

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА РЕЗАНИЯ ЗУБОМ ЧЕРВЯЧНОЙ ФРЕЗЫ

Барсукова О.А. – студент, Черданцев П.О. – ассистент каф. ТМиММ
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Исследование вопросов повышения стойкости червячных фрез связано со значительными затратами на изготовление опытного инструмента с целью экспериментальной оценки эффективности предлагаемых решений.

В то же время известно, что износ по задней поверхности зубьев червячной фрезы вдоль витка неравномерен (рисунок 1). Исходя из этого, оценить увеличение стойкости фрезы вследствие изменений параметров её конструкции, таких как, передний угол при вершинной кромке, задние углы, параметры коррекции зубьев в случае конструкции с прогрессивной схемой резания, наличие износостойких покрытий, можно, оценив увеличение стойкости наиболее изнашиваемого зуба.

Таким образом, целесообразно моделировать процесс резания одного (N-го) из зубьев червячной фрезы, подвергающегося наибольшему износу. Для этого предлагается применять следующую модель процесса зубофрезерования. В качестве режущего инструмента в модели используется дисковая однозубая фасонная фреза, профиль зуба которой соответствует профилю зуба червячной фрезы. В качестве заготовки используется вал с предварительно нарезанными продольными канавками, имитирующими впадину, остающуюся после работы предыдущего (N – 1)-го зуба.

Предлагаемая модель основана на следующих особенностях зубофрезерования:

- каждый зуб снимает слой определённой формы (рисунок 2);
- траектория движения любой точки его режущих кромок – окружность.

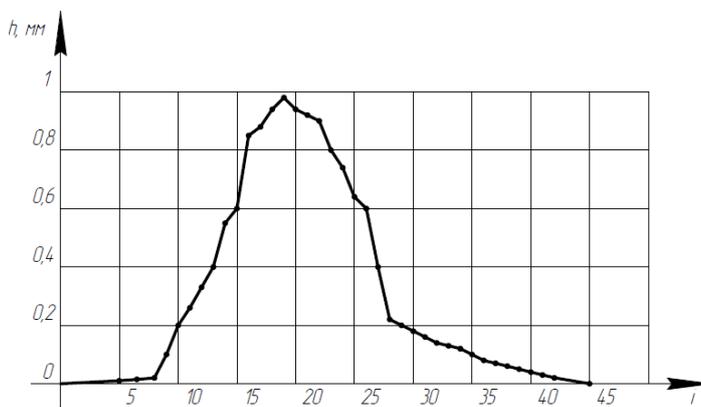


Рисунок 1

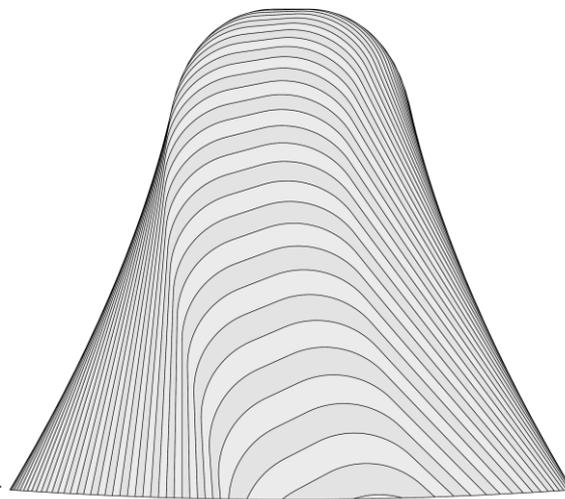


Рисунок 2

Прежде чем использовать модель, на предварительном этапе необходимо установить, какой зуб червячной фрезы подвергается наибольшему износу. После этого необходимо изготовить вал с продольными канавками, имитирующими впадину, остающуюся после работы зуба, предшествующего работе зуба, подвергающегося наибольшему износу. С учётом того, что наиболее изнашиваемые зубья снимают слои П-образной формы, полностью копируя свой профиль (рисунок 2), в качестве инструмента для этого можно воспользоваться дисковой фасонной фрезой с профилем зубьев, соответствующим профилю зубьев червячной фрезы (рисунок 3). При этом фрезе задаётся смещение относительно оси заготовки вала на величину

$$\Delta = \left(\frac{\sqrt{z(h_a^* + h_f^*) + h_a^{*2} - h_f^{*2}}}{\pi} - \frac{N-1}{z_0} \right) P_{n0}, \text{ мм}$$

где N – номер зуба, подвергающегося наибольшему износу, P_{n0} – нормальный шаг зубьев фрезы, z_0 – число реек фрезы, z – число зубьев колеса, h_a^* и h_f^* – коэффициенты высоты головки и ножки зуба колеса соответственно. Диаметр вала соответствует диаметру окружности вершин колеса, процесс нарезания которого исследуется. После фрезерования канавки вал поворачивается с помощью делительной головки на угол

$$\varphi = \frac{360^\circ}{z}, \text{ град.}$$



Рисунок 3

По окончании обработки вала фреза заменяется на дисковую однозубую фасонную фрезу, собственно имитирующую работу зуба червячной фрезы. При этом фрезе задаётся смещение относительно оси заготовки вала на величину

$$\Delta = \left(\frac{\sqrt{z(h_a^* + h_f^*) + h_a^{*2} - h_f^{*2}}}{\pi} - \frac{N}{z_0} \right) P_{n0}, \text{ мм.}$$

Вал при этом доворачивается на угол

$$\psi = \frac{360^\circ}{z \cdot z_0}, \text{ град.}$$

Режимы резания при моделировании назначаются в соответствии с режимами при зубофрезеровании.

Предлагаемая модель позволяет значительно сократить расходы на проведение экспериментальных исследований, связанных со стойкостными испытаниями червячных фрез, что в свою очередь позволит интенсифицировать исследования, направленные на увеличение их стойкости.

ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫЕ МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ОБРАБАТЫВАЕМЫХ ДЕТАЛЕЙ И РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

Акарцева Е.А.- студент, Бувич В.Н.- к.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Рост автоматизации производственных процессов в машиностроении предъявляет высокие требования к средствам контроля состояния металлорежущего инструмента и геометрических параметров обрабатываемых деталей. Чем чаще производится наблюдение за параметрами, тем раньше выявляются отклонения, а процесс точнее приближается к оптимальному.

Обеспечение надежности автоматически выполняемого процесса резания на станках с ЧПУ и автоматических линиях, использующих осевой, а также однолезвийный и многолезвийный сборный твердосплавный инструмент, напрямую связано с эффективностью и надежностью контроля его состояния, поскольку отказы данного вида оборудования по вине инструмента составляют более 50% от времени вынужденных простоев.

Одна из основных проблем - определение текущей работоспособности инструмента для определения момента его замены. Эта задача значительно усложняется очень большим количеством используемых инструментов и разбросом их стойкости. Так, стойкость даже одного и того же инструмента может отличаться на сотни процентов. Принудительная замена инструментов по графику, который составляется на основании предшествующих испытаний, не позволяет полностью использовать их режущую способность, так как замену приходится осуществлять по параметру гарантийной стойкости, которая определяется на основании статических данных и имеет нижнее значение, так как не учитывает индивидуальные особенности каждого экземпляра инструмента.

В настоящее время особое внимание уделяется бесконтактным оптико-электронным методам. Они позволяют производить активный контроль и следить как за состоянием инструмента на всем протяжении его работы, так и за геометрическими параметрами обрабатываемых деталей без останова станка.

Бесконтактные методы измерений имеют следующие основные преимущества:

- отсутствует механический износ измерительного элемента, что увеличивает точность и надежность измерений;
- контроль осуществляется быстрее, чем при использовании контактных методов;
- исключается необходимость переноса детали в измерительную позицию;
- исключается возможность повреждения поверхности детали;
- возможно производить активный контроль и следить за качеством инструмента и детали без останова станка.

Наиболее перспективным средством автоматизации процессов контроля и управления являются оптико-электронные приборы и системы (ОЭПиС) формирования и обработки изображения. Современные оптико-электронные методы контроля основаны на получении высококачественного изображения контролируемого объекта, преобразования его в электрический видеосигнал, перевода в цифровую форму и компьютерного анализа.

Системы технического зрения (СТЗ), основанные на оптико-электронных бесконтактных методах измерений имеют определенную структуру.

Система технического зрения обычно состоит (см. рис.1) из оптического устройства формирования изображения 1, телевизионной камеры 2, электронного блока обработки сигналов 3, аналого-цифрового преобразователя 4, устройства сопряжения 5, компьютера 6. Аппаратные и программные средства СТЗ формируют изображение и осуществляют его анализ путем сравнения с эталонными данными, хранящимися в памяти компьютера.

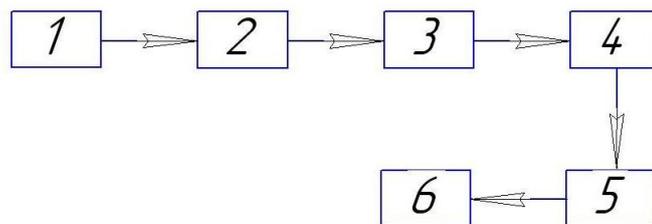


Рис1.- Структура системы технического зрения

Основным элементом СТЗ является матрица воспринимающих элементов (например, фотодиодов) или элементов ПЗС-структуры. При наличии объекта в зоне контроля на поверхности матрицы формируется его изображение.

Точность измерения зависит от количества воспринимающих элементов, приходящихся на единицу площади матрицы. Современные СТЗ позволяют осуществлять измерения с точностью до сотых и даже тысячных долей мм.

Кроме измерений СТЗ используются для решения еще одной, очень важной задачи - распознавания образов (например, идентификация заготовок, деталей и инструментов).

Образ - множество объектов, объединенных общими свойствами (например, конфигурацией).

Изображение - каждый конкретный объект из множества объектов, объединенных в образ.

Термин "распознавание образов" означает отнесение конкретного изображения к определенному образу - так называемое, восприятие изображения.

Системы восприятия СТЗ делятся на 2 основных класса:

-системы полного восприятия - неискаженное (полное восприятие), например, это системы передачи, хранения и обработки видеoinформации;

-системы ограниченного восприятия, в которых только нескольким элементам информационного поля ставится в соответствие один элемент внутреннего представления.

Большинство СТЗ, предназначенных для решения задачи распознавания, относится к классу систем ограниченного восприятия, так как внутреннее представление образов должно быть таким, чтобы лишь идентифицировать объект без точного его восприятия. Очевидно, что это позволяет значительно упростить СТЗ и уменьшить их стоимость [2].

Таким образом, организация активного бесконтактного контроля – мощный и эффективный способ повышения качества выпускаемой продукции. Внедрение контроля благоприятно сказывается на состоянии технологической дисциплины, дает возможность целенаправленно, точно и оперативно воздействовать на параметры технологического процесса и сократить время технологического цикла.

Оптико-электронные системы, используя вычислительную технику, позволяют продуктивно перераспределить трудовые ресурсы и существенно повысить продуктивность труда с одновременным снижением себестоимости выполняемых работ. Измерительная система берет на себя все рутинные операции измерения и вычисления, а оператор только руководит процессом измерения.

Список литературы

1. Литеров Р. Т. Оптико-электронные приборы и системы формирования и обработки изображения. –М.: Наука, 1999
2. Шкарин Б.А Основы гибких автоматизированных машиностроительных производств: Учебное пособие. М.: Машиностроение, 2002.
3. Андреев А.Л., Ярышев С.Н., Стрелков А.Р. Аппаратные и программные средства оптико-электронных приборов с телевизионными датчиками на ФПЗС: Методическое указание. - СПб: ИТМО, 1995.

АВТОМАТИЗАЦИЯ РАСЧЕТА И ПРОЕКТИРОВАНИЯ КОМБИНИРОВАННОЙ ШЛИЦЕВОЙ ПРОТЯЖКИ

Кондратьев И.Ю. – магистрант, Леонов С.Л. – к.т.н., профессор
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Протягивание – одна из эффективных операций обработки материалов резанием, выполняемая режущим инструментом-протяжкой, обеспечивающая получение изделий высокой точности (до 6 квалитета) и шероховатость обработанной поверхности до $Ra = 0,32$ мкм. С помощью протяжек можно обрабатывать внутренние и наружные поверхности различной формы. По сравнению с другими способами механической обработки протягивание имеет ряд преимуществ. Одновременное участие в работе нескольких зубьев обеспечивает большую величину минутной подачи в процессе протягивания. При этом, несмотря на низкую скорость рабочего движения $V=2...12$ м/мин (по чугуна твердосплавные протяжки имеют $V=40...50$ м/мин) [1], относительная скорость снятия припуска получается выше, чем у других инструментов, что определяет высокую производительность процесса протягивания.

Точность обработки не ниже 7 квалитета. Высокое качество обрабатываемых поверхностей – $Ra = 0,92$ мкм и в отдельных случаях – $Ra = 0,16$ мкм по ГОСТ 2789-73;

Высокая стоимость инструмента и его сложность определяют и область применения протяжек – массовое и крупносерийное производство. Однако применение протяжек дает значительный эффект на предприятиях с мелкосерийным и даже единичным производством, если размеры и формы обрабатываемых поверхностей нормализованы, а также в случаях, когда протягивание – единственно возможный или наиболее экономичный способ обработки.

