

и проектирования. В полной мере это относится к мелко модульным зубчатым передачам приводов. При этом устанавливаются структура и методы проектировочного и проверочного расчетов мелко модульных зубчатых передач, входящих в состав кинематической цепи привода и отвечающих представленным выше требованиям. Выбор структуры кинематической цепи производится с учетом требований, предъявляемых к приводу, на основании анализа области рационального существования передач различных типов. Проектировочный и проверочный расчет зубчатых передач производится, исходя из обеспечения их работоспособности по критерию изгибной выносливости зубьев. Структура расчета соответствует ГОСТ 21354-87. Дополнительно производится проверочный расчет зубчатых передач на долговечность, который выполняется по критерию износостойкости. Ресурс зубчатых передач оценивается отношением предельно допустимого износа к скорости изнашивания зубьев. Для мелко модульных приводов, работающих с возобновляемым смазыванием, дополнительно производится расчет периодичности нанесения пластичного смазочного материала. Он сводится к оценке промежутка времени, в течение которого уменьшение количества смазочного материала в контакте не приводит к резкому увеличению скорости изнашивания зубьев. Значения параметров, входящих в расчетные зависимости, принимаются с учетом специфики проектирования и функционирования мелко модульных зубчатых передач. Разработанная методика используется в ряде конструкторских бюро при проектировании приводов общего и специального назначения.

**ПОДШИПНИКИ КАЧЕНИЯ  
С ПЛАСТИЧНОЙ СМАЗКОЙ**

Калараш Е.В., Коленкин А.В., Кокурятов С.М.

*Муромский институт Владимирского государственного университета имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых,  
Муром, e-mail: mivlgu@mail.ru*

За счет применения подшипников качения сухого трения может быть обеспечена работоспособность оборудования в условиях высоких температур и запыленности. Подшипниковой промышленностью освоено производство подшипников качения с антифрикционным наполнителем (АФЗ). Подшипник с АФЗ представляет собой обычный радиальный однорядный шарикоподшипник, в котором пространство заполняется антифрикционным материалом в пластичном состоянии.

В данной работе предложен оригинальный антифрикционный материал на основе графита с упрочняющими добавками в составе: олово, медь, свинец, кокс, сажа, резиновая крошка, смягчитель и связующее в определенном процентном соотношении.

Частицы антифрикционного материала на основе графита с упрочняющими добавками имеют трехслойное строение: графит – добавки – графит. Связи графит – графит менее прочны, чем графит – добавки. В этих сечениях образуются гладкие параллельные поверхности, характеризующиеся наименьшим сцеплением атомов. Поэтому по ним образуется расслоение минерала. При относительно смещении элементов подшипника отдельные слои частично проскальзывают друг по другу по плоскостям спайности, происходит разрыв связей графит – графит. Этим объясняется механизм смазочного действия твердой смазки.

Таким образом, самосмазывающая способность материала позволяет увеличить стойкость наполнителя к динамическим нагрузкам.

Одним из путей повышения долговечности подшипника с АФЗ является улучшение конструкции заполнителя с целью предотвращения его разрушения при изготовлении и эксплуатации подшипника.

Внедрение разработанных конструкций позволило расширить область применения подшипников с АФЗ, которые стали эксплуатироваться при частотах вращения до 1500 мин<sup>-1</sup>, например, в центробежных насосах, электродвигателях, вентиляторах местного проветривания.

**МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ НАПРЯЖЕНИЙ  
ВИНТА НЕСООСНОГО ВИНТОВОГО МЕХАНИЗМА**

Карев А.М., Галкин Д.А.

*Муромский институт Владимирского государственного университета имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых,  
Муром, e-mail: mivlgu@mail.ru*

По мере расширения применения винтовых передач ужесточаются требования к снижению их массы, габаритных размеров, повышению КПД, надежности и долговечности. В обеспечении этих требований (наряду с изготовлением, выбором оптимальных расчетных материалов, термообработки), решающая роль принадлежит совершенствованию методов расчета напряженного состояния винтовых поверхностей, сопрягаемых деталей.

