядов при прохождении электрического тока (коллектор, щетки, детали прерывателя и др.).

5.2. Определение дефектов деталей машин, не связанных с трением

При работе машины наряду с изнашиванием происходит ряд других процессов, также приводящих к потере ее работоспособности.

Хрупкое разрушение наступает без предварительной деформации под действием нормальных напряжений.

Вязкое разрушение сопровождается значительной предварительной деформацией, вызываемой касательными напряжениями.

Таблица 2-Дефекты не связанные с трением

Механические повреждения							Потеря служебных свойств					
Под действием внешнего физического поля (нагрузки, вибрации, удары, температура)				От внутренних напряжений		Под действием химического поля						
Хрупкое и вязкое разрушение от перегрузки	Усталостное разрушение	Пластические деформации	Тепловые разрушения	Коробление	Изгиб	Скручивание	Химическая коррозия	Электрохимическая коррозия	Потеря упругости	Потеря намагниченности	Образование накали	Образование нагара

Усталостное разрушение происходит вследствие постепенного накопления повреждений металла под действием повторно-переменных напряжений, приводящих к образованию трещин и разрушению.

К деталям, подверженным усталостному разрушению, относятся элементы рам, коленчатые и торсионные валы, рессоры, пружины, шатуны, полуоси и др. Характерным признаком усталостного разрушения является наличие на поверхности излома двух зон:

- зоны развития трещины с гладкой и темной поверхностью;
- зоны поломки с шероховатой и светлой (кристаллической) поверхностью;

При эксплуатации около 80% поломок деталей происходит по причине усталостных изломов. Причинами, снижающими усталостную прочность являются: несоблюдение радиусов перехода, наличие рисок раковин.

Пластическое деформирование деталей является в виде изгиба, скрученности, растяжения или смятия отдельных поверхностей (детали рам, облицовки кузова и др.).

Тепловое разрушение характерно для головок цилиндров, поршней, форкамер, выпускных коллекторов и труб, глушителей, выпускных клапанов, а также для некоторых деталей электрооборудования. Детали, претерпевшие тепловое разрушение, восстановлению не подлежат.

Повреждения от внутренних напряжений происходят, как правило, в корпусных деталях (блоки и головки цилиндров, корпуса задних мостов, редукторов, коробок передач и др.). Вследствие протекающих в них процессов старения, а также воздействия внешнего физического поля происходит перераспределение внутренних напряжений, что приводит к

их деформации (короблению, изгибу, скручиванию), смещению базовых поверхностей со всеми вытекающими отсюда последствиями.

Коррозией называют процесс разрушения поверхности металла при химическом или электрохимическом воздействии окружающей среды.

Химическая коррозия развивается в агрессивных средах, является прямым соединением металла с элементами этих сред и протекает непосредственно между участвующими в ней компонентами, находящимися в молекулярном состоянии. Химической коррозии подвержены клапаны двигателей, головки блоков цилиндров, детали цилиндропоршневой группы.

Электрохимическая коррозия имеет место при соприкосновении металла с электролитом и сопровождаются как переносом металла в раствор, так и переносом электронов с одного участка металла на другой. В качестве электролита могут выступать водные растворы солей, щелочей, кислот, влажная атмосфера, влажная почва, т.д. Как минимум, раствор угольной кислоты — H_2CO_3 -нам всегда обеспечен, так как углекислого газа CO_2 воды H_2O в атмосфере всегда достаточно.

Для осуществления процесса электрохимической коррозии вовсе не обязательно наличие пары разнородных электродов (например, медь и алюминий), так как анодами служат зерна металла, а всякого рода примеси и загрязнения служат катодами. Образуются как бы микроскопические гальванические пары, в которых растворяется анод и происходит разрушение металла.

Электрохимической коррозии подвержены детали кузова, рамы, подвески и т.д.

5.3.Содержание отчета

1. Студент должен изучить классификацию видов изнашивания по ГОСТ 23.002-78, занести её в отчет.

2. Заполнить таблицу 3, приведя названия имеющихся в лаборатории деталей. При определении вида изнашивания необходимо пользоваться лупой, микроскопом и твердомером, измеряя твердость на изношенном и неизношенном участках детали.

3. Заполнить паспорт на деталь (по заданию преподавателя).