Для конструкции протяжки характерно большое количество различных элементов и их параметров. Основными являются (рисунок 1, 2): материал режущей и хвостовых частей, шаг и глубина впадин зубьев, число зубьев в секции, распределение подъема зубьев вдоль режущей части и т.д.. Поэтому использование ЭВМ при проектировании снижает сроки подготовки производства, трудоемкость и себестоимость изготовления инструмента.

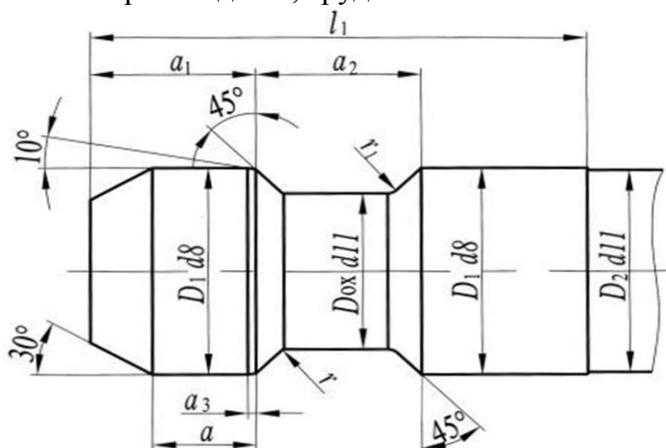


Рисунок 1. Основные хвостовика протяжки

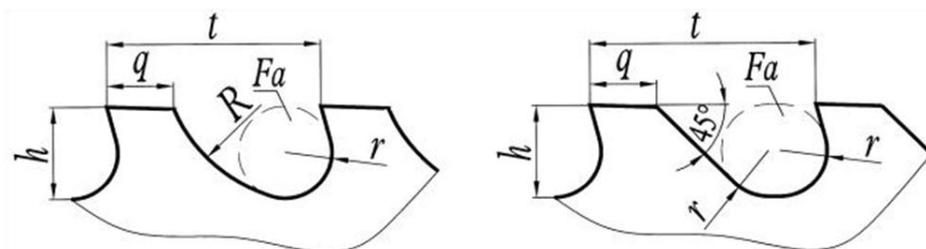


Рисунок 2. Шаг и глубина впадин зубьев протяжки

Алгоритм расчетов предусматривает проектирование протяжек, имеющих фасочные, круглые, шлицевые зубья. Исходными данными для проектирования являются:

- размеры, точность и шероховатость протягиваемого шлицевого отверстия;
- материал детали и его твердость;
- метод обработки и диаметр отверстия заготовки;
- технические параметры протяжного станка;

Методика включает [1,2]:

- Выбор типа хвостовика и его размеров;
- Определение количества чистовых и калибрующих зубьев, а также припуска на чистовые зубья в зависимости от группы качества поверхности;
- Определение значений углов зубьев протяжек в зависимости от обрабатываемого материала детали;
- Расчет режимов обработки;
- Определение глубины стружечных канавок производится по условию размещения стружки и по условию обеспечения жесткости протяжки;
- Расчет максимального усилия протягивания производится по условию прочности опасного сечения режущей части;
- Расчет припусков на протягивание в зависимости от типа протяжки;
- Расчет количества и диаметр зубьев различного вида;
- Расчет общей длины протяжки и ее частей.
- Определение стойкости инструмента.

Результатом проектирования являются расчетные данные, параметры и технические требования для рабочего чертежа протяжки заданного типа, а также различные технико-экономические показатели.

В настоящее время в среде табличных процессов EXCEL разрабатывается программное обеспечение для автоматизации расчета и проектирования комбинированной шлицевой протяжки.

Список литературы

1. Протяжки для обработки отверстий / Д.К.Маргулис, М.М.Тверской, В.Н.Ашихмин и др. – М.: Машиностроение, 1986. – 232 с., ил. – (Б-ка инструментальщика).
2. Щеголев А.В. Конструирование протяжек. М.: Машгиз, 1960. – 352 с.

НЕПЕРЕТАЧИВАЕМЫЕ ЧЕРВЯЧНЫЕ ФРЕЗЫ С ПРОГРЕССИВНОЙ СХЕМОЙ РЕЗАНИЯ

С.А. Осипов, П.О. Черданцев,

Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Нарезание зубьев является самым трудоёмким этапом в технологии изготовления зубчатых колёс (до 50 – 60% от общей трудоёмкости). Наиболее распространённым способом зубонарезания является зубофрезерование. Оно наиболее производительное по сравнению с другими способами зубообработки, однако по сравнению, например, с точением является малопродуктивным процессом, что обусловлено тяжёлыми условиями резания. Это отрицательно сказывается на себестоимости обрабатываемых колёс.

Сократить расходы можно, либо увеличив стойкость инструмента при тех же режимах резания, либо повысив режимы резания при неизменной стойкости. Можно выделить несколько направлений увеличения стойкости червячной фрезы.

Во-первых, это увеличение передних углов. Однако при обработке таким инструментом происходит искажение профиля зуба колеса, следовательно необходима корректировка профиля зуба фрезы, что усложняет её проектирование и производство. Также следует

учитывать, что с увеличением переднего угла уменьшается угол заострения, и тем самым ухудшается отвод тепла.

Во-вторых, это применение червячных фрез из высоколегированных быстрорежущих сталей или твёрдых сплавов. Однако эти материалы дорогостоящи и их применение не всегда оправдано.

В-третьих, это использование фрез с изменёнными схемами резания с целью разделения потоков стружки. При обычной схеме резания каждый зуб, прорезающий впадину колеса, работает двумя или тремя кромками, срезая Г- или П-образные слои, то есть работает в условиях несвободного резания. Для червячных фрез характерен износ по задним поверхностям боковых кромок, превышающий износ по задней поверхности вершинной кромки вследствие совместной усадки стружек разной толщины, и образование значительной лунки износа на передней поверхности вблизи уголка выходной режущей кромки вследствие схода стыка стружек. Уменьшить износ можно, разделив стружку на вершинной и боковых кромках, так как при этом уменьшатся напряжения при усадке стружки, срезаемой боковыми кромками, изменится направление схода стружки.

Наиболее перспективной реализацией отдельного стружкообразования является применение червячных фрез с прогрессивной схемой резания, когда зубья, чередуясь через один, имеют либо нормальный профиль (профилирующие зубья), либо профиль, уменьшенный по ширине и увеличенный по высоте (высотные зубья). То есть они режут только вершинной либо только боковыми кромками. При этом условия резания приближаются к условиям свободного резания. Проведённые ранее исследования показали, что при такой схеме резания наиболее нагруженными являются высокие зубья, режущие вершиной кромкой, они же лимитируют износ инструмента. Однако, учитывая то, что формирование эвольвентной части зуба происходит зубьями с нормальным профилем, можно высокие зубья в целях повышения их стойкости выполнять с некоторым положительным передним углом, не опасаясь искажения профиля зуба. При этом уменьшатся силы резания, деформация срезаемого слоя, следовательно, условия резания будут более благоприятными.

Основным недостатком применения фрез с прогрессивной схемой резания является увеличение огранки зуба из-за уменьшения числа формирующих его резцов в два раза.

Четвёртым направлением является увеличение задних углов. В конструкцию стандартных червячных фрез заложена возможность переточки, причём в ущерб стойкости, так как при затыловании по архимедовой спирали не представляется возможным обеспечить задние углы на боковых режущих кромках более $2^{\circ}30'$, и как следствие создать благоприятные условия резания. Поэтому перспективным выглядит применение неперетачиваемых червячных фрез. Так как такие фрезы не предусматривают возможных переточек, таким образом, представляется возможным, не опасаясь уменьшения их числа, назначить задние углы на вершинной кромке зубьев $15^{\circ}\dots 18^{\circ}$. Кроме того, себестоимость изготовления таких фрез существенно ниже за счёт формирования задней поверхности зубьев шлифованием вместо затылования. Примером может служить конструкция по патенту США № 5033239. Следует отметить, что число зубьев таких червячных фрез вдвое больше, чем у стандартных, за счёт отсутствия припуска на переточки.

Перспективным выглядит сочетание неперетачиваемых фрез с прогрессивной схемой резания. За счёт отдельного стружкообразования и увеличенных задних углов стойкость фрезы увеличится, что, учитывая работу без переточек, особенно актуально. В то же время, за счёт увеличенного числа зубьев по окружности, компенсируется недостаток, связанный с увеличенной огранкой зубьев нарезаемого колеса.

Таким образом, применение неперетачиваемых червячных фрез с прогрессивной схемой резания увеличивает их стойкость (либо позволяет интенсифицировать режимы резания), при этом технология их изготовления дешевле технологии изготовления стандартных фрез. Применение фрез с положительным передним углом на вершинной режущей кромке, как ожидается, позволит ещё более увеличить стойкость инструмента. Как следствие

уменьшится расход инструмента, что положительно скажется на стоимости обрабатываемых зубчатых колёс. Целью проводимых исследований является определение оптимального значения переднего угла на вершинной режущей кромке высоких зубьев.

НОРМИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ХОНИНГОВАНИЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ КИНЕМАТИКИ ПРОЦЕССА И РАСПОЛОЖЕНИЯ ЗЕРЕН НА РАБОЧЕЙ ПОВЕРХНОСТИ АЛМАЗНЫХ БРУСКОВ

Рыжков А.В. - студент, Аскалонова Т.А. - к.т.н., доцент, Лукин Л.Н. - к.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Совершенствование применяемых и поиск новых методов обработки деталей машин способствует улучшению качества машин и механизмов, повышению их надёжности и долговечности. К таким методам относится алмазно-абразивная обработка, применение которой на финишных операциях позволяет значительно повысить их технико-экономические показатели.

Известно, что все абразивные частицы, в том числе и алмазы, имеют определённую геометрию, характеризуемую радиусом округления и углом заострения при вершине, определённую форму и размеры, несмотря на то, что являются продуктом механического дробления. Абразивно-алмазные зёрна являются трёхмерными и характеризуются длиной, шириной и высотой. Соотношение этих размеров определяют форму абразивных элементов, по которой они делятся на три группы: равноосные, плоские и линейные. [1]

Форма и геометрические параметры алмазных зёрен оказывают непосредственное влияние на съём металла и производительность процесса хонингования, а так же определяют характер износа инструмента и способность зёрен противостоять выкрашиванию при ударной нагрузке.

Режущие зёрна синтетических алмазов имеют развитую поверхность с большим количеством режущих кромок. В связи с этим в резании одновременно может участвовать несколько вершин, каждая из которых снимает металл. Благодаря этому повышается режущая способность зёрен алмазного бруска. Вершины на поверхности зерна могут располагаться произвольно, а их количество зависит от характеристики алмазно-абразивного инструмента и условий обработки. Получены уравнения, определяющие количество вершин на рабочей поверхности зерна в зависимости от его ширины, которая входит в стандартную характеристику хонинговальных брусков. [2]

Исследование работоспособности хонинговальных брусков приводит к необходимости изучения работы основных режущих элементов инструмента – алмазных зёрен. Из всего многообразия критериев, используемых для оценки микрорельефа рабочей поверхности, основными являются следующие: количество режущих элементов на рабочей поверхности инструмента, расстояние между ними, характер распределения зёрен по рабочей поверхности, перекрытие зёрен.

Это явление - перекрытие отдельных вершин и зерен, которое зависит от характера распределения зёрен по рабочей поверхности - имеет для съёма металла при хонинговании особое значение. Как уже говорилось, алмазное хонингование сопровождается участием множества режущих элементов - многовершинных зерен в снятии мельчайших стружек. При этом производительность этого процесса не пропорциональна количеству зерен. Следуя одно за другим, отдельные зерна и их вершины попадают в ранее образованные риски-царапины и вследствие этого не участвуют в активном резании. Вершины зёрен, идущие вслед за первым, могут попадать в несрезанную часть обрабатываемой поверхности, а также совпадать с уже образованными царапинами. Из общего количества внедрившихся вершин на одном зерне эффективной будет лишь некоторая часть из них. Анализ этого явления выполняется из условия вероятности попадания вершин в определённую зону, называемую зоной перекрытия.

Зная особенности перекрытия зёрен в процессе движения хонинговальных брусков и определив на этой основе количество проходов бруска, необходимых для снятия припуска толщиной δ , можно определить машинное время процесса хонингования.

На рисунке 1. показано движение бруска за один его ход.