Несоосные передачи являются усовершенствованной формой передач винт-гайка и в тоже время наиболее общим видом винтовых механизмов предназначенных для преобразования вращательного движения в поступательное включающем в себя большое число как схемных, так и конструктивных решений – внутреннего сопряжения витка с резьбой кольцевой гайки или внешнего сопряжения с резьбой одного или нескольких роликов. Отличительной особенностью несоосных винтовых механизмов, по сравнению с другими типами винтовых механизмов, является фрикционный характер передачи движения.

Данная работа посвящена построению математической модели расчета напряжений винта несоосного винтового механизма (НВМ) на основе экспериментальных данных. Экспериментальные данные напряжений получены по методу тензометрии. Проволочные датчики сопротивления наклеиваются на поверхность детали, имитирующий винт НВМ. С целью получения достоверных результатов проведено большое число опытов. Ошибка измерений при достаточно высоком коэффициенте тензочувствительности тензодатчиков (3,5), определенная на стадии тарировки составляет 5...8 МПа. Эта величина не более 7..12% от измеряемой величины, что допустимо.

Построение математической модели напряжений от действующих сил проводилась с использованием степенных полиномов.

Получена математическая модель расчета экспериментальных напряжений винта НВМ. Может использоваться для расчета винтовых механизмов валов.

**ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИЗНАШИВАНИЯ ЗУБЬЕВ  
ЗУБЧАТЫХ ПЕРЕДАЧ**

Карелин Е.Н., Никифоров М.Э., Тигин А.В.

*Муромский институт Владимирского государственного университета имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых,  
Муром, e-mail: mivlgu@mail.ru*

Для исследования изнашивания зубьев мелко модульных зубчатых передач использовались специально разработанные стендовые установки, по-

звolyающие изменять крутящий момент в передаче, частоту вращения и имитировать неравномерность вращения шаговых двигателей различной величины. Стенды были оснащены бесконтактными датчиками угла поворота, обеспечивающим измерение величины износа зубчатых колес без остановки испытаний и разработки зубчатых передач. Ресурсные испытания мелко модульных зубчатых передач позволили выявить ряд свойственных им закономерностей при изнашивании. Типичную кривую изнашивания можно разбить на три основных участка: приработочный износ, установившийся износ и катастрофический износ. Участок приработки имеет продолжительность 40...1600 часов при величине приработочного износа от 3 до 23 мкм. Период установившегося изнашивания имеет протяженность 25...70 тыс. часов. Он характеризуется постоянной шероховатостью рабочих поверхностей зубьев, неизменными величинами коэффициента трения и интенсивности изнашивания. Участок катастрофического изнашивания по длительности самый короткий 40..110 часов, величина же изнашивания может достигать 500 мкм и более. Результаты экспериментальных исследований показали, что изнашивание зубьев мелко модульных зубчатых передач происходит неравномерно как по высоте профилей зубьев, так и по окружности зубчатого колеса. Это связано, с одной стороны, с переменностью скоростей скольжения по высоте профиля в эвольвентном зацеплении. С другой – с погрешностями изготовления и монтажа, которые вызывают колебания нагрузки в зацеплении зубьев. Таким образом, характер изнашивания профилей зубьев и длительность работы зубчатых передач зависит от большого числа факторов, включающих конструктивное выполнение зубчатой передачи, погрешности её изготовления и монтажа, вид используемых материалов для зубчатых колес, вид зубчатых колес, вид смазочного материала и способ его подачи, а также режимы эксплуатации.

#### МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ ПРИ НАРЕЗАНИИ РЕЗЬБЫ НА ТОНКОСТЕННЫХ ТРУБАХ БОЛЬШОГО ДИАМЕТРА

Кисловский Е.Ю., Цыбрий И.К.

