

УДК 621.9

А. Н. Михайлов, д-р техн. наук, проф., **А. В. Лукичев**, канд. техн. наук, доц.,
С. А. Матвиенко, канд. техн. наук, **Ю. Н. Стрельник**, ст. пр., **А. П. Пичко**, инж.
Донецкий национальный технический университет, г. Донецк, ДНР
Донецкая академия автомобильного транспорта, г. Донецк, ДНР
Тел. +38 (050) 9121721; E-mail: a_lukichov@mail.ru

РАЗРАБОТКА КЛАССИФИКАТОРА ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ СИНТЕЗА ФУНКЦИОНАЛЬНО ОРИЕНТИРОВАННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ОТДЕЛОЧНО-УПРОЧНЯЮЩЕЙ ОБРАБОТКИ

В работе предложен фасетный классификатор комбинаторного типа, позволяющий генерировать концепции сущности «Тип поверхности» и облегчающий выбор метода отделочно-упрочняющей обработки для рабочей поверхности определенного класса деталей

Ключевые слова: дискриминатор, атрибут, концепции, альтернативные реализации, классификатор

A. N. Mikhaylov, O. V. Lukichov, S. A. Matvienko, Y. N. Strelnik, A. P. Pichko

DEVELOPMENT OF CLASSIFIER OF SURFACES OF DETAILS FOR PROVIDING OF SYNTHESIS OF FUNCTIONALLY ORIENTED TECHNOLOGIES FINISHING STRENGTHENING PROCESSING

The classifier of combinatorics type, allowing to generate conceptions of essence «Type of surface» and facilitating choice of method of finishing strengthening processing for the working surface of certain class of details, is in-process offered

Keywords: discriminator, attribute, conceptions, alternative realization, classifier

1. Введение

В машиностроении все более широкое применение получают детали с рабочими поверхностями, функционирующими в экстремальных условиях неравномерно-распределенной нагрузки. К ним относятся детали двигателей внутреннего сгорания, летательных аппаратов, дизельных двигателей, гидронасосов; силовых гидроцилиндров, инструментальной оснастки и т.д. Применение обычных технологий отделочно-упрочняющей обработки (ОУО), обеспечивающих равномерное распределение эксплуатационных свойств по поверхности не обеспечивают оптимальный ресурс для таких деталей. А в соответствии с перспективами наступающего 6 технологического уклада необходимо создавать материалы с заданными свойствами на наноуровне, которые может обеспечить конвергенция нано-, био-, инфо- и когнитивных технологий (так называемая НБИКС-конвергенция).

Методы технологического воздействия выбираются на основе особых принципов ориентации технологического воздействия и обеспечения заданных эксплуатационных свойств рабочих поверхностей и их отдельных функциональных элементов.

Существующие классификации поверхностей деталей не позволяют произвести оптимальный выбор технологической схемы функционально-ориентированной ОУО.

Практика показывает, что поверхности разрушаются неравномерно. Наибольшие износы наблюдаются в местах приложения нагрузки. При современных методах ОУО в основном создаются детали с одинаковыми показателями качества по всей функциональной поверхности независимо от реальных изменений условий внешнего нагружения в отдельных зонах и даже точках. Это вынуждает упрочнять всю поверхность, исходя из максимально действующих факторов нагружения (давления, температуры и т.д.) в определенной зоне, что повышает себестоимость детали, также приводит к сни-

жению ресурса всего узла трения. Изучение характера износа поверхностей показывает, что практически невозможно найти поверхность трения, в пределах которой все внешние факторы нагружения имели бы стабильные параметры. Практически все поверхности трения в разных точках изнашиваются неравномерно.

Особенностью работы является неравномерность распределения нормальной нагрузки и скоростей скольжения по трущимся поверхностям, что приводит к неравномерному износу вдоль образующей поверхности соединения, потере первоначальной геометрической формы, а в результате - к ухудшению работоспособности и уменьшению долговечности пары трения в целом. Это не всегда учитывают ни при проектировании, ни при изготовлении изделий. Это приводит к снижению конкурентоспособности выпускаемых изделий. Неравномерность износов приводит к нарушению макрогеометрии поверхности и, как следствие, к замене всей поверхности, хотя в большинстве случаев большая часть поверхности могла бы эксплуатироваться длительное время.

