

маций системы СПИД, вызванных нестабильностью технологических факторов, обеспечивает высокую однородность качества шлифуемых деталей. Кроме того, за счет возможности плавного снижения интенсивности съема металла можно исключить из структуры этап выхаживания и сократить продолжительность рабочего цикла обработки.

Итак, предложенные оригинальные схемы бесцентрового врезного шлифования, а также конструктивные решения устройств управления по сравнению с традиционными структурами обеспечивают повышение до 1,5 раза точности деталей и сокращение на 20-25% продолжительности цикла обработки.

Л и т е р а т у р а

1. Повышение точности обработки при бесцентровом врезном шлифовании путем управления процессом выхаживания / Г.В.Тилигузов, О.В.Жилинский, Е.С.Яцура и др. - В сб.: Машиностроение. Мн., 1979, вып. 3. 2. Исследование эффективности применения регулируемого суппорта при бесцентровом шлифовании / Г.В.Тилигузов, Е.С.Яцура, В.М.Шевченко и др. - В сб.: Машиностроение. Мн., 1980, вып. 5. 3. А. с. 698750 (СССР). Способ бесцентрового врезного шлифования / О.В.Жилинский, Г.В.Тилигузов, Ю.Ф.Володько и др. - Оpubл. в Б.И., 1979, № 43.

УДК 621.831

М.М.Кане, канд. техн. наук (БПИ)

ИЗМЕНЕНИЕ РАЗМЕРОВ ОТВЕРСТИЙ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС В ПРОЦЕССЕ ИХ ХИМИКО-ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

В настоящее время примерно 50% общей номенклатуры цилиндрических зубчатых колес, изготавливаемых в нашей стране, подвергается различным видам термообработки. В автотракторостроении доля указанных колес составляет более 80%, при этом многие из них подвергаются химико-термической обработке (ХТО)и, в частности, нитроцементации, которая в последнее время находит все более широкое применение. Шлицевые отверстия зубчатых колес автотракторных трансмиссий после ХТО, как правило, не подвергаются обработке со снятием припуска. В результате конечная точность этих отверстий в значительной степени определяется ее исходным значением и изменением в процессе ХТО.

В этих условиях одним из эффективных и доступных путей повышения точности отверстий окончательно изготовленных зубчатых колес может являться оптимизация исходных значений точности отверстий до ХТО. Реализация этого пути возможна лишь в случае, если процесс изменения точности шлицевых отверстий зубчатых колес при ХТО поддается математическому моделированию.

Для выяснения этого, а также некоторых других вопросов нами выполнено исследование изменения наружного диаметра шлицевых отверстий цилиндрических зубчатых колес различных конструкций, характерных для автотракторных трансмиссий, в процессе их нитроцементации. Зубчатые колеса имели следующие основные параметры: $m = 4...5$ мм, $z = 18...48$, наружный диаметр зубчатого венца $d_a = 106...199$ мм, ширина зубчатого венца $b = 25...31$ мм, ширина ступицы $L = 46...110$ мм, наружный диаметр шлицевого отверстия $D_a = 55...70$ мм. Зубчатые колеса были изготовлены из сталей 18ХГТ, 25ХГТ, 25ХГМ, зубчатый венец располагался несимметрично относительно ступицы. Нитроцементация осуществлялась в безмуфельных агрегатах с последующей закалкой в масле без дополнительного нагрева.

До и после ХТО производились измерения наружного диаметра шлицевого отверстия зубчатых колес в двух взаимно перпендикулярных плоскостях и в двух или трех сечениях вдоль оси отверстия в зависимости от его длины. При этом соблюдался ряд условий, обеспечивающих возможность сопоставления полученных результатов.

Процессы изменения размеров деталей и, в частности, шлицевых отверстий зубчатых колес при их ХТО носят ярко выраженный случайный характер. Поэтому при изучении этого процесса мы использовали аппарат корреляционно-регрессионного анализа по методике, предложенной нами ранее для изучения изменения параметров точности зубчатых колес при шевинговании [1].

На первом этапе исследования было установлено, что эмпирические распределения размеров шлицевых отверстий зубчатых колес до и после ХТО с вероятностями $p(\lambda) = 0,4...1,0$ не противоречат нормальному распределению (λ -критерий Колмогорова). Таким образом было подтверждено соблюдение важной предпосылки для успешного применения корреляционно-регрессионного анализа в данных условиях.

Затем были построены эмпирические линии регрессии в координатах $y - x$, где y - значения размеров шлицевых отвер-

стей зубчатых колес после ХТО, x - то же до этой операции.

Анализ полученных линий регрессии позволил предположить, что взаимосвязи между исследуемыми факторами можно описать уравнениями двух видов:

1) полиномом первой степени

$$\bar{y} = a + b\bar{x}; \quad (1)$$

2) полиномом второй степени

$$\bar{y} = c + d\bar{x} + e\bar{x}^2, \quad (2)$$

где x , y - значения диаметра шлицевого отверстия зубчатого колеса до и после ХТО; a , b , c , d , e - постоянные коэффициенты.

Для выбора формы связи, оценки ее тесноты и достоверности, а также установления некоторых закономерностей изучаемого процесса на ЭВМ для каждой партии деталей были рассчитаны коэффициенты уравнений (1) и (2) и ряд других параметров.

Основные результаты выполненных расчетов приведены в табл. 1.

