

- создания высокопрочной градиентно-слоистой керамики с покрытием для скоростной лезвийной обработки без применения СОТС. Труды конгресса "Конструкторско-технологическая информатика 2000. Том 1. М.: МГТУ "СТАНКИН", 2000, с. 180 – 182.
2. Верещака А.С. Работоспособность режущего инструмента с износостойким покрытием. М.; Машиностроение, 1993. с. 368.
 3. Верещака А.С. Некоторые методологические принципы создания функциональных покрытий для режущих инструментов. В кн. «Современные технологии в машиностроении, - Харьков: НТУ «ХПИ», 2007. с. 210-231.
 4. Верещака А.С., Верещака А.А. Повышение эффективности инструмента путем управления составом, структурой и свойствами покрытий. М.: Упрочняющие технологии и покрытия. № 9, 2005. с. 9-18.
 5. Верещака А.А. и др. Патент РФ № 2198243. Многослойно-композиционное износостойкое покрытие. 10.02. 2003 с приоритетом от 05.08.1998..
 6. Panckow A.N. Application of novel vacuum-arc ion-plating technologies for the design of advanced wear resistant coatings. / A.N. Panckow, J. Steffenhagen, D. Wegener, L. Dubner, F. Lierath. // Surface and Coating Technologies 138 (2001). P. 71-76.
 7. Byrne G., Dornfeld D., Denkena B. Advancing Cutting Technology. Annals of the CIRP, 52/2/2003. (In English)
 8. Верещака А.С., Григорьев С.Н., Табаков В.П. Методические принципы создания функциональных покрытий нового поколения в инструментальном производстве. // Инженерный журнал. Справочник. 2011. № 12(177). с. 13 – 22.
 9. Сотова Е.С., Верещака А.С. Управление контактными процессами при резании путем нанесения функциональных покрытий на керамический инструмент. Вестник МГТУ «Станкин». Научный рецензируемый журнал. М.: МГТУ «Станкин», № 2(14), 2011, с. 61-68.
 10. Vereshchaka A.S., Vereschaka A.A., Kirillov A.K., Ecologically friendly dry machining by cutting tool from layered composition ceramic with nano-scale multilayered coatings. ТТр, Trans Tech Publications. Т. 1. GD. JMU. 2011. P. 68-76.
 11. Grigoriev S.N., Vereschaka A.A., Vereschaka, A.S., Kutin A.A. Cutting tools made of layered composite ceramics with nano-scale multilayered coatings. Procedia CIRP 1 (2012) 318 – 323.

Критерии оптимизации зубообрабатывающих операций, основанных на различных методах формообразования зубьев

к.т.н. проф. Виноградов В.М., к.т.н. доц. Черепяхин А.А.
Университет машиностроения
tkm1410@yandex.ru

Аннотация. Рассмотрена структурная схема операций механической обработки зубчатых венцов. Предложены показатели, характеризующие точность и стабильность протекания зубообрабатывающих операций. Даны предложения по оптимизации технологических цепочек изготовления цилиндрических зубчатых венцов.

Ключевые слова: зубчатое колесо, обработка, погрешность, точность, стабильность.

Различные методы формообразования впадин между зубьями колес в значительной мере определяют содержание, длительность и качественные показатели зубообрабатывающих операций. Высокая точность и качество цилиндрических среднемодульных зубчатых колес, применяемых в машиностроении, зависят от производительности, точности и стабильности протекания операций зубообработки.

В целом оптимальность технологического процесса зубообработки цилиндрических колес определяется правильным подбором операций предварительного зубонарезания и последующей отделочной обработки зубьев колес по производительности, точности и стабильности во времени с учетом явлений технологической наследственности.

Согласно ГОСТ 27.202-83 «Технологические системы. Методы оценки надежности по параметрам качества изготавливаемой продукции» операцию зубообработки с позиции точности и стабильности можно представить в виде структурной схемы (рисунок 1).

В целом точность зубообрабатывающей операции – это степень соответствия фактического рассеивания показателей качества заданным допускам. Для количественной оценки точности отдельной операции и возможности сравнения нескольких конкурирующих вариантов операций, выполняемых различными методами зубообработки, удобно пользоваться коэффициентом точности, определяемым отношением поля рассеивания к полю допуска.