Целью работы является разработка системы классификации, кодирования и унификации функциональных поверхностей деталей, что является актуальной задачей для обеспечения синтеза ФОТ ОУО.

1. Основное содержание и результаты работы

Синтез технологического процесса ОУО детали должен начинаться с глубокого изучения ее служебного назначения. Под служебным назначением детали или ее поверхности понимается задача, для решения которой они предназначены.

Конструктивно и технологически сложнопрофильные поверхности имеют ряд общих количественных и качественных характеристик, связанных с заданной их ОУО. Поэтому систематизация и классификация исполнительных поверхностей способствует типизации технологических процессов изготовления неравномерно-нагруженных деталей машин. Классифицировать поверхности (зоны, элементы) нужно по геометрии поверхностей и её элементов, по внешнему воздействию, по функциональному назначению, по виду и характеру разрушения [1,2,6,7,8,9,10]. Сложность заключается в том, что для полного описания поверхности требуется рассмотреть большое количество функциональных модулей. Применим фасетные классификаторы комбинаторного типа.

Для генерирования концепций сущности «Тип поверхности» используем фасетный классификатор (табл. 1), который содержит пять дискриминаторов D1, D2, D3, D4, D5. Каждый из этих дискриминаторов имеет альтернативные реализации в 42 атрибутах, образующих 5 групп {A1.1, A1.2.....A1.11}, {A2.1, A2.2,A2.13}, {A3.1,A3.12}, {A4.1.... A4.6}, {A5.1.... A5.21}, связанные с дискриминаторами D1, D2, D3, D4, D5 соответственно (табл.1). Эти атрибуты образуют большое количество неповторяющихся сочетаний, в которых реализуются все описанные классификатором концепции рассмотренной сущности. Генерирование концепций на классификационных структурах позволяет сформировать объективный подход к выбору предпочтительного варианта концепции из множества сгенерированных альтернатив.

Для выбора наиболее применяемых концепций из числа альтернатив, сгенерированных на классификационной структуре, можно использовать метод ранжирования. Полученные комплексные оценки альтернативных концепций проекта позволяют выбрать из них наиболее оптимальный вариант характеристики детали.

В каждой машине имеются различные механизмы, которые выполняют те или иные функции. Независимо от большого разнообразия конструктивных форм механизмов их можно подразделять на следующие четыре группы:

а) винтовые механизмы, которые широко применяются в механике; б) плоские шарнирные механизмы - кривошипно-шатунные и кулисные; в) кулачковые механизмы

Таблица 1. Генерирование концепций сущности «Тип поверхности»

