

Применение автоматизации машиностроительного проектирования и производства при программном базировании деталей сложной конфигурации

В.В. Юрченко<sup>1</sup>, А.К. Матешов<sup>1</sup>, А.А. Берг<sup>1</sup>, А.С. Берг<sup>1</sup>

*Карагандинский технический университет, г. Караганда, Казахстан*

*Аннотация:* Для разработки оптимального варианта технологии изготовления детали необходима совместная работа конструктора и технолога с участием производственных инженеров. Однако и при разработке нескольких вариантов технологического процесса по готовым чертежам машины и ее деталей технолог обязан найти наиболее экономичное решение задачи и под этим углом зрения критически просмотреть конструкцию детали, добившись внесения в нее, если необходимо, требуемых изменений. Практически перед технологом всегда возникает задача разработки технологического процесса изготовления конкретной детали. Поэтому вопрос о выборе технологического получения заготовок целесообразно рассмотреть применительно к типовым деталям машиностроения. Но при этом в условиях производства Республики Казахстан детали в большинстве случаев являются не типовыми и поступают в производство единожды штучно или не большими партиями. Поэтому невозможно иметь типовую оснастку для заготовок, получаемых различными методами.

*Ключевые слова:* базирование, конструирование, база, комплекты баз.

Наметив технологический процесс получения заготовки и уточнив количественные значения качественных показателей, которыми должны обладать заготовки (точность размеров и относительных поворотов поверхностей, их формы, шероховатость, величина дефектного слоя материала), приступают к разработке технологического процесса обработки для перехода от заготовки к готовой детали. Разработку технологического процесса обработки детали проводится в следующей последовательности [1]:

1) После изучения служебного назначения детали в машине, технических условий и требований, которым она должна отвечать, а также выбора заготовки по каждой из поверхностей деталей необходимо установить требуемое уточнение.

2) Наметить последовательность обработки поверхностей деталей, выявить возможность их одновременной обработки и наметить технологические базы.

3) Выяснить возможность получения требуемой величины уточнения путем подбора оборудования, обладающего необходимыми данными.

4) При отсутствии возможности получения требуемой точности каждой из поверхностей детали с одного перехода подобрать оборудование,

обеспечивающее получение требуемой точности или уточнения с наименьшего количества переходов.

5) Выяснить возможность совмещения переходов обработки поверхностей детали и сформировать из них операции.

6) Уточнить технологические базы, намеченные для использования на каждом выбранном оборудовании.

7) Выявить необходимую технологическую оснастку для выполнения каждой операции и разработать требования, которым должен отвечать каждый вид технологической оснастки (приспособление для установки детали, режущего инструмента, режущий инструмент, измерительный инструмент и т. д.).

8) Рассчитать и установить межпереходные размеры и допуски (по всем показателям точности).

9) Разработать другие варианты технологических процессов изготовления детали, начиная от полуфабриката, составить калькуляцию себестоимости деталей для каждого варианта и выбрать наиболее экономичный вариант.

10) Оформить технологический процесс необходимой документацией.

11) Разработать технические задания на конструирование, если необходимо, новых видов оборудования, приспособлений, режущего и измерительного инструментов.

Разработка последовательности обработки поверхностей деталей. Анализ отработанного чертежа детали, технических условий, которым она должна отвечать, исходя из служебного назначения, позволяет установить оба вида связей между всеми поверхностями, образующими конструктивные формы детали и показатели точности. Поскольку поверхности детали выполняют различные функции при работе детали в машине, то между ними требуется обеспечить и различную степень точности по каждому из ее показателей.

Установив уточнения, которые необходимо обеспечить между поверхностями детали в результате их обработки, т. е. зная задачу, можно перейти к установлению последовательности обработки отдельных поверхностей детали, к выбору в соответствии с этим технологических баз и к выявлению возможности совмещения переходов по обработке различных поверхностей во времени.

Технологу важно уделять особое внимание на следующие обстоятельства. Точность относительных поворотов поверхностей деталей при обработке на станках получается в подавляющем большинстве случаев автоматически, в то время как точность расстояний и размеров достигается путем настройки. Эти обстоятельства оказывают решающее значение на установление последовательности обработки поверхностей, так как для получения точности относительных поворотов должен использоваться принцип единства баз. Установление последовательности обработки поверхностей тесно связано с правильным выбором технологических измерительных баз. Однако этот процесс на сегодняшний день формализован недостаточно, хотя при этом имеется ГОСТ и различные методики.

В современных конструкциях технологические процессы разрабатываются как наборы документации. В случае автоматизированного предварительного производства такие описания процессов хранятся в базе данных.