ФГБОУ ВПО «Донской государственный технический университет», Ростов-на-Дону, e-mail: kislovskiy@bk.ru

Обеспечение заданной точности при обработке резанием представляет собой сложный процесс, зависящий от соотношения большого ряда факторов: неточности настройки и износа режущего инструмента, упругих деформаций технологической системы СПИД, температурных деформаций узлов станка, заготовки и инструмента, вызывающих изменение величины, направления и точки приложения сил резания.

Кроме того, одним из важнейших факторов, влияющих на геометрические погрешности профиля, диаметральные размеры резьбы и погрешности хода винтовой линии на тонкостенных трубах большого диаметра, являются исходные погрешности формы заготовки.

В данной работе рассмотрена модель влияния технологической наследственности горячекатаных труб (отклонение от круглости) на изменение силы резания и связанных с этим напряжений и деформаций в процессе нарезания резьбы.

Компьютерное моделирование проводилось в программе ANSYS Multiphysics.

Исходным материалом для моделирования послужили результаты измерений радиального биения на-

ружной поверхности трубы номинальным диаметром 178 мм и имеющей соотношение диаметра и толщины 25, показанные на рис. 1 в полярной системе координат.

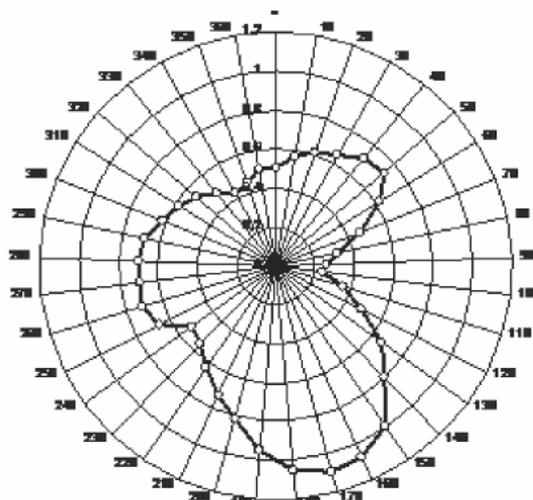


Рис. 1. Радиальное биение наружной поверхности трубы

Номинальная глубина резания, равная при однократном резбонарезании высоте профиля резьбы, устанавливалась по наименьшему наружному радиусу заготовки. Поэтому увеличение радиуса обрабатываемой поверхности за счет некруглости формы эквивалентно возрастанию глубины резания, вследствие чего должны изменяться мгновенные значения сил резания, напряжений и деформаций.

Это подтверждается результатами расчетов в соответствии с [1] силы резания при изменении глубины резания по диаметру заготовки, показанными на рис. 2, откуда видно, что сила резания изменяется на 20% и ее колебания повторяют колебания формы заготовки.

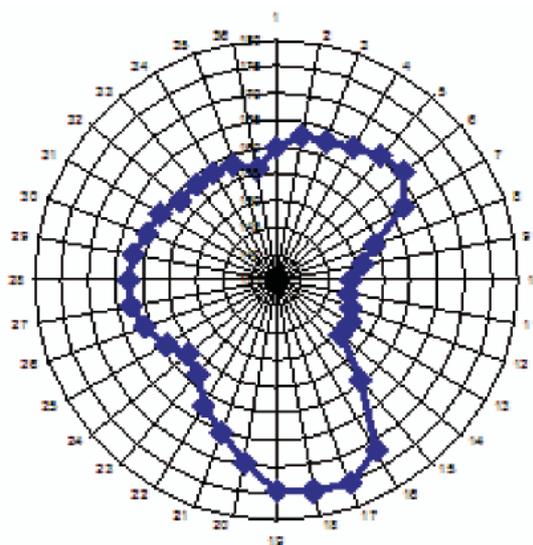


Рис. 2. Зависимость силы резания от глубины

Результаты моделирования напряженно-деформированного состояния в условиях переменной глубины резания, представленные на рис. 3 4, также свидетельствуют о негативном влиянии предыстории заготовки на характеристики качества обрабатываемой поверхности.