Дискриминаторы		Атрибуты			
ID	Наименование	ID	Наименование		
D1	Способ формообразования	A1.1	Наружные плоские поверхности		
		A1.2	Внутренние плоские поверхности		
		A1.3	Наружные поверхности вращения		
		A1.4	Внутренние поверхности вращения		
		A1.5	Винтовые поверхности		
		A1.6	Зубчатые поверхности		
		A1.7	Фасонные поверхности замкнутого криволинейного контура		
		A1.8	Фасонные поверхности незамкнутого контура		
		A1.9	Пространственно-сложные фасонные поверхности		
		A1.10	Наружные сферические		
		A1.11	Внутренние сферические		
D2	По виду разрушения	A2.1	Коррозионное изнашивание	A2.8	Гидроэрозионное изнашивание
		A2.2	Истирание	A2.9	Окислительное изнашивание
		A2.3	Газоэрозионное изнашивание	A2.10	Заедание
		A2.4	Абразивное изнашивание	A2.11	Фреттинг
		A2.5	Кавитационное изнашивание	A2.12	Фреттинг-коррозия
		A2.6	Гидроабразивное изнашивание	A2.13	Электроэрозионное изнашиван.
		A2.7	Газоабразивное изнашивание	A 2.14	Усталостные явления
D3	По внешнему воздействию,	A3.1	Трение	A3.7	Контактное сжатие и сдвиг
		A3.2	Удар	A3.8	Тепловое воздействие газов
		A3.3	Пластическая деформация	A3.9	Абразивное воздействие
		A3.4	Коррозионное воздействие газов	A3.10	Переменное давление газов
		A3.5	Коррозионное воздействие охлаждающей жидкости	A3.11	Гравитационное воздействие среды
		A3.6	Нагрузки от инерционных сил возвратно-поступат. движения	A3.12	Действие пульсирующего потока вызывающего вибрацию
D4	Функциональное назначение	A4.1	Передача крутящего момента		
		A4.2	Передача крутящего момента		
		A4.3	Обеспечение требуемого закона движения исполнительных устройств		
		A4.4	Работающие в условиях трения и изнашивания		
		A4.5	Воспринимающие статические и динамические нагрузки		
		A4.6	Обеспечивающие герметичность		
D5	Характер разрушений	A5.1	Усталостные трещины	A5.12	Лунки
		A5.2	Излом	A5.13	Царапины
		A5.3	Выглаживание	A5.14	Мелкие осповидные выщербины
		A5.4	Местный наклеп	A5.15	Пятна контакта
		A5.5	Отслаивание	A5.16	Фасетки
		A5.6	Мозаика	A5.17	Питтинги, микро и макропиттинги
		A5.7	Выкрашивание	A5.18	Места вычерпывания
		A5.8	Эрозия	A5.19	Канавки
		A5.9	Адгезия	A5.20	Шаржированные частицы
		A5.10	Наклеп	A5.21	Фреттинг трещины
		A5.11	Износ	A5.22	Точечная коррозия

и зубчатые колеса, применяемые в копировальных станках и других машинах; г) фрикционные, ременные и другие передачи трения.

Рассмотрим атрибуты, присущие некоторым деталям.

На работоспособность зубчатых передач влияют внешние и внутренние эксплуатационные факторы. Переменные или знакопеременные силы, приводят к появлению на рабочей поверхности осповидных углублений (А5.3), вызванных усталостью материала (А 2.14). Промежуточными проявлениями внешнего воздействия являются отслаивание (А5.5) частиц металла с рабочей поверхности зубьев и наклёп (А5.10), вызванный сильными ударами (А3.2) при наличии зазора в зацеплении. Динамические удары часто приводят к изломам (А5.2) зубьев.

Наличие абразивных частиц или веществ вызывающих коррозию (А2.1) приводит к абразивному износу (А2.4), коррозии поверхности зубьев, способствует возникновению газовой (А2.3) или жидкостной эрозии (А2.8).

Появление малых перемещений сопрягаемых деталей приводит к фреттинг-коррозии (А2.12), проявляющейся в виде темных пятен (А5.15) на посадочной поверхности детали. При раскрытии стыка сопрягаемых деталей жёсткость соединения уменьшается, возникают динамические удары, приводящие к наклепу (А5.10) и разрушению. При жидкостном трении, преобладающим является окислительное изнашивание (А2.9). Для тяжело нагруженных высокоскоростных зубчатых передач наиболее характерны вырывы металла на вершинах зубьев (А5.18). Накопление усталостных повреждений (А5.1) проявляется в зарождении, развитии и реализации трещин. Основными видами разрушений зубчатых колёс являются следующие: усталостное выкрашивание (А5.7) рабочих поверхностей зубьев; усталостное разрушение зуба при изгибе (А5.2); износ (А5.11) рабочих поверхностей зубьев и торцевой износ; деформация и выработка зубьев; внезапные поломки. Образованию питтингов (А5.17) способствуют дефекты макроструктуры [11].

Прочностные дефекты, возникающие при эксплуатации ГТД, связаны с усталостными разрушениями (А5.1) [12,13,14,19]: повреждения, возникающие в процессе эксплуатации от воздействия фреттинга (А2.11), фреттинг-усталости, повреждений посторонними предметами (ППП); коррозии и других факторов. Можно выделить: - термическую усталость; - контактную усталость; - фреттинг-усталость деталей [12], - коррозионная [19,20]. Часто встречающимися повреждениями рабочих лопаток ГТД являются: эрозия (А5.8); повреждение посторонними предметами; чрезмерная шероховатость поверхности лопаток, выработка наружных торцов (А5.12, А5.14, А5.7); эрозия (А5.8), точечная коррозия (А5.22) и прогар рабочих лопаток.