Таблица 3 -Виды изнашивания и повреждения деталей,
несвязанные с трением

Вид изнашивания или повреждения	Наименование деталей
1. Механическое	
1.1. Абразивное	1. 2. 3.
1.2.Гидроабразивное	1. 2. 3.
1.3.Газоабразивное	1. 2. 3.
1.4.Эрозионное	1. 2. 3.
1.5.Гидроэрозионное	1. 2. 3.
1.6.Газоэрозионное	1. 2. 3.
1.7.Кавитационное	1. 2. 3.
1.8.Усталостное	1. 2. 3.
1.9.Изнашивание при фреттинге	1. 2. 3.
1.10.Изнашивание при заедании	1. 2. 3.
1.10.1.Схватывание 1-го рода	1. 2. 3.
1.10.2.Схватывание 2-го рода	1. 2. 3.

Продолжение таблицы 3

2.Коррозионно-механическое изнашивание	
2.1. Окислительное	1. 2. 3.
2.2.Фреттинг-коррозия	1. 2. 3.
3.Изнашивание при действии электрического тока	
3.1. Электроэрозионное	1. 2. 3.
4. Механическое повреждение под действием внешнего физического поля	
4.1. Хрупкое разрушение	1. 2. 3.
4.2. Вязкое разрушение	1. 2. 3.
4.3. Усталостное разрушение	1. 2. 3.
4.4.Пластические деформации	1. 2. 3.
4.5.Тепловые разрушения	1. 2. 3.
5.Повреждения от внутренних напряжений	
5.1.Коробление	1. 2. 3.
5.2.Изгиб	1. 2. 3.
5.3.Скручивание	1. 2. 3.

Продолжение таблицы 3

6. Повреждения под действием химического поля	
6.1. Химическая коррозия	1. 2. 3.
6.2. Электрохимическая коррозия	1. 2. 3.
7. Потери служебных свойств	
7.1. Потеря упругости ✓	1. 2. 3.
7.2. Потеря намагниченности	1. 2. 3.
7.3. Образование накипи	1. 2. 3.
7.4. Образование нагара	1. 2. 3.

Таблицу 3 заполнить. Все, что выделено должно быть в тетраде.

ПАСПОРТ

1. Наименование детали.....
2. Условия работы детали
 - а) нагрузка (статическая, динамическая и т.п.).....
 - б) вид трения
 - по наличие смазки.
 - по наличию движения.
 - в) рабочая среда.....
3. Геометрическая характеристика изношенной поверхности
 - а) эскиз детали.
 - б) твердость изношенного участка.
 - неизношенного участка.
4. Ведущий вид изнашивания.
- сопутствующий вид изнашивания.....
5. Причина изнашивания.....
6. Механизм изнашивания.....
7. Методы борьбы с изнашиванием детали.....
 - а) конструкторско-технологические.....
 -
 - б) эксплуатационные.....
 -
 - в) ремонтные.

.....

Выполнил Студент _____
Группы _____ факультета _____
Работу принял _____

—

6.КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Классификация видов изнашивания.
2. Классификация дефектов, не связанных с трением.
3. Механизм изнашивания и меры борьбы с изнашиванием при:
 - абразивном изнашивании;
 - гидроабразивном изнашивании;
 - газоабразивном изнашивании;
 - гидроэрозионном изнашивании;
 - газозерозионном изнашиваний;
 - кавитационном изнашивании;
 - усталостном изнашивании;
 - схватывании 1-го рода;
 - схватывании 2-го рода;
 - окислительном изнашивании;
 - фреттинг-коррозии;
 - электроэрозионном изнашивании.
4. Причины и механизм разрушения при усталостном разрушении, пластическом деформировании, тепловом разрушении.
5. Что такое химическая коррозия и меры борьбы с ней.
6. Что такое электрохимическая коррозия и меры борьбы с ней.
7. Меры борьбы с образованием накипи.
8. Меры борьбы с нагарообразованием.

7. ЛИТЕРАТУРА

1. Ермолов Л.С. и др. Основы надежности сельскохозяйственной техники.
- М.: Колос, 1982, с.271.
2. Технология ремонта машин и оборудования. Под общ. ред. И.С. Левитского. Изд.2-е, перераб. и доп. - М.: Колос, 1975, 560 с.
3. Надежность и ремонт машин / В.В. Курчаткин и др.;
Под. ред. В.В. Курчаткина. - М.: Колос, 2000.