

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРЕРЫВИСТОГО ТОЧЕНИЯ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС

Дмитрий Юрьевич Колодяжный, управляющий директор
 ОАО "Управляющая компания "Объединенная двигателестроительная корпорация"
Сергей Леонидович Мурашкин, заведующий кафедрой технологии машиностроения Санкт-Петербургского государственного политехнического университета, профессор, д.т.н.

В статье приведены результаты экспериментов по определению стойкости специального резца с двумя режущими пластинами, точности при обработке заготовок зубчатого колеса с зубьями, сформированными на заготовительном этапе. In article presented experiments results of evaluation of special cutting-tool durability with two cutter plates of precision during processing of cog wheel billets with cogs formed on preliminary stage.

Ключевые слова: машиностроение, технологии, прерывистое точение, зубчатые колеса.
Keywords: mechanical engineering, technologies, intermittent turning, cog wheels.

Современные требования интенсификации производства, ускоренного развития машиностроения, турбостроения, авиационной, космической и других отраслей техники выдвигают на первый план технологии, обеспечивающие экономию энергии и материалов.

Действующая в настоящее время технология изготовления зубчатых колес, базирующаяся в основном на применении процессов резания, требует радикального улучшения, так как процесс формообразования зубьев на фрезерных и зуборезных станках отличается крайне низкой производительностью. В последнее время все шире используются различные методы получения заготовок зубчатых колес с уже сформированными зубьями.

Установлено, что точность изготовленных такими методами зубчатых колес в зависимости от размеров и материала заготовок колеблется в пределах от 10 до 12 степеней точности. Диаметр поверхности вершин зубьев выполняется по 13-15 квалитетам. Припуски при обработке поверхности вершин зубьев составляют 1,5...2,5 мм.

Токарная обработка поверхности вершин зубьев таких заготовок зубчатых колес неизбежно приводит к прерывистому резанию.

К числу основных характеристик процессов механической обработки относятся: стойкость режущего инструмента, точность выполнения размеров и шероховатость поверхности. Стойкость инструмента характеризует его способность возможно длительное время и экономически эффективно обеспечивать обработку заготовок резанием в пределах заданных технических условий.

В технической литературе, посвященной исследованию прерывистого резания, вопросу стойкости инструмента уделено достаточно внимания. В ряде работ [1, 2] отмечается отрицательное влияние на стойкость инструмента колебаний инструмента. Однако известны и противоположные результаты, когда рациональный выбор материала режущего инструмента и параметров колебаний приводит к повышению его стойкости [3, 4, 5].

При проведении соответствующих исследований стойкость режущих инструментов рассматривалась как функция скорости резания и подачи, т.е. $T = f(V, S)$. Наиболее часто используется степенная зависимость:

$$T = C_p \cdot V^{n_1} \cdot S^{n_2}, \quad (1)$$

где T - стойкость инструмента, мин;

$C_p > 1$ - постоянный коэффициент, зависящий от различных факторов (вид обработки, глубина резания, обрабатываемый материал, геометрия режущего инструмента и т.д.);

V - скорость резания, м/мин;

S - подача, мм/об;

n_1, n_2 - показатели степени.

Обработка производилась специальным резцом с двумя режущими пластинами, расположенными на разной высоте относительно оси заготовки. Одна из пластин расположена по центру, другая ниже центра. При этом реализуется принцип разделения припуска, что приводит к уменьшению периодически изменяющейся силы резания.

При этом исследуется экспериментальная зависимость вида (1)

методом многофакторного планируемого эксперимента типа 2^2 .

Нахождение модели методом многофакторного эксперимента включает:

- а) планирование эксперимента;
- б) собственно эксперимент;
- в) проверку воспроизводимости однородности выборочных дисперсий;
- г) получение математической модели объекта с проверкой статистической значимости выборочных коэффициентов регрессий;
- д) проверку адекватности математического описания.

Планирование эксперимента является процедурой выбора числа и условий проведения опытов, необходимых и достаточных для решения поставленных задач с требуемой точностью, а также выбора факторов и параметров оптимизации. В данном случае параметром оптимизации является стойкость инструмента, а факторами - подача и скорость резания.

Степенную зависимость (1) можно представить в виде:

$$y'' = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2, \quad (2)$$

где $y'' = \ln T$ - значение выходного параметра,

x_1, x_2 - натуральные логарифмы параметров V и S ,

b_0, b_1, b_2 - коэффициенты уравнения.

Для определения коэффициентов выбранной математической модели с двумя независимыми факторами воспользуемся, как было сказано ранее, полным факторным экспериментом (ПФЭ) типа:

$$n = 2^k = 2^2, \quad (3)$$

где k - число факторов,

n - общее число различных точек в плане,

2 - число уровней варьирования факторов.

С целью повышения достоверности опытных данных каждый эксперимент в каждой точке плана повторяется не менее чем три раза.

Режимы резания варьировались на двух уровнях: верхнем и нижнем (таблица). Скорость резания на верхнем уровне $V_{max} = 116,87$ м/мин; на нижнем $V_{min} = 58,4$ м/мин. Подача на верхнем уровне составляла 0,34 мм/об., на нижнем 0,11 мм/об. Глубина резания для всех опытов была постоянной: для одинарного резца $t = 2$ мм, для двойного резца $t = 1$ мм.

В качестве режущего инструмента при экспериментах использовались резцы, оснащенные многогранными неперетачиваемыми пластинками (МНП) из твердого сплава марки Т5К10. Определение стойкости инструмента производилось для стали 40ХН. Величина износа измерялась на инструментальном микроскопе.