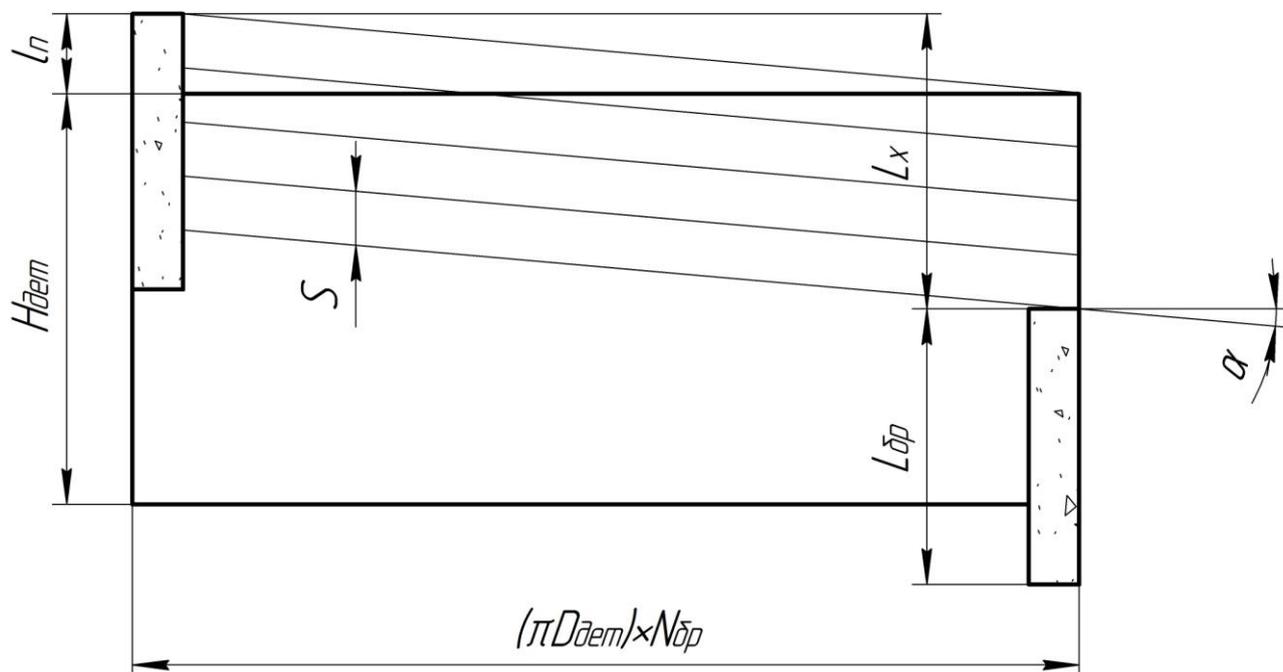


Рисунок 1. Кинематика процесса хонингования.

Для снятия припуска единичного $h_{ц}$ потребуется M одинарных ходов бруска:

$$M = \frac{m_{11m} \cdot l_{ВЗ} \cdot \sin \alpha \cdot S}{B_{БР} \cdot L_{Х}}, \quad (1)$$

где m_{11m} – количество зёрен, необходимых для удаления слоя металла толщиной $h_{ц}$ на участке шириной $l_{ВЗ}$;

$l_{ВЗ}$ – расстояние между внедрившимися зёрнами бруска;

α – угол атаки брусков;

S – осевая подача хонголовки, приведённая к одному бруску;

$B_{БР}$ – ширина бруска;

$L_{Х}$ – длина осевого хода бруска.

И время, равное

$$T_h = \frac{T_{1X} \cdot M}{K_{П} \cdot K_{С}}, \quad (2)$$

где T_{1X} – время, за которое брусок со скоростью $V_{ВП}$ пройдёт путь, равный длине хода $L_{Х}$;

$K_{П}$ – коэффициент перебега;

$K_{С}$ – коэффициент стружкообразования единичного среза.

Всего же с обрабатываемой детали снимается припуск, равный δ на сторону, то есть затратить время в $\left(\frac{\delta}{h_{ц}}\right)$ раз больше, чем T_h . Таким образом машинное время обработки одной детали определится:

$$T_{\text{МАШ}} = \frac{\delta}{h_{\text{Ц}}} \cdot T_h, \quad (3)$$

Итак, после подстановки значений всех составляющих этой формулы получаем в развёрнутом виде следующее выражение, определяющее машинное время:

$$T_{\text{МАШ}} = \frac{\delta \cdot l_{\text{ВЗ}} \cdot \cos \arctg \frac{V_O}{V_{\text{ВП}}} \cdot \pi \cdot D_{\text{ДЕТ}}}{h_{\text{Ц}} \cdot V_{\text{ВП}} \cdot 1000 \cdot B_{\text{БР}} \cdot N_{\text{БР}} \cdot K_{\text{П}} \cdot K_{\alpha}} \cdot \left[1 - \frac{\lg \left(\frac{0,6 \cdot B_{\text{Ц}} \cdot N_{\text{ЭВ}}^1}{l_{\text{ВЗ}}} \right)}{\lg \left(1 + \frac{0,6 \cdot B_{\text{Ц}} \cdot N_{\text{ЭВ}}^1}{l_{\text{ВЗ}}} \right)} \right], \quad (4)$$

где V_O – окружная скорость бруска;

$V_{\text{ВП}}$ – возвратно-поступательная скорость бруска;

$D_{\text{ДЕТ}}$ – диаметр детали;

$N_{\text{БР}}$ – количество брусков в хонголке;

K_{α} – коэффициент, учитывающий влияние угла атаки на дискретность и удаление стружки из зоны контакта брусок – деталь;

$B_{\text{Ц}}$ – ширина царапины, образуемой единичной вершиной при средней глубине микрорезания-царапания;

$N_{\text{ЭВ}}^1$ – количество эффективных вершин на одном зерне.

Разработанная методика расчёта $T_{\text{МАШ}}$ при хонинговании алмазными брусками позволяет автоматизировать нормирование этого процесса и тем самым повысить эффективность проектирования операций хонингования.

Список литературы

1. Коротков В.А. Влияние формы зёрен на эксплуатационные показатели отрезных шлифовальных кругов // Новые материалы, неразрушающий контроль и наукоёмкие технологии в машиностроении: Материалы III международной науч.-практ. конф., 6 – 9 дек. 2005 г. – Тюмень: Феликс, 2005. – С. 103 – 105.
2. Труды Алтайского политехнического института им. И. И. Ползунова, вып. 38. «Размерно-чистовые и отделочно упрочняющие процессы в технологии машиностроения», стр. 12 – 22. Барнаул, 1974.

ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ ПРЯМОЗУБЫХ ЗУБОРЕЗНЫХ ДОЛБЯКОВ С УВЕЛИЧЕННЫМИ ПЕРЕДНЕМ И ЗАДНИМ УГЛАМИ ЗАТОЧКИ ПУТЕМ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ БОКОВОЙ ПОВЕРХНОСТИ ЗУБА

В.А. Спицин

Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Зуборезные долбяки известны как наиболее универсальный инструмент для нарезания зубьев в цилиндрических деталях, и в ряде случаев (изготовление внутренних зубьев и блоков шестерен) зубодолбление является безальтернативным способом обработки колес. Несмотря на широкое распространение этого вида инструмента, до сих пор задача уменьшения систематической погрешности его производящего контура, вызванной особенностями формообразования режущей кромки, не решена. Кроме этого, углы заточки изготавливаемых по традиционной технологии долбяков, с позиций процесса резания, не являются рациональными, что не позволяет повысить стойкость инструмента. Поэтому задача создания долбяка, производящий контур которого, независимо от величин переднего

и заднего углов заточки, имеет минимальные систематические погрешности очень актуальна в условиях постоянного роста точности машиностроительного производства.

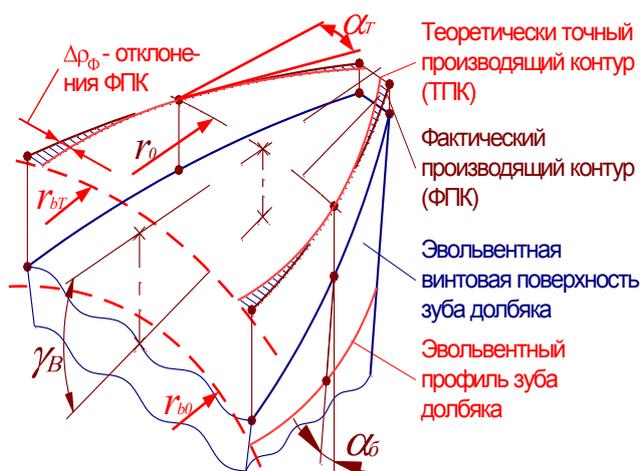


Рис. 1.

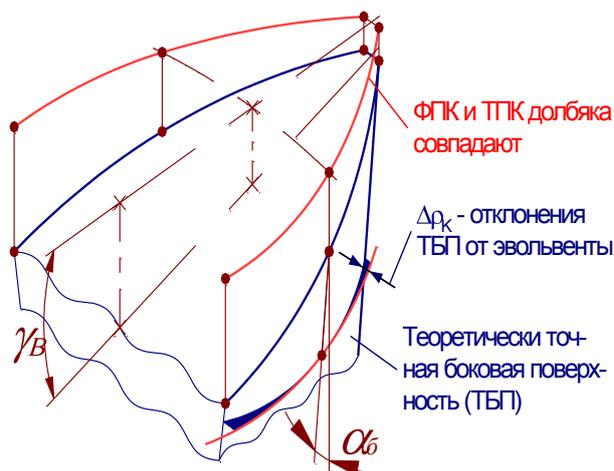


Рис. 2.

Распространенные в настоящее время конструкции долбяков для нарезания прямозубых зубчатых венцов и шлицев эвольвентного профиля представляют собой режущее колесо с эвольвентной винтовой поверхностью зуба. Боковая режущая кромка образуется как след пересечения боковой и конической передней поверхностей. Ее ортогональная проекция на плоскость, перпендикулярную оси вращения долбяка, является профилем воображаемого производящего колеса, описываемого режущими гранями в процессе зубодолбления, и называется производящим контуром долбяка. При геометрическом расчете долбяка производящий контур считают эвольвентным, хотя известно, что эвольвентная винтовая поверхность воспроизводит эвольвенту только в сечениях плоскостью, перпендикулярной винтовой оси, и указанная проекция режущей кромки не совпадает с эвольвентой. В связи с вышесказанным, проекция режущей кромки на плоскость, перпендикулярную оси вращения долбяка названа фактическим производящим контуром (ФПК), а производящий контур, определяемый при геометрическом расчете долбяка, назван теоретически точным (ТПК). Ввиду особенностей образования режущей кромки долбяка, его фактический производящий контур систематически отклоняется от

теоретически точного (рис. 1). В процессе зубодолбления систематические отклонения полностью переносятся на профиль детали.

Изучение характера и величины систематических отклонений выполнялось в различное время в работах Э.Бакингема, К.А.Корнилова, В.М. Матюшина, О.И.Борискина и других ученых. Установлено, что величина систематических отклонений зависит от значений переднего и заднего углов, поэтому на практике для чистовых долбяков принято ограничивать передний γ_B и задний α_B при вершине зуба углами заточки значениями соответственно $\gamma_B = 5^\circ$ и $\alpha_B = 6^\circ$.

С другой стороны, исследования В.М.Матюшина показали, что только за счет увеличения углов заточки можно существенно, в 3-4 раза, повысить стойкость долбяка. Это характеризует важность задачи создания долбяка, производящий контур которого, независимо от величин углов заточки, образуется без систематических погрешностей. Получить такой инструмент можно за счет модификации боковой стороны зуба, выполняя ее с необходимыми отклонениями от эвольвентной винтовой поверхности (рис. 2). Передняя

поверхность выбрана конической, чтобы метод ее образования при переточках не отличался бы от принятого.

Взяв за основу указанные исследования и выводы мною в последствии будут разработаны и отражены в магистерской диссертации рекомендации для повышения точности профиля прямозубых зуборезных долбяков с увеличенным передним и задним углами заточки на боковых сторонах зуба.

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ КОЛЕНЧАТЫХ ВАЛОВ ТРАКТОРНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Валиев Д.Л. – студент, Аскалонова Т.А. – к.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет (г.Барнаул)

Современный уровень развития техники характеризуется повышением требований к качеству механизмов и машин. Надёжность их работы во многом обусловлена долговечностью рабочих поверхностей деталей, причём, как показал опыт, повысить её значительно можно только с использованием принципиально новых технологий и конструкционных материалов.

Как известно, коленчатый вал одна из ответственных деталей двигателя. Шейки коленчатого вала подвергаются многократной обработке, причём обработка проводится одновременно как шеек, так и щёк.

В процессе исследования, проведённого на Алтайском моторном заводе, был проведён анализ рассеивания диаметров D_0 коренных шеек и расстояний между щеками (буртами) h_0 у коленчатых валов, поступающих на чистовое шлифование и после него размеры соответственно D_1 и h_1 . Замеры проводились у партии коленчатых валов в количестве 50-70 штук. Полученные результаты были обработаны методом математической статистики.