Было установлено, что уравнение (2) с несколько большей точностью описывает изучаемый процесс, однако улучшение характеристик адекватности модели (F - критерия Фишера, средней относительной ошибки уравнения связи $\epsilon_{\text{ср}}$, остаточной суммы квадратов S) для него по сравнению с уравнением (1) составляет не более 4-6% при одновременном значительном усложнении расчетов.

Поэтому для описания механизма технологической наследственности в рассматриваемом процессе может быть принято уравнение (1), обеспечивающее достаточно высокую точность ($\epsilon_{\text{ср}} = 0,3...8,3\%$) их моделирования.

Таблица 1

$(\bar{x} - \bar{y})_{\min} -$ $(\bar{x} - \bar{y})_{\max}$ МКМ	$\sigma_{x_{\min}} -$ $-\sigma_{x_{\max}}$ МКМ	$\sigma_{y_{\min}} -$ $-\sigma_{y_{\max}}$ МКМ	$b_{\min} -$ $-b_{\max}$	$\eta_{\text{э}_{\min}} -$ $-\eta_{\text{э}_{\max}}$	$\eta_{\text{т}_{\min}} -$ $-\eta_{\text{т}_{\max}}$
9...29	1...11	13...28	0,37... ...0,78	0,37... ...0,81	0,31... ...0,75

Примечания. 1. Значения \min и \max рассчитаны для приведены для зависимостей, описываемых уравнением (1).

Выполненная с помощью критерия ξ , Романовского оценка существенности различия между эмпирическим корреляционным отношением η_{Σ} и теоретическим корреляционным отношением η_T , рассчитанным для зависимости (2), а также между η_T и коэффициентом корреляции r_{xy} показала несущественность в различии между указанными характеристиками для всех партий зубчатых колес. Это также является доказательством того, что рассматриваемые зависимости имеют линейный характер.

Как видно из табл. 1, между значениями размеров шлицевых отверстий зубчатых колес до и после ХТО имеется значимая с вероятностью $p \geq 0,990$ (величины t – критерия Стьюдента для всех партий колес $t \geq 2,6$), но не очень тесная линейная корреляционная зависимость ($r_{xy} = 0,28...0,70$).

Анализ значений A и B (величина A характеризует часть дисперсии результирующего параметра, образовавшуюся на данной операции, а величина B – унаследованную с предыдущей операции) показывает, что большая часть погрешности шлицевых отверстий зубчатых колес в рассмотренных условиях образуется на операции ХТО ($A = 61,9...93,8\%$) и меньшая, хотя в некоторых случаях и существенная часть погрешности отверстий, наследуется с предыдущей операции ($B = 6,2...38,1\%$).

Выполненное исследование позволяет сделать следующие основные выводы:

1. Показана возможность математического моделирования, а следовательно, и целенаправленного управления процессом изменения размеров шлицевых отверстий цилиндрических зубчатых колес различных конструкций, используемых в автотракторных трансмиссиях, при их ХТО.

2. Процесс ХТО в рассмотренных условиях вызывает усадку наружного диаметра шлицевых отверстий зубчатых колес в пределах $9...29$ мкм.

$r_{xy_{min}}$ – – $r_{xy_{max}}$	$\epsilon_{cp_{min}}$ – – $\epsilon_{cp_{max}}$, %	F_{min} – – F_{max}	A_{min} – – A_{max} , %	B_{min} – – B_{max} , %
0,28...0,70	0,3...8,3	0,65...1,41	69,9...93,8	6,2...38,1

исследованных партий зубчатых колес. 2. Величины ϵ_{cp} , F , b

3. Оптимизация исходной точности отверстий зубчатых колес до ХТО в рассмотренных условиях может способствовать существенному повышению их конечной точности, но в меньшей степени, чем совершенствование самого процесса ХТО.

Л и т е р а т у р а

1. Влияние шевингования на изменение некоторых показателей точности зубчатых колес / М.М.Кане, А.Ф.Горбачевич, М.А.Школьник, Ю.Б.Якубович. – В сб.: Прогрессивная технология машиностроения. Мн., 1972, вып. 4.

УДК 621.9.06

П.С.Чистосердов, канд. техн. наук (ММИ),
В.Г.Беляй, инженер (БПИ)

КИНЕМАТИКА ТОЧЕК, ЛЕЖАЩИХ НА ПОВЕРХНОСТИ ДЕФОРМИРУЮЩЕГО ШАРА, ПРИ ОБРАБОТКЕ ПЛОСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ КОМБИНИРОВАННЫМ ИНСТРУМЕНТОМ

При совмещенной обработке резанием и ППД плоских поверхностей на фрезерных станках комбинированному инструменту (КИ) сообщается вращательное движение, а детали – движение подачи (рис. 1).

Свяжем неподвижную систему координат ХУZ с поверхностью детали и рассмотрим траекторию движения деформирующего шара в проекции на плоскость ХОУ за время одного оборота. Эту траекторию можно разбить на два участка. На первом участке АВ с периодом t_1 (начало в точке А) деформирующий шар совершает свободное движение, т. е. движется вместе с корпусом инструмента, оставаясь неподвижным относительно собственных координатных осей. Второй участок ВС является рабочим, характеризующимся периодом t_2 , в течение которого осуществляется непрерывный контакт деформирующего элемента с деталью.

Введем следующие системы координат: $X_1Y_1Z_1$ – система координат, связанная с корпусом инструмента; $X_2Y_2Z_2$ – подвижная система координат, связанная с деформирующим шаром, при этом она всегда направлена по касательной к траектории движения точки O_2 .

На первом участке точки, лежащие на поверхности деформирующего шара, совершают вращательное движение вокруг оси