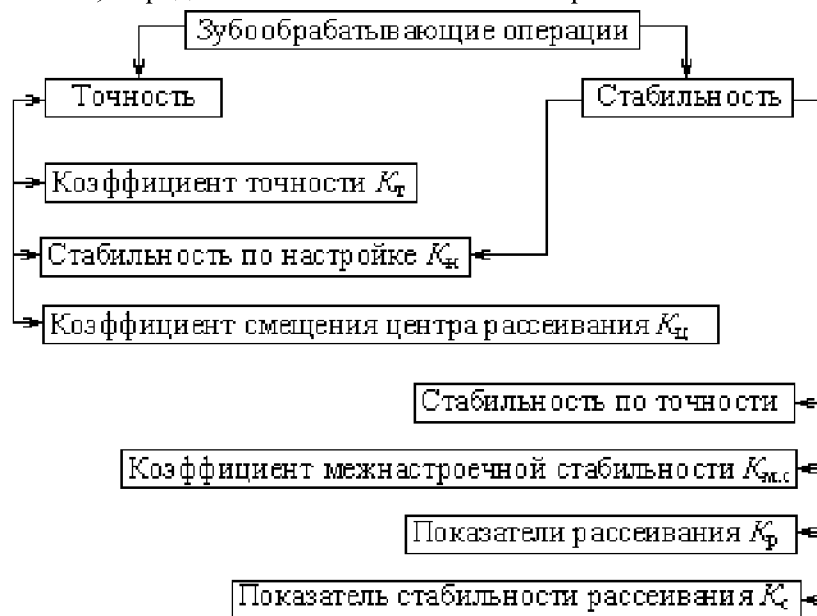


Рисунок 1 – Структурная схема операции зубообработки

Так как при зубообработке большая часть погрешностей изготовления зубчатого венца подчиняется законам распределения существенно положительных величин, то для определения коэффициента точности можно пользоваться формулой: $K_T = 5,25 \cdot \sigma / \delta$, где: σ – средне-квадратическое отклонение; δ – допуск, представляющий собой разность между наибольшим и наименьшим допустимыми значениями показателей качества.

Точность любой операции зубообработки зависит от величины как суммарных, так и составляющих погрешностей, возникающих в период настройки станка на размер и в ходе протекания самой операции. Количественная характеристика погрешностей обработки и первичные факторы, вызывающие эти погрешности в ходе операции, не остаются постоянными и подчиняются определенным законам распределения. Поэтому для определения более точной характеристики операций зубообработки их следует рассматривать как операции, протекающие во времени. Последнее обстоятельство требует соответствующего подхода и к определению основных параметров операции зубообработки.

Поскольку величины некоторых из этих параметров в разные моменты времени принимают различные значения, значения точностных характеристик зубообрабатывающих операций должны определяться в функции времени. Выбор схемы хода технологической операции и закона мгновенного распределения для момента времени T_i дает возможность вполне однозначно определять теоретический закон распределения для каждой партии деталей и их совокупностей.

В большинстве случаев тип закона распределения для определенной зубообрабатывающей операции не меняется на протяжении изготовления всей партии деталей, изменяются лишь параметры распределения.

Любая операция зубообработки при напряженном режиме скоростного резания или пластического деформирования протекает в условиях постепенного износа и затупления инструмента. При этом положение центра группирования изменяется в ходе процесса по определенному закону и может быть представлено в виде точечных диаграмм, показанных на ри-

сунках 2 и 3.

Естественно, если технологическая операция протекает с постоянной (или ограниченной определенными пределами) интенсивностью факторов, вызывающих появление производственных погрешностей, то износ инструмента, как правило, изменяющийся фактор, должен оказывать решающее влияние на изменение положения центра группирования. Возникает вопрос, по какому закону происходит смещение центра группирования и имеет ли место постоянство интенсивности смещения.

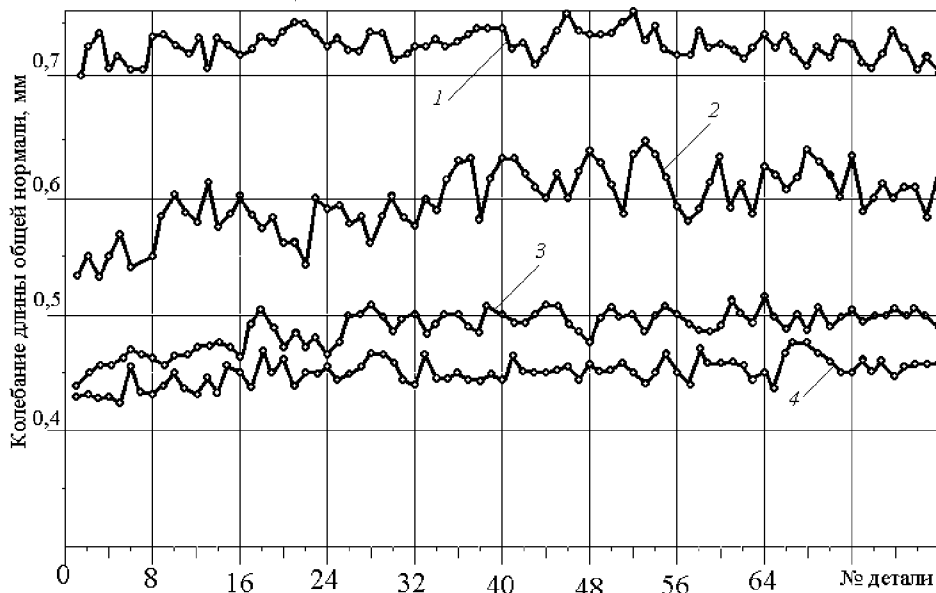


Рисунок 2 – Точечные диаграммы хода операций зубообработки:
1 – кругодиагональное протягивание зубьев; 2 – фрезерование однозаходной червячной фрезой; 3 – шевингование зубьев; 4 – холодное калибрование зубьев двумя накатниками

Многие авторы склонны считать, что смещение центра группирования протекает по линейному закону, упрощая этим действительную картину хода технологической операции.