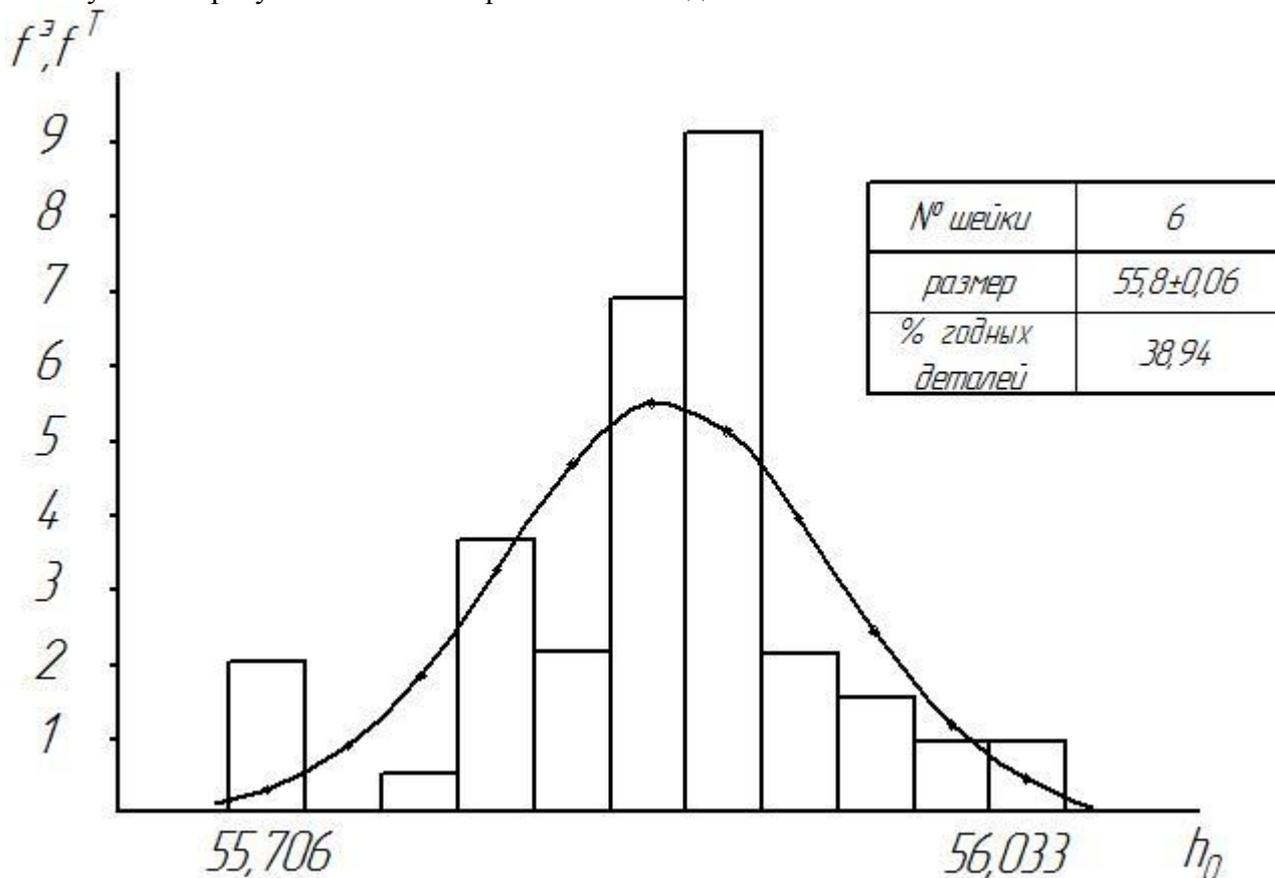


Рисунок 1. Гистограмма и кривая распределения размеров 6-ой коренной шейки.

Анализ графиков распределения исследуемых размеров D_0 , h_0 , D_1 и h_1 , всех коренных шеек показывает, что поля рассеивания практически во всех случаях превышают поля допусков. Например, при обработке 6-ой коренной шейки: поле рассеивания диаметральных размеров $\omega_{D0}=0,26$, а допуск на обработку $T_0=0,054$; процент годных деталей 31,5%. Поле рассеивания размеров между щеками $\omega_{h0}=0,223$, а допуск на обработку $T_0=0,12$; годные детали 38,99%.[1]

Повышенная сложность условий шлифования вызвана двумя причинами:

- неоднородность физико-механических свойств обрабатываемого материала (сочетание сырой галтели и закаленной шейки);
- широким диапазоном колебания припусков на шлифование щёк.

Указанные выше причины, особенно нестабильность припусков на шлифование щёк, приводят к значительным динамическим нагрузкам на кромку круга в зоне касания его радиуса с галтелью. В результате происходит повышенный механический износ кромки, круг теряет требуемый геометрический профиль, что приводит к невыполнению технических требований по обеспечению обрабатываемых размеров: диаметров шеек коленчатого вала и размеров между щеками. Что в свою очередь приводит к снижению долговечности работы коленчатого вала.[1]

Для того что бы снизить износ шеек при работе коленчатого вала можно воспользоваться одним из методов напыления, в частности, методом газопламенного напыления. В основе этого метода лежит принцип нагрева напыляемого материала (обычно порошка) с последующим его ускорением и переносом на напыляемую деталь с помощью потоков горючих газов.[2] Преимущество этого метода заключается в том, что:

- Напылением можно наносить различные покрытия на изделия из самых разнообразных материалов.
- Равномерное покрытие можно напылить как на большую площадь, так и на ограниченные участки больших изделий.
- Оборудование, на котором производят напыление, является сравнительно простым и легким и его можно достаточно быстро перемещать. Для газопламенного напыления достаточно иметь компрессор, который можно также использовать для предварительной пескоструйной обработки поверхности основы, горелку для напыления и баллоны с газами. Если же имеется источник электроэнергии, то напыление можно производить электрическими методами.
- Основа, на которую производится напыление, мало деформируется, тогда как при других методах нанесения покрытий необходимо нагревать до высокой температуры всю деталь или большую ее часть, что часто приводит к ее деформации.
- Технологический процесс напыления обеспечивает высокую производительность нанесения покрытия и характеризуется относительно небольшой трудоемкостью.

Для окончательной механической обработки напылённых поверхностей на шейки коленчатого вала по прежнему используется шлифование. Данный метод характеризуется высокой производительностью и точностью, возможностью обеспечения повышенных требований к параметрам формы и шероховатости рабочих поверхностей деталей.[2]

Многочисленные к настоящему времени исследования финишной обработки покрытий различных составов, носят частный характер. Отсутствует единая методика выбора характеристик шлифовальных кругов в зависимости от материала и способа напыления. Проводимые исследования направлены на создание базы данных, содержащей:

- составы напылённых материалов;
- методы нанесения напылений;
- характеристики шлифовальных кругов;
- режимы шлифования;

Разработанный алгоритм позволит решать конкретную задачу по выбору характеристик шлифовального круга и режимов в зависимости от обрабатываемого материала напыления и способов напыления покрытия.

Список литературы

1. Аскалонова Т.А., Федорова Н.П. Совершенствование отделочных методов обработки коленчатых валов тракторных двигателей.
2. Кулагин С.П., Леонов С.Л., Татаркин Е.Ю. Технологическое обеспечение качества изготовления деталей с износостойкими покрытиями.

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ПРЕССОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ ТИПА «ТОНКОСТЕННАЯ СВЕРТНАЯ ВТУЛКА-КОРПУС» С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА ДОРОВАНИЯ

Витвинов М.К. – магистрант гр. МТАП – 41, Хоменко В.А. – д.т.н., профессор
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Анализ причин выхода из строя прессовых соединений и узлов подшипников скольжения с цельными толстостенными, тонкостенными и свертными втулками, показал, что основными причинами выхода из строя являются: перекосящиеся сопрягаемые детали их взаимное смещение и проворот относительно друг друга. Поэтому, вопросы, связанные с повышением прочности закрепления втулок в неразъемных корпусах являются актуальными.

Вопросам обеспечения и повышения качества прессовых соединений с цельными втулками посвящено большое количество научно-исследовательских работ, опубликованных в отечественной и зарубежной технической литературе. В настоящее время разработано и изучено много способов повышения качества прессовых соединений типа "втулка-корпус".

Среди них основными являются:

- уменьшение шероховатости сопрягаемых поверхностей;
- увеличение натяга запрессовки;
- гальваническое покрытие сопрягаемых поверхностей;
- крепление сопрягаемых деталей винтами или шпонками;
- обработка отверстий втулок, установленных в неразъемные корпуса, с использованием упрочняюще-калибрующей обработки.

Исследованиями доказано, что упрочняюще-калибрующая обработка дорнованием успешно заменяет операцию растачивания отверстий втулок. При дорновании отверстий уменьшается высота шероховатостей обрабатываемых поверхностей втулок, повышается качество прессовых соединений в узлах подшипников скольжения, а вследствие сокращения числа технологических операций обработки отверстий, снижается трудоемкость их изготовления.

При этом обработка дорнованием позволяет снизить негативное влияние различных факторов на прочность прессовых соединений типа "втулка-корпус" таких как, например, конструктивно-геометрических параметров, технологических параметров, физико-механических свойства и др., а в ряде случаев устранить некоторые из них.

Процесс обработки дорнованием свертных втулок исследовался в конце 1970-х годов. Известны работы, в которых рассматриваются технология изготовления, эксплуатационные свойства свертных втулок и улучшение качества их замкового соединения после дорнования в обоймах и корпусах. При этом отмечается, что после обработки дорнованием по схеме сжатия у свертных втулок уменьшаются геометрические отклонения, высота шероховатостей поверхностей и повышается прочность соединения с обоймами. Однако дальнейшему распространению применения данного способа для повышения качества прессовых соединений со свертными втулками препятствовала его недостаточная изученность. В частности, мало изучено влияние геометрических параметров деформирующего инструмента на качество прессовых узлов, содержащих свертные втулки. Как показал анализ технической

литературы, большинство исследовательских работ в области дорнования прессовых соединений со свертными втулками, являются, в основном, экспериментальными и не имеют достаточно обоснованных теоретических решений. Поэтому изучение теоретических закономерностей и технологических параметров процесса упрочняюще-калибрующей обработки дорнованием отверстий свертных втулок, запрессованных в корпуса, а также проектирование, совершенствование инструментов и оснастки для дорнования являются актуальными.

БЕСКОНТАКТНЫЕ МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ И ДИАГНОСТИКИ В МАШИНОСТРОЕНИИ

Гончарова А.С.- студент, Бувич В.Н.- к.т.н.,доцент
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

В современном автоматизированном машиностроении предъявляются высокие требования к надежности работы оборудования. Она может быть обеспечена путем широкого внедрения систем контроля его состояния и диагностики неисправностей. Кроме того, для обеспечения высшего качества продукции необходимо внедрение методов активного контроля на всех этапах технологического процесса.

Решение этих задач возможно конструкторскими и технологическими методами. Технологические методы имеют огромные резервы повышения качества машин. Это, прежде всего, технологические методы повышения точности изготовления.

С целью получения необходимой геометрической формы деталей и узлов с заданной точностью производится контроль путем технических измерений.

Существуют контактные и бесконтактные методы измерений. Контактные измерения реализуются с помощью измерительных датчиков, которые контактируют с поверхностью измеряемой детали, причем характер контакта может быть точечным, линейным или поверхностным. Бесконтактные измерения осуществляются без механического контакта между измерительным датчиком и измеряемой деталью.

Контактные методы просты в реализации, имеют небольшую стоимость и приемлемую точность, однако необходимость установки контактного датчика или измерительного преобразователя (ИП) непосредственно на объекте резко снижает область их применения.

Несмотря на простоту реализации и низкую стоимость, контактные методы не позволяют решить ряд измерительных задач в процессе наладки, диагностики и контроля работы динамических объектов и технологического оборудования.

Бесконтактные методы основаны на зондировании объекта ультразвуковыми или электромагнитными волнами.

Использование ультразвуковых методов ограничивают невысокая разрешающая способность, сильное затухание ультразвука в воздухе, зависимость от состояния атмосферы, уменьшение точности измерения с ростом частоты вибрации.

Широкое распространение получили оптические методы, основанные на зондировании объекта видимым светом. Они подразделяются на две группы.

К первой относятся методы, основанные на регистрации эффекта Доплера. Простейшим из них является гомодинный метод, который позволяет измерять амплитуды и фазы гармонических вибраций, но с его помощью невозможно исследовать негармонические и большие по амплитуде вибрации. Другой метод этой группы – гетеродинный – лишен этого недостатка, однако требуют калибровки и очень сложной измерительной аппаратуры. Существенным недостатком оптических методов первой группы являются высокие требования к качеству поверхности исследуемого объекта.

Для голографических методов, которые и образуют вторую группу, требования к качеству поверхности намного ниже. Голографические методы обладают высокой разрешающей способностью, но они требуют сложного и дорогостоящего оборудования, кроме того, время измерений очень велико.

Общими недостатками оптических методов являются сложность, громоздкость и высокая стоимость оборудования, большое энергопотребление, высокие требования к качеству поверхности исследуемого объекта, высокие требования к состоянию атмосферы (определенная влажность, отсутствие запыленности и т.п.). Кроме того, лазерное излучение оказывает вредное влияние на зрение обслуживающего персонала и требует дополнительных мер предосторожности и защиты.

Частотную нишу между ультразвуковыми и оптическими методами занимают радиоволновые методы. Они являются безинерционными и допускают бесконтактные измерения не только вибрации, но перемещения и линейной скорости объектов. Контролируемые объекты могут быть как проводниками, так и диэлектриками с потерями или без потерь. Они могут быть использованы на расстоянии от объекта до нескольких метров, в условиях отсутствия или плохой оптической видимости, высоких температур и для объектов с большим многообразием форм и материалов поверхностей.

Ниже приведены сравнительные характеристики бесконтактных методов контроля и диагностики.

