

методу копирования, круговой протяжкой, были выполнены соответствующие расчёты по определению r/m и K_α применительно к зубчатым колёсам автомобилей, тракторов и комбайнов, имеющих различные числа зубьев, модули и степень корригирования. Результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1.

Зависимость радиуса кривизны переходной кривой от параметров зубчатого колеса и метода формообразования впадин между зубьями

Параметры нарезаемого зубчатого колеса	Зубофрезерование		Круговое протягивание		Увеличение радиуса кривизны, %
	r/m	K_α	r/m	K_α	
$z = 20, m = 4,25$ мм $\xi = 0,305$	0,515	0,803	0,793	0,711	50
$z = 45, m = 4,25$ мм $\xi = 0,517$	0,888	0,689	1,2	0,633	35
$z = 30, m = 4,5$ мм $\xi = 0$	0,623	0,749	0,82	0,694	31,5
$z = 40, m = 4$ мм $\xi = 0$	0,618	0,776	0,75	0,733	23
$z = 71, m = 4,5$ мм $\xi = 0$	0,522	0,787	0,634	0,745	22

Из таблицы следует, что при замене операции зубонарезания цилиндрических прямозубых колёс червячными фрезами (по методу обкатки), круговым протягиванием (по методу копирования) радиус кривизны переходной кривой в опасном сечении зуба можно увеличить на 25...50 % в зависимости от параметров нарезаемых колёс. Такое увеличение радиуса кривизны переходной кривой зуба позволит снизить концентрации напряжений в основании зубьев и соответственно повысить изгибную прочность зубьев на 20...25 %.

Как показали экспериментальные исследования, выполненные в технологической лаборатории МГТУ «МАМИ», при замене зубофрезерования круговым протягиванием точность зубонарезания увеличивается на одну степень, а шероховатость поверхности впадин между зубьями улучшается на один класс. Всё это позволяет снизить концентрацию напряжений в опасном сечении ещё на 10...15 % и соответственно повысить изгибную прочность зубьев колёс.

Выводы

Применение метода копирования вместо обката позволяет повысить изгибную прочность зубьев трансмиссионных колёс автомобилей и тракторов на 20...30 %.

Литература

1. Вулгаков Э.Б. Новое поколение эвольвентных зубчатых передач. «Вестник машиностроения», 2004, № 1, с. 3-6.
2. Вулгаков Э.Б. О выборе параметров исходного контура. «Вестник машиностроения», 1992, № 12, с. 7-13.
3. Вулгаков Э.Б., Аммосов В.Н. Влияние перекрытий на динамическую нагруженность зубчатой передачи. «Вестник машиностроения», 1990, № 1, с. 12-16.

Колебания при режуще-деформирующей обработке нежестких валов

д.т.н. проф. Максимов Ю.В., к.т.н. доц. Анкин А.В.
МГТУ «МАМИ»

В современном машиностроении проблема создания высокоэффективных технологических процессов механической обработки с учетом выполнения требований ресурсо-, энерго-сбережения и экологии является одной из наиболее важных. При высоких требованиях к качеству деталей и узлов большое значение в технологическом процессе их изготовления иг-

рают отделочные операции, определяющие в значительной степени эксплуатационные свойства машины в целом.

Объектом исследований избрана технологическая система комбинированной режущо-деформирующей обработки, т.к. внедрение в промышленность данного метода обработки показало его значительный потенциал при достижении высокого качества и производительности.

Разработка таких технологических систем в определенной степени позволила приблизиться к решению проблемы качественного и производительного изготовления деталей класса нежестких валов за счет увеличения концентрации операций и выполнения принципа сохранения технологических баз.

Согласно разработанным принципам проектирования технологических процессов комбинированной режущо-деформирующей обработки, в основу которых заложено совершенствование динамических характеристик технологической системы станка выполнялись исследования с применением программ, разработанных для механико-математических динамических моделей формирования погрешности режущо-деформирующей обработки деталей класса нежестких валов в технологической системе комбинированной обработки с дополнительными контурами связи.

Любая задача, точнее, поиск ее решения, определяется конечным результатом. В нашем случае конечный результат - это обеспечение стабильного размерообразования и постоянства шероховатости (в пределах одного класса) как по длине обработки, так и в серии.

Если серийное постоянство определяется геометрической стойкостью инструмента, жесткостными характеристиками оборудования и схемой базирования, то на стабильность размеров образования по длине накладывают отпечаток собственно условия протекания обработки.

Ранее рассмотрен случай вынужденных изгибных (поперечных) колебаний стержня.

