

УПРАВЛЕНИЕ НАСЛЕДОВАНИЕМ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ИЗДЕЛИЙ РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИМИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА

Чижи́к С.А., Хейфец М.Л. Президиум НАН Беларуси,

Бородавко В.И. ОАО «НПО Центр» НАН Беларуси,

Премент Г.Б. ООО «Фелокт-сервис», Минск, Беларусь

Колмаков А.Г. Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова РАН, Москва,

Панин А.В. Институт физики прочности и материаловедения СО РАН,

*Чугуй Ю.В. Конструкторско-технологический институт научного приборостроения СО
РАН, Томск*

Батаев А.А. Новосибирский государственный технический университет, Новосибирск,

*Блюменштейн В.Ю., Кречетов А.А. Кузбасский государственный технический
университет им. Т.Ф. Горбачева, Кемерово, Россия,*

*Клименко С.А. Институт сверхтвердых материалов им. В.Н. Бакуля НАН Украины, Киев,
Украина*

Одной из ключевых проблем машиностроения является обеспечение безотказности и долговечности деталей и узлов машин технологическими методами. Надежность деталей во многом определяется состоянием их поверхностного слоя, параметры которого формируются на протяжении всего технологического процесса и стадий эксплуатации.

Отличительной особенностью традиционных подходов к определению и прогнозированию качества машиностроительной продукции является использование принципа суперпозиции, согласно которому каждый из технологических и эксплуатационных факторов действует независимо от других, а результат их совместного действия определяется суммой. Однако, применение принципа суперпозиции, по своей сути, сводит многосвязные взаимодействия, осуществляемые в технологических и эксплуатационных системах, к односвязным, игнорируя взаимное влияние факторов.

Рост требований к качеству изготовления элементов машин делает методы определения и прогнозирования качества, основанные на прин-

ципе суперпозиции, малоприменимыми, так как эффект взаимного влияния факторов соизмерим с результатами их прямого воздействия. Процесс формирования свойств изделий должен рассматриваться как совокупность взаимодействующих процессов изменения и сохранения свойств.

Совокупность свойств изделий, каждое из которых может характеризоваться соответствующим множеством показателей качества, также является проявлением многосвязности технологических факторов при формировании качества изделия. Свойства изделия формируются при его изготовлении взаимосвязано. Однако до настоящего времени в производственной практике машиностроения этот факт учитывается слабо.

При проектировании технологических и эксплуатационных процессов чаще всего прослеживается изменение весьма ограниченного числа показателей качества. Изолированное рассмотрение процесса формирования локального множества выделенных показателей качества, может привести к серьезным ошибкам при проектировании и реализации технологических и эксплуатационных процессов. Это связано с тем, что воздей-

ствие, проводимое с целью желаемого изменения некоторых показателей качества, может вызвать абсолютно неприемлемое изменение других.

Среди комплекса технологических методов, повышающих безотказность и долговечность деталей, в производстве на заключительных операциях технологических маршрутов широко используются методы механической, совмещенной и комбинированной обработки. Практика показала, что при правильно выбранных маршрутах и операциях, назначенных режимах обработки и управляемых воздействиях, можно увеличить надежность детали в десятки раз. В то же время, неверные назначения режимов и отсутствие учета накопления дефектов на предшествующих операциях, могут привести к разрушению поверхностного слоя уже при изготовлении или преждевременному отказу детали при эксплуатации.

В настоящее время не вызывает сомнения необходимость учета технологического наследования при совершенствовании существующих и проектировании новых технологических процессов и средств оснащения для их реализации. В результате в современных условиях требуется с единых позиций наследования параметров качества функциональных элементов, рассматривать проектные и производственные этапы жизненного цикла изделий в технологических комплексах и при эксплуатации их в машине.

Поэтому на основе синергетической концепции предложено при проектировании методов обработки изделий из конструкционных материалов учитывать доминирование свойств отношений технологических решений, описывающих обеспечение контролируемых параметров технической системы. Применение синергетической концепции позволяет сформировать комплексную математическую модель технологического наследования эксплуатационных показателей качества, описывающую различные режимы поведения при производстве и применении изделий.

Использование такой математической модели при компьютерном проектировании предоставляет широкие возможности для сокращения затрат при изготовлении и эксплуатации конструктивно-сложных деталей.

На основе статистического анализа предложен метод управления многофакторными процессами, использующий комплексные диаграммы. Показано, что проектирование систем управления технологическими комплексами базируется на использовании структурного анализа и заключается в выполнении последовательности этапов:

определения класса решаемых задач; разработки программных модулей; моделирования динамических объектов; расчета параметров математической модели; анализа результатов моделирования; решения о целесообразности применения разработанной модели. Отмечено, что сочетание статистического и структурного анализа и синтеза обеспечивает моделирование и управление многофакторными технологическими операциями по комплексу параметров, определяет и оптимизирует факторы, через которые эффективно осуществляется процесс управления в технологических комплексах, и указывает основные параметры для контроля в режиме реального времени при обработке.

Технологическая наследственность при выполнении операций многофакторной обработки определяется воздействиями, формирующими структуру материала поверхностного слоя и рельеф поверхности изделия. В результате исследований определено трудно формализуемое, но необходимое условие структурного анализа при выборе маршрутов и детализации операций технологического процесса – выделение из многочисленных воздействий управляющих технологических факторов обработки. Показано, что при использовании структурного анализа маршрутов, операций, воздействий в процессе обработки, для детализации на структурной диаграмме технологической операции, следует разделять группы формируемых параметров качества изделий. Предложено регулирование технологических воздействий в качестве мероприятий по оперативному управлению процессами, а также долговременный статистический контроль определяющих параметров качества изделий.

Процесс технологического наследования рассмотрен как совокупность сложных явлений переноса, зависящих друг от друга параметров качества изделия. Показано, что технологическое наследование не может быть описано одномерными моделями, а рассмотрение технологической цепочки «режим обработки – состояние поверхностного слоя – эксплуатационные свойства» предполагает наличие сложных связей в виде функционалов. Разработка моделей технологического наследования в виде системы функционалов, определило характер описания физических закономерностей формирования поверхностного слоя деталей машин. Наличие такого описания позволило не только проследить закономерности технологического наследования, но и применить их, как для пооперационного контроля с исполь-

зованием физических методов, так и для проектирования технологий, обеспечивающих высокую долговечность деталей и безотказность машин.

В результате показано, что преемственность решений для технологических комплексов при математическом моделировании, конструкторско-технологическом проектировании, производстве и применении сложных технических систем базируется на принципах самоорганизации физических явлений и наследовании эксплуатационных свойств в жизненном цикле выпускаемых изделий.

Современный уровень цифровизации промышленного производства обеспечивает переход к использованию информационных технологий создания, поддержки и применения единого информационного пространства во времени на всех этапах

жизненного цикла изделий: от их проектирования до эксплуатации и утилизации. Единое информационное пространство позволяет интегрироваться разрозненным частям технологического комплекса в виртуальное предприятие, создаваемое из различных пространственно удаленных подразделений, для использования компьютерной поддержки этапов жизненного цикла изделий.

Развитие гибкой автоматизации и компьютеризации проектно-конструкторских, производственно-технологических и эксплуатационных этапов связано, посредством ресурсосбережения, прежде всего, с предельной концентрацией средств производства и управления, а также с сокращением сроков конструирования, проектирования, технологической подготовки и изготовления изделий.