Таблица

Уровни варьирования факторов					
Уровни факторов	x_1	$\ln x_1$	x_2	$\ln x_2$	Кодовое обозначение
Верхний (+)	116,87	4,761	0,34	-1,0790	+1
Нижний (-)	58,435	4,068	0,11	-2,2073	-1

Для резца, находящегося по центру детали, основными геометрическими параметрами являются: $\gamma = 8^\circ$, $\alpha = 8^\circ$, $\varphi = 65^\circ$, $\varphi_1 = 7^\circ$, $r = 1,6$ мм. Для резца, находящегося ниже центра детали, геометрии

ческие параметры: $\gamma = 4^\circ$, $\alpha = 12^\circ$, $\varphi = 65^\circ$, $\varphi_1 = 7^\circ$, $r = 1,6$ мм. Для одинарного реза параметры: $\gamma = 8^\circ$, $\alpha = 8^\circ$, $\varphi = 65^\circ$, $\varphi_1 = 7^\circ$, $r = 1,6$ мм.

При обработке материалов на металлорежущих станках различают следующие виды износа режущего инструмента: размерный износ h_p ; износ по задней поверхности h_z ; износ на передней поверхности инструмента h_r . В данной работе стойкость режущего инструмента определялась износом по задней поверхности. При стойкостных испытаниях резцов обычно принимается определенное значение критерия затупления инструмента. Это значение износа называется критическим $h_{з.кр}$.

В литературе приводятся сведения, что при полустойковой обработке резцами из твердого сплава критический износ $h_{з.кр} = 0,4...0,7$ мм. В данной работе за критерий затупления резцов принят износ по задней грани инструмента, равный 0,5 мм.

Зависимость износа от времени обработки в зоне нормально-го износа в первом приближении можно принять линейной. При обработке данных, они аппроксимировались линейной зависимостью.

В результате проведенных исследований получена следующая зависимость

$$T = V^{0,291} / (S^{1,031} \cdot 0,923). \quad (4)$$

Аналогично была рассчитана формула для стойкости режущего инструмента при обработке двумя резцами. Для резца, находящегося по центру детали, зависимость, полученная в результате обработки, имеет вид

$$T = V^{0,08} \cdot 17,8 / S^{0,353}. \quad (5)$$

Для резца, находящегося ниже центра детали, зависимость, полученная в результате обработки, имеет вид

$$T = V^{0,276} \cdot 4,12 / S^{0,746}. \quad (6)$$

Проверка показателей качества моделей для стойкости показала их адекватность.

Еще одной важнейшей технологической характеристикой процесса обработки заготовок зубчатых колес со сформированными зубьями является точность диаметра окружности вершин зубьев [6]. В реальных условиях именно поверхность вершин зубьев используется как в процессе настройки зуборезного оборудования, так и в процессе контроля зубчатого колеса. Таким образом, точность диаметра поверхности вершин зубьев оказывает влияние как на точность обработки, так и на точность аттестации продукции.

Сравнение результатов при обработке партии заготовок одинарным и двойным резцами показывает, что при использовании одинарного резца: среднее арифметическое значение случайной погрешности $\bar{x} = 267,5$ мкм, эмпирическое среднее квадратичное отклонение $S = 72,06$ мкм, поле рассеяния $\omega = 432,4$ мкм, что соответствует 12-му качеству точности.

При обработке двойным резцом среднее арифметическое значение случайной погрешности $\bar{x} = 347,5$ мкм, эмпирическое среднее квадратичное отклонение $S = 43,22$ мкм, поле рассеяния $\omega = 259,37$ мкм, что соответствует 11-му качеству точности.

Анализируя сказанное, можно сделать вывод, что при обработке двойным резцом стойкость больше, чем при обработке одним резцом примерно в 1,5...2,0 раза. Это происходит благодаря снижению средних сил резания на каждой вершине двойного резца из-за снижения припуска наполовину.

На основании полученных экспериментальных данных установлено, что точность размера при обработке наружного диаметра зубчатых колес двумя резцами выше, чем при обработке одним резцом.

Определено, что происходит уменьшение шероховатости поверхностного слоя после обработки зубчатых колес двумя резцами по сравнению с обработкой одним резцом.

В результате подтверждена эффективность применения двойного резца для обработки поверхности вершин зубьев на токарном станке. □

Литература

1. Бармин Б.П. Вибрации и режимы резания. - М.: Машиностроение. 1972.- 72 с.
2. Жарков И.Г., Панов И.Г. Влияние автоколебаний на стойкость инструмента. - Станки и инструмент. - 1971. - № 5. - С. 7 - 9.
3. Мурашкин Л.С., Мурашкин С.Л. Прикладная нелинейная механика станков. Л.: Машиностроение, 1977. - 192 с.
4. Мурашкин С.Л. Колебания и устойчивость движения систем станков с нелинейными характеристиками процесса резания. Автореф. ... д-ра техн. наук Л.: ЛПИ, 1980. - 37 с.
5. Подураев В.Н. Обработка резанием с вибрациями. - М., 1970. - С. 252 - 266.
6. Технология машиностроения. Колебания и точность. Учеб. пособие / Э.Л. Жуков, И.И. Козарь, С.Л. Мурашкин, Б.Я. Розовский, А.М. Соловейчик, Под ред. С.Л. Мурашкина. СПб.: Изд-во СПбГПУ, 2008. 280 с.: ил.

Связь с автором: mdir@uk-odk.ru