Характеристики	Ультразвуковой	Радиоволновой	Оптический
Длины волн зондируемого сигнала	1мм- 15мм	3мм – 8мм	400нм- 760нм
Диапазон перемещений	От 10 до 50 мкм	От 1мкм до 5м	От 1 пм до 1 м
Диапазон измеряемых частот		0-250 КГц	0-20 МГц
Разрешение	30-10 мкм	До 1 мкм	До 1 пм
Рабочие расстояния до объекта	Не более 1,5-2м	0,2-5 м	0,1-10 м
Недостатки	Низкая разрешающая способность и малый динамический диапазон.	Сложность калибровки (для амплитудных методов).	Измерение в зоне прямой видимости, сложность и высокая стоимость, высокие требования к поверхности объекта и среде.
Достоинства	Дешевизна и компактность аппаратуры.	Широкий динамический диапазон, измерение перемещений, комплексные измерения вибраций поверхностей, работают для любых сред и поверхностей.	Высокая точность и разрешающая способность, возможность точечных измерений.

Список литературы:

1. Чичигин Б.А., Кеткович А.А., Чернов Л.А. Современные лазерные системы контроля геометрии сложных поверхностей // Тезисы докладов семнадцатой российской НТК с международным участием «Неразрушающий контроль и диагностика». Екатеринбург, ИМАШ, УрО РАН, 2005 – с. 168

2. Кеткович А.А., Рудневский В.С., Чичигин Б.А., Заикина И.В.. Комплекс цифровых приборов для контроля параметров оптического излучения // Материалы международной научно-технической конференции «Современные методы и приборы контроля качества и диагностики состояния объектов» - Могилев: ГУ ВПО «БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ», 2004 – с. 45

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СЪЕМА МЕТАЛЛА ПРИ ХОНИНГОВАНИИ С УЧЕТОМ ФАКТИЧЕСКОЙ ГЕОМЕТРИИ АЛМАЗНЫХ ЗЕРЕН.

Лысенко Д.Н. – магистрант гр. МТАП – 41, Аскалонова Т.А. – к.т.н., доцент.
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Работоспособность абразивных брусков зависит как от состояния микрорельефа рабочей поверхности инструмента в целом, так и работы единичных зёрен.

Установлено [1], [2], что снятие металла в виде стружки при царапании абразивными элементами, имеющим округленное режущее лезвие, начинается при вполне определённом для данного обрабатываемого металла соотношении глубины внедрения

лезвия a_z к его радиусу округления ρ : $\frac{a_z}{\rho} = K$ (Рисунок 1). Очевидно, что область

металла, расположенная ниже критической глубины внедрения a_z , лишь пластически и упруго деформируется. Значит съём металла происходит при толщине среза, большей a_z ,

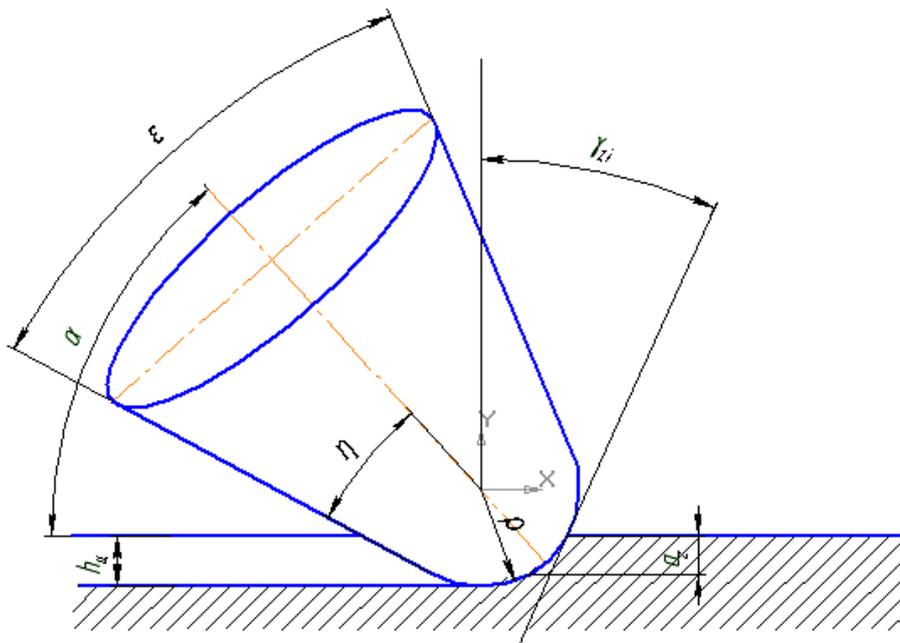


Рисунок 1- Положение вершины зерна относительно плоскости резания.

Известно [3] что фактическая глубина резания a_z является функцией $F(\varepsilon, \gamma_z, \rho, \alpha, h_{ц})$

где: ε - угол заострения; γ_z - передний угол резанья; ρ - радиус округления; $h_{ц}$ - глубина царапания; α - угол наклона оси зерна .

Полученные зависимости показывают, что геометрические параметры алмазных зерен оказывают непосредственное влияние на формирования микрорельефа обрабатываемой поверхности и съем металла.

В настоящее время геометрия и форма алмазных и абразивных зерен измеряется у порошков, служащих сырьем для изготовления инструмента. Измеряются углы и радиусы по проекциям, полученным фотографированием алмазных зерен в исходном состоянии. При этом вершины зерна располагаются случайным образом и проекции углов отличаются от истинного значения. Была разработана методика [4], которая позволяет количественно определить погрешности измерения геометрии алмазных зерен.

Полученная зависимость величины проекции угла определяется формулой:

$$\varepsilon^1 = \arccos \left(\frac{\cos \varepsilon \cdot \cos \beta}{\cos \varepsilon^1} \right) \quad (1)$$

На практике чаще приходится решать обратную задачу: по величине известной проекции угла ε , измеренной одним из вышеуказанных методом, определять действительную величину угла. Поэтому запишем эту формулу относительно ε :

$$\varepsilon = \arccos \left(\frac{\cos \varepsilon^1}{\cos \beta} \right) \quad (2)$$

где ε^1 - величина проекций действительного угла заострения

β - угол наклона вершины над плоскостью проекции.

По формуле (2) были рассчитаны значения угла заострения ε вершины зерна в зависимости от угла β , который менялся в диапазоне 0- 45° для углов $\varepsilon = 70^\circ$ и $\varepsilon = 90^\circ$.



Рисунок 2. Полигоны распределения углов заострения полученных расчетным путем.

Статистической обработкой результатов измерений установлено, что характер распределения спроектированных углов заострения ассиметричен, размеры углов имеют рассеивание в значительных пределах. Минимальные значения проекции приближаются к действительной величине угла, максимальное для модели $\varepsilon = 70^\circ$ составляет 147° , а для $\varepsilon = 90^\circ$ соответственно 179° . Таким образом, подтверждается гипотеза о том, что измерение углов заострения зерен по их проекциям не дает представления об их истинной величине. Среднее значение угла заострения, измеренное по проекциям, для модели с конусами $\varepsilon = 70^\circ$ составило $\varepsilon_{cp}^1 = 98,4^\circ$, а для $\varepsilon = 90^\circ$ соответственно $\varepsilon_{cp}^1 = 117^\circ$. Как видно из

представленных результатов фактические значения углов заострения оказываются гораздо меньше измеренных проекций. Используя полученные результаты определен коэффициент:

$$K = \frac{\varepsilon_{cp}^{\perp}}{\varepsilon_{фактич}^{\perp}}, \quad (3)$$

Где ε_{cp}^{\perp} -среднее значение угла заострения полученный разработанной методикой,
 $\varepsilon_{фактич}^{\perp}$ -фактический угол заострения, являющей характеристикой алмазного зерна.

Рассчитанный поправочный коэффициент можно использовать и для коррекции величины радиуса округления вершин зерна ρ , поскольку известна связь ρ с углом заострения зерен ε для различных марок алмазно-абразивных зерен[3].

Полученные зависимости по определению фактической геометрии алмазных зерен используются в расчетах коэффициента стружкообразования, который в свою очередь определяет сьем металла при хонинговании.

Разработан алгоритм расчета съема металла при алмазном хонинговании втулок плунжера топливного насоса с использованием полученных поправочных коэффициентов, что позволило значительно повысить точность расчетов.

Литература

- 1.Маслов Е.Н. Механизм работы абразивного зерна при шлифовании металлов. Основные вопросы высокопроизводительного шлифования металлов. М: изд. Машгиз, 1962.-с.564
- 2.Попов С.А. Наерман М.С. Прецизионная обработка деталей алмазными и абразивными брусками. М.: Машиностроение, 1971.- с.456
- 3.Лукин Л.Н. Аскалонова Т.А. Применение математического моделирования для изучения геометрии зерен абразивного и алмазного инструмента: Тезисы докладов V-ой Всесоюзной научно-технической конференции по прогрессивным методам абразивной обработки материалов. -М., 1971.-121с.
4. Лысенко Д.Н., Аскалонова Т.А. Влияние геометрии алмазных зерен на процесс микрорезания: г.Барнаул XI городская научно-практическая конференция молодых ученых «Молодежь - Барнаул» стр.11-12.

АНАЛИЗ ЦЕЛЕЙ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Акарцева Е.А. – магистрантка гр. МТАП – 91, Щербаков Н.П. – к.т.н., профессор
Алтайский государственный технический университет (г.Барнаул)

В настоящее время огромное значение для развитая науки, техники и народного хозяйства имеет автоматизация технологического проектирования (АТП).

Непрерывное усложнение современных технических объектов, повышающиеся требования к их надежности, качеству и технико-экономическим показателям, а также необходимость сокращения сроков разработки, уменьшения ее трудоемкости, стоимости и повышения эффективности труда инженеров-проектировщиков, конструкторов и технологов являются основными предпосылками АТП.

Практическая реализация целей и идей АТП наиболее эффективно происходит в рамках систем автоматизированного проектирования (САПР).

Решение задачи технологического проектирования с помощью ЭВМ представляет собой моделирование деятельности технолога. Технологическое проектирование можно представить как последовательный процесс принятия решений по отдельным частным технологическим задачам. Причем по каждой

задаче, за исключением задач расчетного характера, технолог принимает решение в результате выбора из известных типовых решений с учетом комплекса условий. Такое представление процесса технологического проектирования указывает путь для формализации самого процесса принятия решений. Для этого достаточно описать каким-либо образом весь набор типовых решений, а также условий, при которых может быть применено каждое из них. Тогда процесс выбора сведется к проверке соответствия исходных данных условиям применимости типовых решений; при выполнении всех условий комплекса принимают соответствующее типовое решение. Таким образом, типовые решения с условиями применимости- основа автоматизации технологического проектирования.

При проектировании технологических процессов используются два метода - метод анализа (адресации) и метод синтеза. Метод синтеза обладает большей универсальностью и лучше учитывает индивидуальные особенности детали. Методом синтеза проектируются индивидуальные ТП. В свою очередь, метод анализ более прост в реализации, но область его применения ограничена производствами с высокой степенью унификации изделий и устоявшейся номенклатурой. В практически работающих системах в настоящее время используются также различные компромиссные методы, включающие элементы анализа и синтеза.

В каждом конкретном случае технологю предоставлена возможность выбора оптимального сочетания методов проектирования, взаимодополняющих друг друга.

Задача технолога- выбрать метод проектирования наиболее подходящий в конкретном случае, а также способ его использования- автоматический, полуавтоматический, диалоговый или их сочетание. Например, сборочные технологические процессы можно проектировать в диалоге, изготовление корпусных деталей – в полуавтоматическом режиме, а процессы изготовления тел вращения – в автоматическом.

Автоматический режим проектирования ТП- это конечная цель в области САПР-технологий.

Сегодня многие предприятия чаще всего предпочитают комплексную автоматизацию всего жизненного цикла изделия. Фирма «Топ системы» предлагает комплексное решение задач конструкторско-технологической подготовки производства на базе программных продуктов T-FLEX. В цепочке программных продуктов T-FLEX все части взаимосвязаны между собой.

Также эту задачу можно решить при использовании комплекса автоматизированных систем «Компас». Система позволяет производить автоматизированное проектирование технологических процессов, автоматическое формирование комплекта технологической документации, ведение конструкторско-технологической документации, введение ТП-аналога в базу данных, организацию документооборота и многое другое. Также популярностью сегодня пользуются продукты компании «СПРУТ-технологии».

Обеспечивая ускоренный цикл подготовки производства, автоматизированные системы позволяют повысить качество продукции, снизить материальные затраты, сократить сроки проектирования и ликвидировать рост числа инженерно-технических работников, занятых проектированием.

АКТУАЛЬНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ НА МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

Валиев Д.Л. – магистрант гр. МТАП – 91, Щербаков Н.П. – к.т.н., профессор
Алтайский государственный технический университет (г.Барнаул)

В условиях рыночной экономики и активной конкуренции особую остроту для машиностроительных заводов приобретает проблема регулярного обновления продукции, выпуска новых модификаций уже разработанных изделий с тем, чтобы удовлетворить запросы максимального числа потребителей. Прежде чем выпустить новую конкурентоспособную продукцию, необходимо провести большую работу по сбору, накоплению и оперативной обработке информации. Переработка больших объемов информации в настоящее время невозможна без использования ЭВМ.

Создание новой техники в машиностроении происходит в такой последовательности: на основе анализа выпускаемой продукции проектируется новая, обладающая более высокими эстетическими, эксплуатационными или другими свойствами, затем производятся инженерные расчеты и моделирование, технологическая подготовка производства, изготовление и сбыт изделия. При этом мы получаем замкнутый цикл, так как проектирование нового изделия выполняется на базе анализа рынка и данных об эффективности, надежности и сбыте выпускаемых моделей.