Однако в реальном технологическом процессе имеют место также и крутильные колебания, которые носят явно вынужденный характер.

Помимо факторов технологического процесса, от которых зависят крутильные колебания (их частота, период, амплитуда), на крутильные колебания оказывают влияние изгибные колебания заготовки. А именно, при изгибных колебаниях, как известно, изменяется глубина резания, что вызывает изменение силы резания (ее тангенциальной составляющей). Так как изгибные колебания меняются по гармоническому (синусоидальному) закону, то и сила будет меняться по этому же закону.

Одновременно с этим крутильные колебания детали определяют изменение скорости резания и тангенциальной, равно как и радиальной, составляющих силы резания. То есть, крутильные колебания, в свою очередь, являются первоосновой для изгибных колебаний, вызывая изменение глубины резания.

Таким образом, необходимо ответить на вопрос: как учесть и изгибные, и крутильные колебания, имеющие место в технологической системе, какие из них первичны?

Скорее всего, однозначно истинного ответа на последний вопрос нет. Путем рассуждений можно конкретизировать ответ для какой-либо технологической системы, но не глобально.

С точки зрения поиска ответа на поставленный вопрос рассмотрим технологическую систему комбинированной обработки нежестких валов.

При достижении заданной точности обработки таких распространенных деталей, как нежесткие (отношение длины к диаметру более 8..12) валы, зачастую ограничивающим фактором являются колебания в технологической системе.

Если колебания элементов конструкции технологической системы можно нивелировать путем введения демпферов, то колебания в зоне обработки плохо поддаются внешнему демпфирующему воздействию.

Чтобы определить способы нивелирования колебаний, нужно определиться с их видом, законом изменения и природой возникновения. Этому посвящено довольно много исследований, ряд специалистов приступили к непосредственному рассмотрению динамики процесса размерообразования при комбинированной обработке.

В ходе исследований часть параметров математической модели оставались постоянными, а часть варьировалась. Результатом работы программ являлись среднеарифметические значения погрешности обработки в десяти сечениях продольного сечения детали, рассчитанные по десяти равноотстоящим точкам каждого поперечного сечения, а также среднее арифметическое значение и среднее квадратическое отклонение погрешности.

Для разработки рекомендаций по проектированию параметрически управляемых технологических систем комбинированной обработки было необходимо дополнительно выполнить параметрические исследования основных характеристик технологических систем комбинированной обработки, их взаимодействия и взаимовлияния.

Определенный интерес представляют зависимости, полученные по результатам исследований влияния частоты вращения обрабатываемого вала на погрешность обработки. Здесь наблюдалось увеличение погрешности обработки при изменении частоты вращения с 400 до 600 об/мин и ее уменьшение при достижении частоты вращения 800 об/мин. Это объясняется изменением соотношения между оборотной частотой ω , длиной заготовки l и частотой изгибных колебаний Ω , а также величиной скорости изменения суммарной жесткости технологической системы комбинированной обработки.

Анализ среднеквадратичных отклонений полученного размера от заданного позволяет выявить оптимальные режимы ведения обработки, а также критические значения кинематических характеристик технологической системы комбинированной обработки. Полученные режимы совпадают с ранее теоретически определенными.

Таким образом, при проектировании технологических систем комбинированной обработки необходимо, во-первых, определить направления поиска оптимальных решений задач по совершенствованию технологических систем на основе анализа известной технической информации о существующих аналогах и перспективах развития.

И, во-вторых, установить, что целесообразно принять в качестве комплексного показателя, обеспечивающего эффективную и удобную форму оценки погрешности обработки и управления процессом достижения заданной точности.

При комбинированной обработке деталей класса нежестких валов может быть принято соотношение частоты изгибных колебаний и оборотной частоты вращения заготовки. При этом анализ полученных комплексных зависимостей, связывающих как технологические, так и жесткостные характеристики технологической системы комбинированной обработки должен показать как качественную, так и количественную зависимости выходного параметра от управляемого.

К анализу механики процесса резания. Резание инструментом с притупленной режущей кромкой

д.т.н. проф. Оленин Л.Д.
МГТУ МАМИ

Основные обозначения, принятые в работе

S – подача на проход мм;

t – глубина резания мм;

a и a_1 – инструментальная и фактическая толщины срезаемого слоя;

v , v_1 – скорость резания и скорость схода стружки;

v_n , v_τ – нормальная и тангенциальная составляющие скорости смещения материала заготовки (перед плоскостью сдвига);