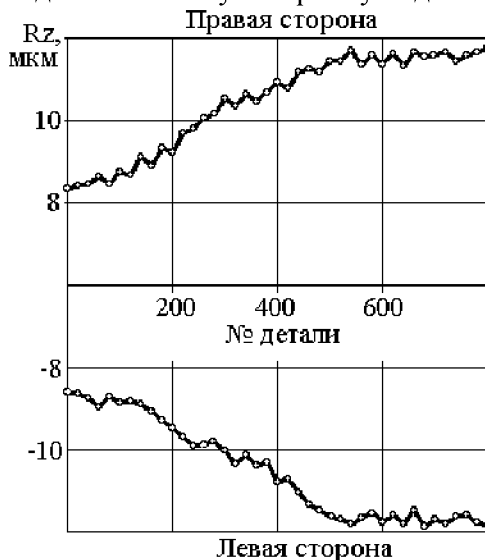


Рисунок 3 – Изменение величины параметра шероховатости боковых поверхностей зубьев колес по мере затупления кругодиагональной протяжки

Однако исследования, проведенные Н.А. Бородачевым, А.М. Даниеляном, В.И. Гостевым, А.В. Панкиным, В.Д. Клепиковым и др., опровергают гипотезу о линейном смещении центра группирования в технологических операциях с ярко выраженным износом инструмента. Линейный закон смещения центра группирования характерен только для очень стабильных операций, выполняемых на жестких станках с простой кинематикой, при использо-

вании высококачественного инструмента с большим периодом стойкости. Таким образом, каждая операция зубообработки имеет свои специфические особенности протекания ее во времени, а следовательно, и свою точностную диаграмму, характеризующую точность и стабильность операции.

Под стабильностью зубообрабатывающей операции подразумевается способность операции в течение определенного времени сохранять в заданных пределах положение мгновенной средней $X_{ср}$ и величину мгновенного рассеивания. Она характеризуется рядом показателей, которые можно представить в виде коэффициентов $K_{м.с.}$, K_n , $K_{ц}$, K_p и K_c .

Коэффициент межнастроечной стабильности $K_{м.с.}$ рассчитывается по формуле: $K_{м.с.} = \sigma_n / \sigma_1$, где: σ_1 и σ_n – средние квадратические отклонения первой и последней мгновенных выборок.

Показатель уровня настройки K_n (характеризует точность настройки оборудования в начальный после настройки период обработки) определяется по первой мгновенной выборке после настройки станка по формуле: $K_n = (X_n - X_1) / \delta$, где: X_n – заданный уровень настройки; X_1 – среднее значение первой мгновенной выборки.

Коэффициент смещения центра рассеивания $K_{ц}$ определяется по формуле: $K_{ц} = (X_{ср.п} - X_{ср.1}) / \delta$, где: $X_{ср.п}$ – среднее значение последней перед новой настройкой мгновенной выборки.

Показатель рассеивания K_p по выборкам и показатель стабильности рассеивания по выборкам, взятым в разные периоды времени, характеризуют изменение показателей рассеивания с течением времени: $K_p = \omega / \delta$, $K_c = K_p(t_2) / K_p(t_1)$, где: ω – поле рассеивания контролируемого параметра соответствующей выборки.

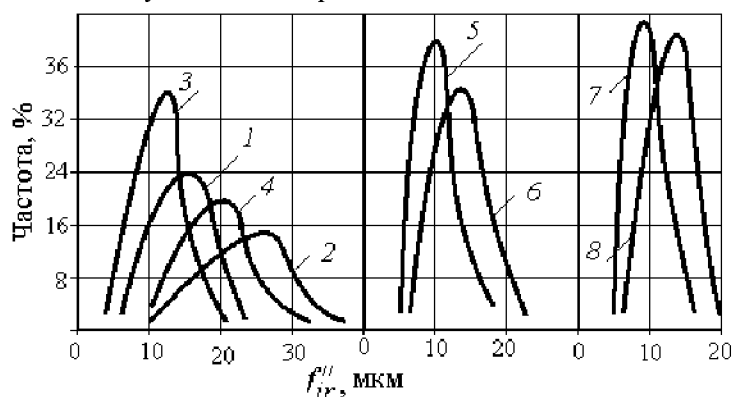


Рисунок 4 – Кривые распределения погрешности f'' для разных операций зубообработки: 1 – кругодиагональное протягивание зубьев; 2 – фрезерование однозаходной червячной фрезой; 3 – шевингование зубьев; 4 – холодное калибрование зубьев; 5 – фрезерование современной фрезой уменьшенного диаметра – шевингование; 6 – фрезерование стандартной фрезой – шевингование; 7 – протягивание – калибрование; 8 – протягивание – шевингование