С созданием систем автоматизированного проектирования (САПР) изменяется технология самого процесса проектирования и соответственно функции и роль конструктора. Усиливаются элементы творчества конструктора. Он должен уметь управлять всем процессом проектирования и принимать решения в сложных ситуациях, вводя их непосредственно в ЭВМ (без участия программистов).

С помощью САПР выполняется разработка чертежей, производится трехмерное моделирование изделия и процесса сборки, проектируется вспомогательная оснастка, например штампы и пресс-формы, составляется технологическая документация и управляющие программы для станков с числовым программным управлением, ведется архив.

Использование систем автоматизированного проектирования позволяет членам проектных групп одновременно работать над изделием с разных сторон: решать задачи стилового дизайна, проектирования изделия с оптимальной конструкцией. Новое изделие создается в конструкторском подразделении, которое является центральным звеном компьютеризации предприятия. Одновременно группой специалистов различных профилей, работающих над выпуском нового изделия, выполняются все этапы разработки деталей, узлов и сборок, их технологическая проработка.

Изделие начинают изготавливать еще до того, как будет завершен выпуск всей документации, что приводит к значительному сокращению сроков и повышает качество проектирования. Облегчается автоматизированное управление проектами и предприятием на базе электронного документооборота. Любые изменения в любом элементе изделия незамедлительно становятся доступными как для отдельных конструкторов и технологов, так и для целых отделов и организаций на всех этапах создания изделия — благодаря использованию единой базы данных. САПР сокращает время и трудозатраты на проектирование изделия.

Таким образом, использование САПР в машиностроении позволяет:

- сократить в 1,5-2 раза цикл создания изделия (от проектирования до выпуска);
- снизить материалоемкость изделия на 20-25%;
- уменьшить затраты на производство на 15-20%;
- повысить качество изделия и конкурентоспособность предприятия .

ОТЕЧЕСТВЕННЫЕ И ЗАРУБЕЖНЫЕ САПР ТП

Рыжков А.В.- магистрант гр. МТАП-91, Щербаков Н.П.- к.т.н., профессор
Алтайский государственный технический университет (г.Барнаул)

Современное машиностроительное производство испытывает постоянно возрастающую потребность в полноценных высокоэффективных САПР ТП различного назначения.

До начала 90-х гг. прошлого века в отечественном машиностроении, за редким исключением, применялись САПР ТП отечественной разработки. Многие предприятия создавали, эксплуатировали и тиражировали собственные системы. Наряду с эффективно работавшими САПР ТП существовало множество систем, имевших ограниченные области применения, малую надежность и т.д. Необходимость работы с такими системами часто вызывала у технологов-проектировщиков негативное отношение к самой идее автоматизации проектирования ТП.

В наши дни политика предприятий в области САПР ТП изменилась. Предприятия перестали разрабатывать собственные системы и начали покупать лицензионные САПР ТП необходимой конфигурации и функционального назначения. Большое распространение получили зарубежные системы. Однако, адаптация САПР ТП зарубежной разработки к отечественным условиям применения и ее русификация вызывают серьезные затруднения. Причинами этого являются различия в нормативных базах, марках используемых материалов, подходах к определению режимов обработки, оценке возможных сил резания и т.д.

Анализ состояния отечественных САПР ТП показывает, что происходит расширение номенклатуры средств автоматизации, постоянно растет их качество, расширяются их функции. Всё большее число разработчиков создаёт и выставляет на рынок интегрированные системы CAD/CAM/CAPP, CAD/ CAM/CAPP/PDM и др. Проблема системной интеграции, создание единого информационного пространства поддержки жизненного цикла изделия или даже управления им является одной из актуальных проблем развития современных средств автоматизации.

Уровень CAD-, CAM-, CAD/CAM-систем отечественной разработки уступает лучшим зарубежным аналогам. На отечественном рынке программных средств автоматизации зарубежные системы данных классов, несмотря на их относительно высокую стоимость, успешно конкурируют с отечественными. Некоторые отечественные системы используют базовое программное обеспечение от зарубежных разработчиков. Все это указывает на необходимость проведения постоянной работы по совершенствованию и повышению уровня рассматриваемых систем.

Однако практически все отечественные САПР ТП (CAPP-системы) не позволяют на сегодняшний день полноценно автоматизировать разработку маршрутного ТП изготовления детали. В современных САПР ТП в основном используют проектирование маршрутных ТП на основе аналогов (типовых, групповых ТП, параметризованных моделей ТП, общих ТП для группы деталей). Применяют различные методические подходы: уровневое представление ТП, представление ТП в виде «деревьев» и т.д. Роль технолога-проектировщика остается решающей, так как он формирует маршрутный ТП, основываясь на собственных знаниях, опыте, интуиции и предпочтениях. Проектное решение является субъективным.

По-настоящему творческим является формирование маршрутного ТП и определение средств технологического оснащения. Все остальное — производное от этого процесса. Однако именно на этом, важнейшем этапе проектирования существующие САПР ТП практически не оказывают технологу необходимой интеллектуальной поддержки. Все последующие этапы проектирования менее сложны, но связаны со значительным объемом рутинной работы — оформлением технологической документации, составлением различных ведомостей и спецификаций. Эти функции в современных САПР ТП успешно автоматизируют.

Можно утверждать, что подавляющее большинство существующих САПР ТП (как отечественной, так и зарубежной разработки) являются системами автоматизации уровня технологической операции. Эти системы позволяют поднять производительность труда технолога за счет автоматизации рутинной работы, связанной с процессом проектирования, упорядочения взаимосвязей проектировщиков в процессе работы, предоставления широкого спектра удобных сервисных функций ведения автоматизированных архивов и т.д. Указанные факторы способствуют

повышению качества труда технологов, так как упорядочивают их работу и позволяют сосредотачивать больше внимания на принятии эффективных технологических решений.

Однако основной резерв повышения качества проектных технологических решений, заключающийся в формировании высокоэффективных структур, в настоящее время является неиспользованным при создании САПР ТП.

Сходство и неоригинальность используемых при разработке систем научно-методических подходов делает некоторые САПР ТП, похожими и малоразличимыми по возможностям.

Причинами подобного состояния автоматизации технологического проектирования являются сложность поставленных проблем автоматизации; неформализуемый на сегодняшнем уровне развития методологии автоматизированного проектирования характер задач; отсутствие эффективных научно-методических подходов к их решению, необходимость значительных затрат на решение поставленных проблем и т.д.

Стремительные темпы развития техники, технологии и средств автоматизации делают решение поставленных проблем автоматизации особенно важным, что и определяет основные направления совершенствования САПР ТП.

МАГНИТНО - АБРАЗИВНАЯ ОБРАБОТКА ФАСОННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Упоров А.В. - магистрант гр. МТАП-91, Щербаков Н.П. - к.т.н., профессор
Алтайский государственный технический университет (г.Барнаул)

Качество рабочих поверхностей инструментов во многом определяется состоянием поверхностного слоя. Для формообразующих инструментов, к которым предъявляются требования повышенного сопротивления пластической деформации, прочности, износостойкости, являются важными такие характеристики поверхности как шероховатость, отсутствие микротрещин, микротвердость, коррозионная стойкость.

Основные свойства поверхности формируются в процессе ее изготовления и, особенно, на отделочных операциях, поэтому им в технологических процессах уделяется особое внимание. Возрастающие требования к надежности инструмента вызывают необходимость совершенствования технологического процесса его изготовления, на базе применения новых отделочных методов обработки. Наиболее эффективными способами для обработки инструментов с фасонной поверхностью рабочей части являются методы, основанные на использовании эластичной связки или незакрепленного абразива.

Одним из перспективных способов обеспечения высокого качества рабочей поверхности является технология магнитно-абразивной обработки, широко применяемая при доводке инструмента. Этот метод прост в осуществлении, экологически чист, обеспечивает высокое качество обработанных поверхностей деталей и существенное повышение их сопротивляемости износу, коррозии и механическим нагрузкам, обладает высокой производительностью и успешно заменяет процессы химической и электрохимической обработки.

Однако основные технологические закономерности применения этого метода при обработке фасонных поверхностей из современных материалов недостаточно изучены. В частности, не изучено распределение магнитных потоков при обработке фасонных поверхностей, отсутствуют надежные устройства для магнитно-абразивной обработки пространственно сложных поверхностей, обеспечивающие высокое качество обрабатываемых поверхностей.

Поэтому задачи по созданию и совершенствованию устройств для магнитно-абразивной обработки фасонных поверхностей, а также изучение физических и технологических закономерностей и параметров процесса являются актуальными.

АВТОМАТИЗАЦИЯ РАСЧЕТА РЕЖУЩИХ ИНСТРУМЕНТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭВМ

Гончарова А.С.- магистрант гр. МТАП-91, Щербаков Н.П.- к.т.н., профессор
Алтайский государственный технический университет (г.Барнаул)

Одним из важных этапов производства в машиностроении является инструментальное обеспечение технологических процессов. От качества, надежности и работоспособности режущих инструментов (РИ) в значительной степени зависят качество и точность получаемых деталей, производительность и эффективность процесса обработки.

При проектировании инструментов необходимо выполнять сложные расчеты по определению геометрических и конструктивных параметров инструмента, исполнительных размеров рабочей части, по обеспечению прочности и жесткости инструмента, наименьшему расходу материала и пр. В данный момент времени проектирование инструмента стало занимать большой объем времени, соизмеримый со временем разработки технологического процесса изготовления деталей в целом. Одним из путей решения данной проблемы является полная или частичная автоматизация технологической подготовки производства, в частности проектирование РИ с использованием ЭВМ.

Автоматизированное проектирование РИ может осуществляться на различных уровнях - от поиска требуемого типоразмера инструмента до осуществления новых конструктивных решений с использованием ЭВМ в режиме диалога. Это вызвано разной трудоемкостью расчетов различных видов РИ, в том числе стандартного или специального; различным типом производства и параметрами используемых ЭВМ; изменяющимися и быстро растущими возможностями ЭВМ.

При расчете инструмента на ЭВМ выдаются весьма быстро на печать все исполнительные конструктивные размеры и геометрические параметры, рабочий чертеж инструмента, а также технологическая документация.

Таким образом, несмотря на дополнительную работу, связанную с разработкой исходной информации и алгоритмов для всех этапов автоматизированного проектирования, сокращаются сроки и резко снижается себестоимость подготовки инструментального производства. Обеспечивается также возможность совершенствования существующих и разработки новых методов расчета инструментов с учетом оптимизации геометрических параметров, выбора прогрессивной схемы резания и др. факторов. В свою очередь при разработке технологического процесса анализируется и выбирается с учетом технико-экономических показателей более рациональный ее вариант.

Исходя из этого можно сделать вывод, что использование ЭВМ для расчета РИ дает ощутимый экономический и технический эффект.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ САПР

Кондратьев И.Ю – магистрант гр. МТАП – 91, Щербаков Н.П. – к.т.н., профессор
Алтайский государственный технический университет (г.Барнаул)

В автоматизации проектирования выделяют два уровня. Первый, более низкий, связан с автоматизацией, преимущественно, инженерно-графических работ и не затрагивает инженерных расчетов элементов конструкций, информационного обеспечения систем и ряда других важнейших вопросов проектирования изделий. Тем не менее, в настоящее время наибольшее распространение получили графические системы, обеспечивающие именно такой уровень автоматизации. Это интерактивные графические редакторы, используемые в качестве высокомеханизированных электронных кульманов. В машиностроении они успешно применяются при проектировании оригинальных изделий на стадии их детализирования и реже в компоновочных работах. Примерами высокоразвитых графических систем, используемых для создания и редактирования чертежей, и получивших

широкое распространение на российском рынке, являются AutoCAD, КОМПАС и некоторые другие.

Более высокий уровень автоматизации проектирования связан с математическим описанием (моделированием) содержащейся в чертежах геометрической, текстовой, графической и других видов информации и обеспечивает комплексную автоматизацию процессов проектирования, включающих инженерные расчеты проектируемых изделий, информационное обеспечение прикладных САПР, автоматическое формирование текстов технических требований и спецификаций сборочных чертежей и решение ряда других вопросов, непосредственно связанных с проектированием изделий. Такой подход к автоматизации наиболее эффективен при проектировании типовых, унифицированных, стандартизованных изделий, имеющих в машиностроение широкое применение.

Особой сложностью отличаются системы, ориентированные на автоматическое выполнение сборочных чертежей, а также чертежей составных деталей. К последним относится, в частности, широкая номенклатура режущего инструмента - развертки, метчики, зенкеры, сверла и др. Отдельные элементы такого инструмента, например, хвостовики, режущая часть, направляющие, являются типовыми, а в целом инструмент, ввиду многообразия сочетаний типовых элементов - нетиповой. Например, хвостовики разверток могут иметь конус Морзе, квадратное сечение или лыску под ключ и т. д. Зенкер может быть цельным или насадным, проходным или торцовым, режущая часть метчика имеет 3 или 4 пера и т.д. и т.п.