К основным видам разрушений кулачкового механизма относится: абразивное изнашивание (А2.4) частицами высокой дисперсности, усталостный вид изнашивания (А2.14), фреттинг (А2.11) и фреттинг-коррозия (А2.12) [15].

Детали цилиндропоршневой группы подвергается молекулярно-механическому, коррозионно-механическому и абразивному изнашиванию. Внутренняя поверхность головки шатуна и внешняя поверхность шейки кривошипа изнашиваются за счет относительного движения этих сопряженных элементов узла трения (А3.6) [17].

Поверхностные разрушения в зонах трения шарнирных узлов (износ (А5.11), фреттинг-коррозия (А2.12), наклёп (А5.10)), являются следствием чрезмерных контактных давлений, возникающих в зонах контакта [16]. Для минимизации износа шарнира или его управляемого износа имеет смысл применять функционально-ориентированные покрытия, которые следует наносить в соответствии с картиной износа, а их состав варьировать в зависимости от требуемых характеристик поверхности в точке [18].

Полученные комплексные оценки альтернативных концепций проекта позволяют проранжировать привлекательность этих концепций и выбрать из них наиболее предпочтительный вариант. Метод экспертных оценок предполагает оценивание всех рассматриваемых альтернатив и порождает информацию, открывающую возможности для анализа всей гаммы рассматриваемых концепций.

В противоположность ему, метод продукционных правил оценивает только одну концепцию, которая директивно принимается как наиболее предпочтительная. Последнее можно отнести к недостаткам второго метода. Но, с другой стороны, метод продукционных правил базируется на более строгом логическом механизме, чем метод экспертного оценивания, что создает хорошие предпосылки для автоматизации решения рассматриваемой здесь задачи. Эта особенность метода продукционных правил является его достоинством. Т. о., ответ на вопрос о применении для работы 1-го или 2-го методов не может быть однозначным и зависит от конкретных условий проектирования.

2. Заключение

Классификация поверхностей деталей по способу формообразования, по виду разрушения, по внешнему воздействию, по функциональному назначению и характеру разрушений и выделение наиболее значимых атрибутов по методу ранжирования позволит упростить выбор способа обработки. При этом выбранная технология позволит достичь высоких эксплуатационных показателей поверхностей, зон, точек.

ЛИТЕРАТУРА

1. Харламов, Ю. А. Технологический классификатор деталей и поверхностей с газотермическими покрытиями / Ю. А. Харламов // Вісник східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. – 2016. – №2(226). – С. 102-111.
2. Глухов, В. И. Классификация геометрических величин с учетом служебного назначения элементов деталей / В. И. Глухов, Ю. Е. Гребенщикова // Приборостроение, Метрология, информационно-измерительные приборы и системы. Омский научный вестник. – 2009. – №1(77). – С. 158-161.
3. Леонов, Д. Б. Воздействие внешней среды на эксплуатационные свойства поверхностей деталей // Д. Б. Леонов, А. Ю. Иванов // Изв. Вузов. Приборостроение. – 2014. – Т.57. – №8. – С. 54-57.
4. Федоров, И.А. Создание рабочей документации для механических деталей с управляемой конфигурацией / И.А. Фёдоров // Вест. ВГТУ. - 2009. - Т.5, №8. - С. 84-87.
5. Крестьянинов, П. Н. Вопросы выбора станочного оборудования по характеристикам изготавливаемых деталей / П. Н. Крестьянинов, Р. М. Хусаинов // Молодежный научный форум: Техн. и матем. науки: электр. сб. ст. по материалам VII студ. междунар. заочной науч.-практ. конф. – М.: «МЦНО». – 2013 – № 7(7) / [Электронный ресурс] – Режим доступа. – URL: [https://nauchforum.ru/archive/MNF_social/7\(7\).pdf](https://nauchforum.ru/archive/MNF_social/7(7).pdf)
6. Матвиенко, С. А. Развитие ресурсосберегающих технологий финишной отделочно-упрочняющей при изготовлении деталей машин / С. А. Матвиенко, А. В. Костенко, А. В. Лукичев, О. П. Сакно // Вестник КамчатГТУ. – Петр.-Камчатский: ПТУ, 2015. – Вып. 34. – С. 19–23.
7. Ибатуллин, И. Д. Кинетика усталостной повреждаемости и разрушения поверхностных слоев: монография / И. Д. Ибатуллин. – Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2008. – 387 с.: ил.
8. Сидашенко, А. И. Анализ причин преждевременного износа и разрушения деталей машин сельскохозяйственной техники / А. И. Сидашенко, Т. С. Скобло // Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів. – 2014.–