Исследования точности и стабильности различных зубообрабатывающих операций [6] (рисунок 4) позволили сделать следующие выводы:

- Традиционная технологическая цепочка «фрезерование стандартной червячной фрезой – шевингование» позволяет получить зубчатые венцы 7 степени точности по нормам плавности и 6 степени кинематической точности.
- Применение современных червячных фрез уменьшенного диаметра позволяет увеличить точность обработки по нормам плавности на 1 степень.
- Технологическая цепочка «нарезание венца кругодиагональным протягиванием – шевингование» позволяет получать зубчатые венцы 6 степени точности.
- Применение чистового калибрования вместо шевингования получить венцы 6 степени точности с уменьшенной шероховатостью рабочей поверхности зуба.

Литература

1. Гуревич Я.Л., Горохов М.В. Режимы резания труднообрабатываемых материалов. Справочник: М., Машиностроение, 1986. 268 с.
2. Максимов Ю.В., Оленин Л.Д. и др. Сопоставительный анализ методов расчета процесса резания: М., Известия МГТУ «МАМИ», № 1(11), 2011. с. 159 – 169.
3. Подураев В.Н. Резание труднообрабатываемых материалов. М.: Высшая шк., 1974. 590 с.
4. Черепяхин А.А., Кузнецов В.А. Технология конструкционных материалов. Обработка материалов резанием: М., изд. Академия, 2011. 287 с.
5. Клепиков В.В. Комплексный подход к теоретическим и экспериментальным методам обработки зубчатых колес. Монография. М. издательство «Поиск», 2001. 577 с.
6. Черепяхин А.А., Виноградов В.М. Высокопроизводительное протягивание фасонных поверхностей. Монография: Deutschland, Leipzig, the publishing house Lambert Academic Publishing., 2012. 293 с.

Перспективы развития и применения физико-химических методов и технологий в производстве двигателей

к.т.н. проф. Шандров Б.В., к.т.н. проф. Моргунов Ю.А., д.т.н. проф. Саушкин Б.П.
Университет машиностроения
8-916-376-83-56, morgunov56mail.ru

Аннотация. В работе обоснована и подчеркнута роль технологий физико-химической обработки деталей машин в производстве наукоемкой техники. Обобщены и сформулированы основные направления развития таких технологий и средств технологического оснащения. Представлены основные области применения технологий электроэрозионной, электрохимической, лазерной обработки в производстве двигателей. Показана целесообразность и эффективность использования таких технологий для решения новых технологических задач, связанных с удалением припусков величиной 1...30 мкм с получением поверхностей с шероховатостью Ra = 0,2...0,4 мкм.

Ключевые слова: технологии физико-химической обработки, технологии электроэрозионной, электрохимической, лазерной обработки, целесообразность и эффективность использования

Уровень индустриального развития и инвестиционной активности в машиностроении оценивается величиной потребления металлообрабатывающего оборудования на душу населения, выраженного в денежной форме. По данным ежегодного обзора мирового производства и импорта-экспорта металлообрабатывающего оборудования, подготовленного компанией Garduer Publications Inc. (США), Россия по этому показателю в 2008 году находилась на 28 месте, в то время как в начале 80-х годов СССР занимал 3 место [1].

Анализ машиностроительной продукции, выпускаемой наиболее развитыми странами, указывает на наличие корреляции между уровнем развития отдельной страны и долей наукоемкой продукции в структуре изделий машиностроительной отрасли [2]. Это соответствует общей устойчивой тенденции мирового рынка к возрастанию доли наукоемкой продукции в суммарном объеме производимых товаров и услуг [3–6]. Оценить уровень индустриального развития отдельной страны по этому показателю можно, сопоставив экспорт и импорт наукоемкой продукции. Так, общая доля машин, оборудования, транспортных средств, экспортируемых из России, составила в 2006 году около 5%, а импортируемых в страну – 46%. Доля России в мировом рынке наукоемкой продукции составляет около 0,3% [1].

Повышение доли выпуска наукоемкой продукции, все более глубокая переработка сырья и полуфабрикатов, разработка новых научных идей и принципов организации и развития производства, включая его электронную компоненту – производство средств управления и контроля – это основные задачи, решение которых позволит нашей стране сохранить и упро-