Прикладная САПР должна отслеживать все эти особенности проектируемого инструмента, осуществлять поиск необходимых элементов в базе данных, выполнять их расчеты, назначать стандартизованным элементам размеры из таблиц нормативно-справочного обеспечения, организованных в файлах базы данных, определять расположение элементов в составе проектируемого изделия, проставлять размеры, в том числе для замыкающих звеньев, определять масштабы и расположение выносных элементов на сборочном чертеже, программно назначать формат чертежа, учитывающий масштабы и размещение на поле чертежа основных и дополнительных изображений и многое другое. Отдельные подсистемы формируют состав технических требований и спецификаций сборочных чертежей. Практически ни один из отмеченных вопросов, например, автоматическое размещение изображений, по мнению автора, универсально не решается и в каждом конкретном случае требуется индивидуальный анализ и творчество разработчика прикладной САПР.

Задача инструментальной среды, ориентированной на решение задач информационного моделирования процессов автоматизированного проектирования, состоит в том, чтобы предложить разработчикам прикладной САПР широкий набор надежных, развитых средств решения отдельных, частных вопросов описания чертежей. В то же время эти средства должны быть доступны непосредственным пользователям прикладных САПР, выступающим одновременно в роли пользователей и разработчиков новых систем.

Автоматизация проектно-конструкторских работ позволяет существенно повысить производительность труда в проектировании, освободить инженерно-технический персонал от выполнения огромного количества однообразных, рутинных графических операций при выполнении чертежей, повысить качество проектно-сметной документации, сократить сроки проектирования изделий, повысить качество и технико-экономический уровень проектируемых изделий как на стадии их проектирования, так и в эксплуатации.

РЕЖУЩИЙ ИНСТРУМЕНТ

Осипов С.А. - магистрант гр. МТАП-91, Щербаков Н.П. - к.т.н., профессор
Алтайский государственный технический университет (г.Барнаул)

Металлорежущий инструмент – орудие производства для изменения формы и размеров обрабатываемой металлической заготовки путём удаления части материала в виде стружки с целью получения готовой детали или полуфабриката.

Различают станочный и ручной металлорежущий инструмент. Основными частями металлорежущего инструмента являются рабочая часть, которая может иметь режущую и калибрующую части, и крепёжная часть.

Режущей называется часть металлорежущего инструмента, непосредственно внедряющаяся в материал заготовки, или срезающая часть металлорежущего инструмента. Режущая часть состоит из ряда конструктивных элементов: одного или нескольких лезвий; канавок для отвода стружки, стружколомателей, стружкозавивателей; элементов, являющихся базовыми при изготовлении, контроле и переточках инструмента; каналов для подвода смазочно-охлаждающей жидкости.

Назначение калибрующей части металлорежущего инструмента – восполнение режущей части при переточках, окончательное оформление обработанной поверхности и направление металлорежущего инструмента при работе.

Крепёжная часть служит для закрепления металлорежущего инструмента на станке в строго определённом положении или для удержания его в руках и должна противодействовать возникающим в процессе резания усилиям. Крепёжная часть может выполняться в виде державок, хвостовиков или иметь отверстие для крепления на оправках.

При производстве режущего инструмента сталкиваются с рядом особенностей: дорогостоящий материал, высокие требования к твердости, точности и шероховатости, кроме того из-за повышенной твердости материала затруднена обработка материала. Эти особенности накладывают определенный отпечаток и на метод производства режущего инструмента (РИ). Для экономии материала используется комбинирование дорогостоящих материалов, смена дорогостоящих за счет сварки, пайки, склеивания и диффузионной сварки. Для повышения стойкости и точности используется термическая и химико-термическая обработка.

Для ускорения и упрощения процесса проектирования режущего инструмента применяется автоматизация технологических процессов на базе САПР РИ например T-FLEX CAD 2D .

Развитие технологии производства режущего инструмента идет по нескольким направлениям: совершенствование покрытий, методов заточки и способов соединения комбинированных частей.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ АВТОКОЛЕБАНИЙ ПРИ РЕЗАНИИ МЕТАЛЛОВ

Чулкова В.А - магистрант гр.МТАП-91, Щербаков Н.П. - к.т.н., профессор
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

В настоящее время установлено, что при резании металлов наблюдаются два вида колебаний: вынужденные колебания, вызываемые периодически действующими внешними силами, и автоколебания, которые не зависят от действия внешних сил. Причины появления вынужденных колебаний наиболее ясны и потому сравнительно легко устранимы. Появление автоколебаний не связано с какой-либо внешней периодической силой, они являются самовозбуждающимися колебаниями. В связи с этим необходимо уделить большое внимание изучению и умению управлять автоколебаниями, умению прогнозировать их появление еще на этапе проектирования технологических процессов механической обработки деталей. Умение управлять автоколебаниями в процессе обработки резанием является актуальной задачей при

обеспечении заданной точности и производительности, а также при создании экономически оправданных технологических процессов обработки деталей.

На данный момент отсутствуют надежные и достаточно простые методы расчета процесса резания на устойчивость, и соответственно нет научно обоснованных методов борьбы с автоколебаниями.

Основным источником возникновения автоколебаний является переменная сила резания, которая возникает от нелинейности деформации поверхностного слоя обрабатываемого материала или от образования нароста на передней поверхности инструмента и периодический его срыв, вследствие чего изменение геометрии инструмента в кинематической системе.

Из выше сказанного прослеживается появление переменной силы резания от изменения фактической скорости резания в процессе обработки. Действительно проведенные опыты Зоревым Н.Н. показывают ярко выраженную зависимость силы резания, в частности главной (касательной) составляющей силы резания P_z , от скорости резания V (см. рисунок).

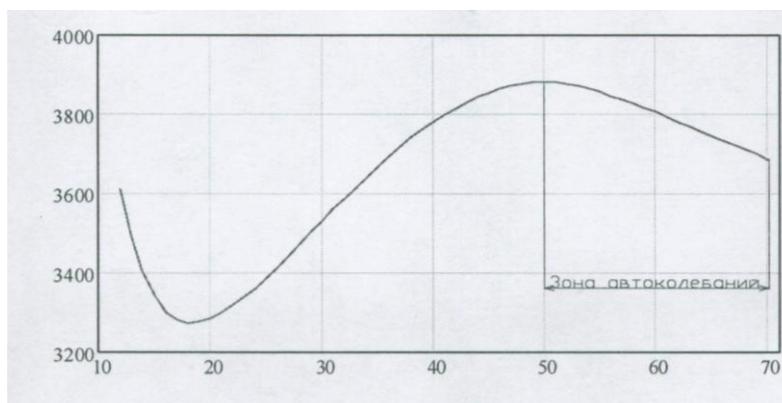


Рисунок - Изменение составляющей силы резания P_z в зависимости от скорости резания V , при обработке стали $40, t=4\text{мм}, s=0.49\text{ мм/об}$

Рассмотрим эффект возбуждения автоколебаний за счет падающей характеристики силы резания. Примем, что система имеет одну степень свободы, т.е. рассматриваются колебания только одного элемента - токарного резца. Тогда уравнение движения представляет собой нелинейное дифференциальное уравнение второго порядка:

$$mz'' + Gz' + Cz = P(v - z') \quad (1)$$

где: m - приведенная масса резца (имеется ввиду масса «вылета» резца); G - демпфирование; C - жесткость; P - сила резания; V - задаваемая скорость резания; z' - относительная скорость резания; z - перемещение вершины резца; $P(v - z')$ - функция, характеризующая изменение силы резания от фактической скорости резания.

Данное уравнение позволяет описать устойчивость системы на восходящих и падающих участках зависимости $P(v)$ (рис.1). В частности при решении уравнения (1) можно сделать вывод, что система может терять устойчивость на падающем участке, т.е. появляются автоколебания. Аппроксимировав экспериментальные данные Зорева Н.Н. (см. рисунок) по методу наименьших квадратов, получили аналитические формулы зависимости $P(v)$. Решение уравнения (1) можно проводить в системе MathCAD.

В настоящее время развитие современной вычислительной техники и программного обеспечения к ней позволяет создавать совершенные математические модели различных процессов, в том числе и математические модели для прогнозирования (изучения)

автоколебаний при резании металлов. Математическое моделирование позволяет описывать физические явления математическими методами. Это дает возможность более детально изучить происходящие явления при резании металлов за счет:

- получения большего количества информации (истинные значения скорости резания, силы резания, перемещения вершины резца, а также амплитуду колебаний этих величин);
- сокращения сроков и затрат на экспериментальные исследования и возможности ставить систему в «экстремальные» (опасные, приводящие к поломке в реальных условиях) условия.

РАСЧЕТ ВЕРОЯТНОСТИ БРАКА ПРИ ШЛИФОВАНИИ С ПОМОЩЬЮ ИМИТАЦИОННОГО СТОХАСТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ.

Лейко Е.С. – магистрант гр. МТАП-41, Леонов С. Л. – к.т.н., профессор.
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаула)

Современное машиностроение характеризуется повышением требований к геометрическим параметрам качества изготовления поверхностей деталей. Процесс шлифование является одним из наиболее распространенных видов чистовой обработки, а правильное определение шероховатости шлифованных поверхностей, расчет вероятности брака по параметрам шероховатости имеет большое практическое значение. Таким образом, исследования, направленные на решение проблемы обеспечения требуемых параметров качества обработанной поверхности, являются актуальными.

Сам процесс шлифования не является стабильным. Наличие большого количества случайных параметров и факторов может вызывать существенные колебания параметров качества обработанной поверхности. Управлять параметрами шероховатости, для обеспечения качества обработанных деталей в заданных пределах, можно путем использования законов распределения случайной величины. Построение плотностей распределения в соответствии с законом распределения позволяет рассчитать процент вероятности брака, а по виду кривой распределения можно выявить доминирующие факторы и изменить их значения в благоприятную сторону.

Данную проблему можно решить путем использования стохастических имитационных моделей, которые позволяют прогнозировать средние значения параметров шероховатости поверхности, их колебания под действием как случайных, так и детерминированных факторов, действующих в технологических системах.

Нами было разработано программное обеспечение предназначенное для имитационного стохастического моделирования профиля обработанной поверхности детали. Моделирование производится в табличном процессоре Excel с использованием среды VBA.

Исходными параметрами являются: параметры инструмента (радиус шлифовального круга, номер зернистости, номер структуры, количество активных абразивных зерен, минимальный/максимальный радиус при вершине зерна), параметры заготовки (материал заготовки и ее радиус), параметры режимов резания (фактическая глубина резания, скорость вращения круга, скорость вращения заготовки), базовая длина исследуемого участка заготовки.

В табличном процессоре Excel последовательно производится:

- 1) Расчет по модели значений случайных параметров: углов, характеризующих положение зерна на поверхности шлифовального круга, радиусов при вершине зерна, глубины резания зерном и положения зерна на поверхности круга в направлении параллельном оси инструмента.
- 2) Расчет поправки на пластические деформации.
- 3) Формирование профиля обработанной поверхности.
- 4) Обработка данных и расчет значений параметров шероховатости поверхности детали (R_a , R_{max} , S_m , t_p и др).

5) Анализ значений параметров шероховатости (построение плотностей распределения, подбор и проверка законов распределения).

Анализ гистограмм распределения (рис. 1) показывает, что точность определения кривой при крайних значениях шероховатости низка. Кроме того, из формы кривой видно, что распределение не подчиняется закону распределения Гаусса, что подтверждается также и проверкой по критерию Пирсона (χ^2).

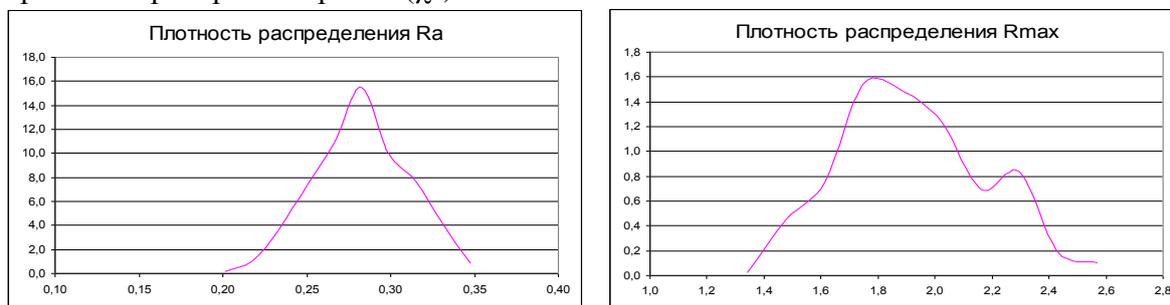


Рисунок 1. Плотности распределения параметра Ra и Rmax

Для повышения точности прогнозирования вероятности брака по параметрам шероховатости поверхности предлагается использовать аппроксимацию плотности распределения в виде:

$$f(Q) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \sum_{i=1}^3 \frac{\alpha_i}{\sigma_i} \exp\left(-\frac{(Q - Q_{срi})^2}{2\sigma_i^2}\right) \quad (1)$$

Здесь Q обозначает параметр шероховатости, а $Q_{срi}$, σ_i , $i = 1...3$ – параметры закона распределения, α_i – весовые коэффициенты. $\sum_{i=1}^3 \alpha_i = 1$

На рис. 2 показаны результаты аппроксимации выражением (1) плотности распределения параметра Sm. Для данного примера значение критерия χ^2 равно 8,64 при критическом значении 14,07 при 5% уровне значимости, что свидетельствует о достаточной точности аппроксимации.