№1. – С. 104-112.

9. Михайлов А. Н. Основные особенности и принципы создания композиционных технологий машиностроения / А. Н. Михайлов, Д. А. Михайлов, Е. А. Михайлова // Прогресивні технології і системи машинобудування. – 2012. – Вип. 1,2(43). – С. 206-202.

10. Гуров, Р. В. Методология проектирования операций отделочно-упрочняющей обработки деталей машин поверхностно-пластическим деформированием / Р. В. Гуров // Вестник Брянского государственного технического университета. – 2010. – № 4(28). – С. 17-23.

11. Характер и причины разрушения шестерён дорожно-строительных и сельскохозяйственных машин / С. И. Бондаренко, В. А. Карпенко, Е. А. Нестеренко, Л. В. Пирогова // Вестник ХНАДУ. – 2011. – Вып. 54. – С. 127-133.

12. Петухов, А. Н. Проблемы многоциклового усталости конструкционных материалов и деталей ГТД / А. Н. Петухов // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета. – 2012. – №3(34). – С. 17-25.

13. Петухов, А. Н. Многоцикловая усталость материалов и деталей газотурбинных двигателей / А. Н. Петухов // Проблемы прочности. – 2005. – №3 (375). – С. 5-21.

14. Petukhov, A. N. Problem fretting – fatigue in GTE. // RELMAS-2008. Assessment of Reliability of Materials and Structures: Problems and Solutions. International Conference. S.Peterburg, Russia, 17-20 June, 2008. Volum 1. S.- Peterburg, Russia, Polytechnical Publishing House. 2008. – P. 285-288.

15. Денисова, Н. Е. Обеспечение надежности кулачковых механизмов текстильных машин / Н. Е. Денисова, Н. С. Шорина // Труды Международного симпозиума «Надежность и качество: в 2-х томах. – Пенза. ИИЦ ПГУ, 2003. – Т.2. – С. 80-84.

16. Лось, А. В. Оценка предельной несущей способности подвижных узлов при нестационарном нагружении [Текст] / А. В. Лось // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии: сб. науч. тр. Нац. аэрокосм. ун-та „Харьк. авиац. ин-т”. – Х., 2013. – Вып. 62. – С. 5 – 12.

17. Сучилин, В. А. Условия нагружения и изнашивания узлов трения в технических средствах сферы сервиса / В. А. Сучилин, Л. М. Мисюрин, С. А. Голиков // Электротехнические и информационные комплексы и системы. – 2012. – № 4. – Т. 8. – С. 64-67.

18. Михайлов, А. Н. Расчет относительных перемещений в системе втулка-палец шаровой опоры / А. Н. Михайлов, А. Н. Голубов // Прогрессивные технологии и системы машиностроения. – 2016. – № 4(55). – С. 10-17.

19. Паровай, Е. Ф. Актуальные проблемы надёжности узлов трения газотурбинных двигателей / Е. Ф. Паровай, И. Д. Ибатуллин // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета. – 2015. – Том 14. – №3, Ч.2. – С. 375-383.

20. Сакно О. П., Лукичев А. В. Анализ надежности систем технической эксплуатации средств транспорта на базе статистики накопления погрешностей и отказов // Проблемы автомобильно-дорожного комплекса России: [Текст]: материалы X междунар. науч.-техн. конф. 17 ноября 2014 г., Пенза / [редкол.: Э.Р. Домке (отв. ред.) и др.]. – Пенза: ПГУАС, 2014. – С. 242-250.

Поступила в редколлегию 15.05.2017 г.