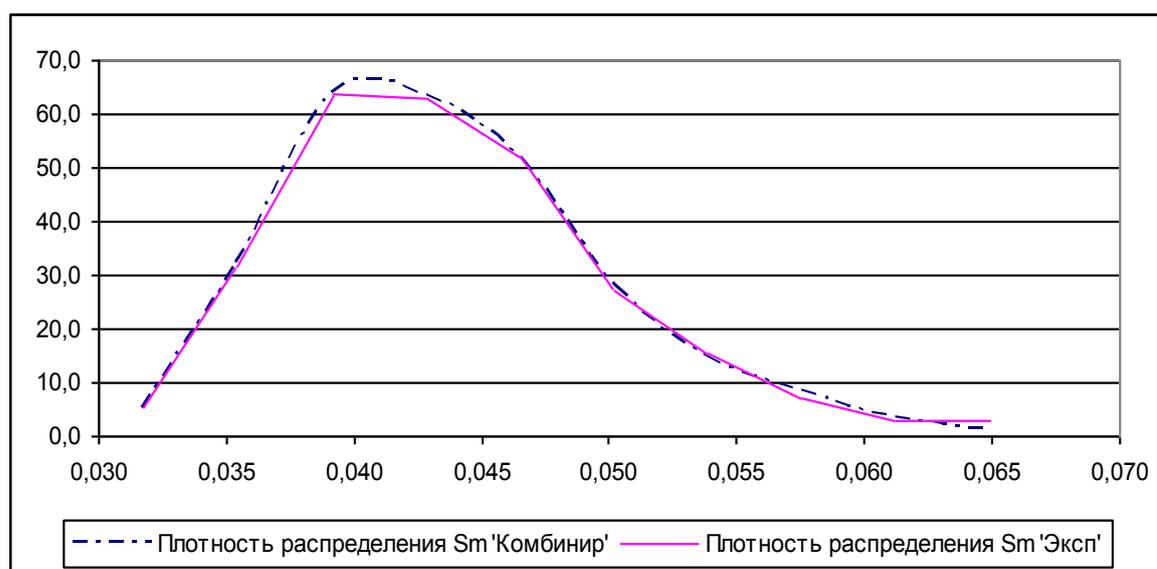


Рисунок 2. Сравнение расчетной и аналитической плотностей распределения параметра Sm

Для параметра tr , в отличие от высотных и шаговых параметров шероховатости, использование комплексного выражения (1) невозможно. Связано это с тем, что значение параметра ограничено сверху и снизу: $0 \leq tr \leq 100\%$. Выражение плотности распределения на основе комплекса распределений Гаусса может давать значения, выходящие за пределы этого интервала.

В соответствии с этим предлагается использовать для аппроксимации плотности распределения параметра tr комбинированное β -распределение:

$$f(tr) = \frac{1}{100} \sum_{i=1}^2 \alpha_i \frac{\Gamma(a_i + b_i)}{\Gamma(a_i)\Gamma(b_i)} y^{a_i-1} (1-y)^{b_i-1} \quad (2)$$

где $\Gamma(x)$ – гамма-функция,
 a, b – параметры распределения,
 $y = tr/100$.

Область определения β -распределения – интервал $(0;1)$, что соответствует значениям $tr/100$.

На рис. 3 показаны результаты аппроксимации выражением (2) плотности распределения относительной опорной длины для уровня $p = 50\%$. Значение критерия $\chi^2=4,113$, что значительно меньше критического (14,067), это свидетельствует о достаточной точности аппроксимации.

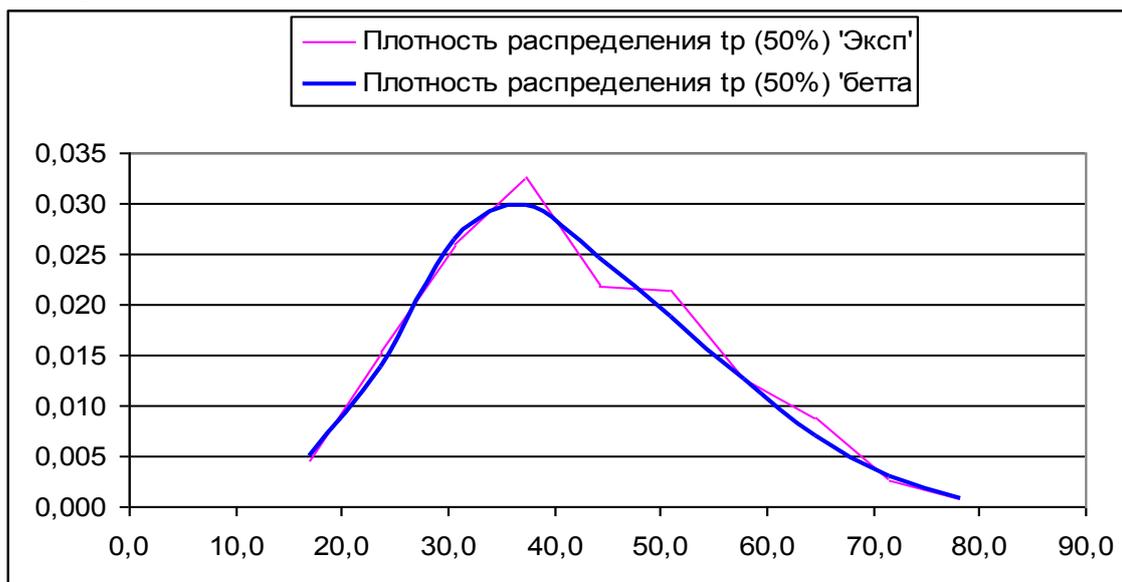


Рисунок 3. Аппроксимация плотности распределения $tr(50)$ комплексным β -распределением

Установленные аналитические выражения для описания плотностей распределения случайных составляющих параметров шероховатости, позволяют на основе имитационного стохастического моделирования прогнозировать вероятность брака по параметрам шероховатости обработанных поверхностей при шлифовании и обеспечить снижение, либо полное устранение брака.

Литература

1. Ефимов, В.В. Статистические методы в управлении качеством продукции/ В.В. Ефимов, Т.В. Барт. - М.: КНОРУС, 2006. - 136 с.
2. Леонов С.Л., Зиновьев А.Т. Основы создания имитационных технологий прецизионного формообразования, Барнаул: АлтГТУ, 2006.-198с.

МОДЕЛИРОВАНИЕ АВТОКОЛЕБАНИЙ ПРИ ТОЧЕНИИ

С.Л. Леонов – д.т.н., профессор, Е.Б. Белов – магистрант гр.МТАП-41
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

В настоящее время установлено [1,2], что при резании металлов наблюдаются два вида колебаний: вынужденные колебания, вызываемые периодически действующими внешними силами, и автоколебания, которые не зависят от действия внешних сил. Причины появления вынужденных колебаний наиболее ясны и потому сравнительно легко устранимы. Появление автоколебаний не связано с какой-либо внешней периодической силой, они являются самовозбуждающимися колебаниями. Умение управлять автоколебаниями в процессе обработки резанием является актуальной задачей при обеспечении заданной точности и производительности, а также при создании экономически оправданных технологических процессов обработки деталей.

Основными причинами автоколебаний являются регенеративный эффект при резании по следу обработки, координатная связь, вызываемая взаимным влиянием колебаний по различным координатам, нелинейность зависимости силы резания от параметров режима, непостоянство (нелинейность) параметров технологической системы.

Рассмотрим возбуждение автоколебаний за счет координатной связи и нелинейной зависимости силы резания от параметров режимов резания.

Примем, что система имеет две степени свободы, т.е. рассматриваются колебания только одного элемента - токарного резца вдоль осей y и z . Тогда уравнение движения представляет собой систему нелинейных дифференциальных уравнений второго порядка:

$$\begin{cases} m_z \ddot{z}_z + G_z \dot{z}_z + C_z z_z = Pz(V_0 - \dot{z}_z; t - z_y) \\ m_y \ddot{z}_y + G_y \dot{z}_y + C_y z_y = Py(V_0 - \dot{z}_z; t - z_y) \end{cases} \quad (1)$$

где: m_z , m_y – приведенная масса резца (имеется ввиду масса «вылета» резца); G_z , G_y – коэффициенты демпфирования по осям z и y ; C_z , C_y – жесткость по осям z и y ; Pz и Py – сила резания по двум осям; V_0 – начальная скорость резания; t – начальная глубина резания; z' – относительная скорость резания; z – перемещение вершины резца.

Данное уравнение позволяет описать устойчивость системы на различных участках зависимости силы от скорости резания (Рис.1). В частности при решении системы уравнений (1) можно сделать вывод, что технологическая система резец - деталь может терять устойчивость на падающем участке, т.е. появляются автоколебания.



Рис.1 Изменение составляющей силы резания Pz в зависимости от скорости резания V , при обработке стали 40, $t=4$ мм, $S=0.49$ мм/об

Аппроксимировав экспериментальные данные методом наименьших квадратов (МНК), были получены аналитические выражения для расчета составляющей силы резания Pz и Py :

$$Pz = Pz(V, S, t, \gamma, \varphi)$$

$$Py = Py(V, S, t, \gamma)$$

где: V - скорость резания; S – подача, t – глубина резания; γ – передний угол; φ - главный угол в плане

Решение системы уравнений (1), производится методом Рунге-Кутта, с автоматическим выбором шага расчета. Программное обеспечение разработанное в табличном процессоре Excel с использованием языка программирования VBA, позволяет рассчитать автоколебания сразу по двум координатам (z и y) и тем самым учесть координатную связь.

В качестве результатов расчета приведены график перемещений вершины резца с течением времени (Рис.2) и фазовый портрет (Рис.3) показывающий колебательную составляющую скорости резания в зависимости от перемещений вершины резца.

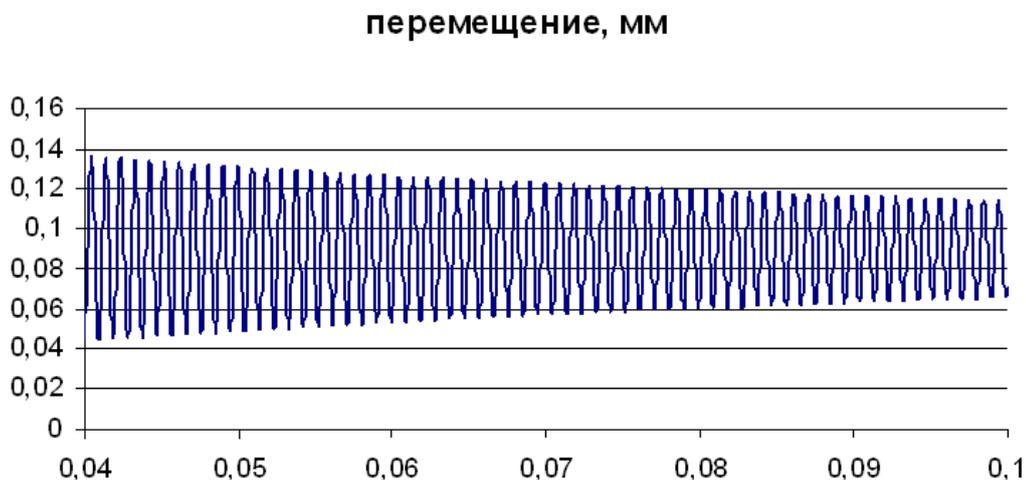


Рис.2 Перемещение вершины резца вдоль осей y и z с течением времени, при обработке стали 40 скорость резания $V=100\text{м/мин}$, подача $S=0.195\text{мм/об}$, глубина $t=0.8\text{мм}$, вылет резца $l=120\text{ мм}$, сечение державки $a=b=20\text{мм}$

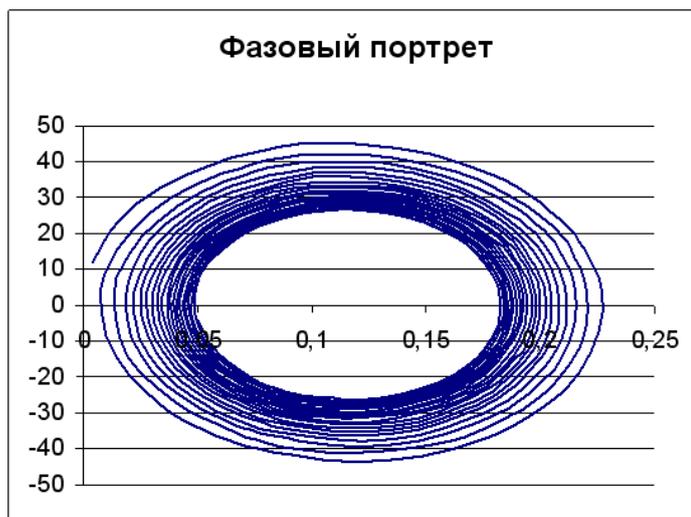


Рис.3 Фазовый портрет

Разработанная математическая модель позволяет прогнозировать автоколебания и управлять ими еще при создании технологических процессов.

Литература

1. Леонов С.Л. – Основы создания имитационных технологий прецизионного формообразования/ Алт. гос. техн. ун-т им. И.И. Ползунова. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2006.-198 с.
2. Кудинов В.А. – Динамика станков. – М.: Машиностроение, 1967. – 359 с.