Выбор операции-многомерная задача. При выборе операции необходимо учитывать ряд факторов, таких как дизайн изделия и его условия, такие как размер компенсации и взаимное расположение конструктивных элементов. При выборе операций технолог должен оптимизировать согласованность, контролировать тщательную установку счетчиков, средних размеров, съемных расходных материалов, временных норм, пропусков и т. д. Разработка и внедрение информационных технологий в различных отраслях сделало термин "цифровое предприятие" признаком инноваций, что позволило описанным предприятиям производить высококонкурентные продукты с высокими потребительскими свойствами при минимальных затратах. В виртуальной компании (то есть до производства продукта) дизайнеры и технологи могут учитывать все риски и анализировать множество различных вариантов оптимизации производственной серии превращения полуфабрикатов в готовый продукт. Был Предложен следующий алгоритм для проектирования машинного процесса на основе цифровой модели продукта сформировать информационную модель (изображение) вашего изделия:

- а. распознать его структуру
- б. сформировать набор конструктивных элементов (СЭ) со списком важных параметров
- 2) проверить модель на технологичность
  - а. выполнить тесты качества
  - б. выполнить количественные испытания
- 3) спроектировать технологический процесс:
  - а. выбрать тип технологического процесса;
  - б. выбрать заготовку;
  - в. выбрать набор технологических баз;
  - г. определить последовательность формообразования каждой детали;
  - д. сформировать операции (последовательность изготовления);
  - е. выбрать оборудование;
  - ж. выбрать оснастку;
- 4) рассчитать нормы времени изготовления детали;
- 5) выбрать оптимальный технологический процесс.

Количество опорных точек (точек соприкосновения с установочными компонентами) на схеме базирования может быть и больше, и меньше шести. Приводятся примеры «схем базирования» с тремя, семью и даже девятью опорными точками, но на количество реальных точек сопряжения влияют погрешности технологических баз и установочных элементов, и проектного базирования, результатом которого является разработанная схема базирования.

Одним из ключевых понятий теории является понятие погрешности базирования и погрешности установки. Под погрешностью установки понимается неточность положения заготовки, режущего инструмента, приспособления и др. относительно баз станка. За них принимают вспомогательные базы (как правило, направляющие) по которым перемещаются сборочные единицы, несущие исполнительные поверхности. Базы станка называются базами установки.

Плоскость и оси симметрии согласно ГОСТ 21495-77 называются скрытыми технологическими базами, остальные базы комплекта – явными технологическими базами. Отталкиваясь от понятия проектной технологической базы, можно ввести понятие проектное базирование (в дальнейшем базирование). Базированием будем называть введение системы отсчета или введение собственной системы координат сопряженной (соприкасающейся) с технологическими базами. На этапе идентификации комплекта баз ориентации определяется состав поверхностей заготовки, по отношению к которым заданы допуски взаимного расположения и размерные связи до обрабатываемых конструктивных элементов.

Машиностроительный комплекс в большинстве развитых стран признан ведущей отраслью промышленности. В настоящее время отрасль сливается в крупные структуры. От уровня развития машиностроения зависит производительность труда, успешная деятельность ведущих отраслей экономики, обеспечение научно-технического прогресса страны в целом. Перспективы экономического и социального развития страны предъявляют новые требования к уровню машиностроения. Не лишним будет изучить функционирование машиностроения в странах, лидирующих в этой области на мировом рынке. Эта отрасль является движущей силой для других отраслей промышленности страны.

В настоящее время перед инженерным образованием стоит задача повышения уровня подготовки специалистов, способных применять информационные технологии для эффективного решения инженерно - технологических задач. Поэтому важнейшими направлениями совершенствования подготовки инженеров конструкторско-технологического профиля являются компьютеризация, обеспечение фундаментальной и профессиональной направленности обучения в вузе.

Важное место в учебном процессе подготовки инженеров-механиков занимают вопросы материаловедения, термической обработки и технологии изготовления деталей в машиностроении. Зачастую традиционные методы упрочнения деталей машин (деформационный, термический, химико-термический) оказываются недостаточно эффективными. В настоящее время на машиностроительных предприятиях (особенно в автомобильной промышленности) осваиваются все более передовые технологии, позволяющие интенсифицировать многие физико-химические процессы за счет использования природы материалов и особенностей протекающих в них структурных преобразований. К ним относятся термоциклический лазер, плазменная обработка, порошковая металлургия и другие методы обработки.

Эти методы позволяют получать уникальные структурные изменения, которые переводят материалы на новый уровень конструкционной прочности и износостойкости.

Электронная модель изделия (ЭМИ), созданная конструктором в среде машиностроительных САПР, определенным образом преобразуется технологом в модели заготовок, разрабатываемых также средствами САПР. При этом можно утверждать, что современные методы автоматизации проектирования существенно меняют традиционные подходы к проектированию заготовок и разработке технологических процессов.

Так решение задач автоматизации разработки управляющих программ приводят к необходимости создания операционных моделей для всех операций технологического процесса, на которых происходит формообразование поверхностей будущей детали. Операционной моделью будем называть ЭМИ, описывающую форму заготовки на определенной операции технологического процесса. Основных подходов к разработке операционных моделей два и оба подхода требуют учета способа обработки детали.

Первый подход основан на последовательном наращивании припусков на обрабатываемых поверхностях от номинальных параметров детали, назначенных конструктором, до технологических межоперационных размеров. В результате наращивания припусков по всем операциям создаётся идеализированная ЭМИ заготовки. Далее на неё добавляются необходимые геометрические элементы, определяемые технологией получения заготовки (уклоны, скругления и напуски). Этот подход позволяет получить в автоматизированном режиме теоретически оптимальную, практически идеальную заготовку.

Ко второму подходу приходится прибегать при использовании заготовок произвольной (заданной) формы. В этом случае необходимо произвести последовательное удаление припусков вплоть до получения окончательной формы детали с определенным качеством обработки рабочих поверхностей.

Независимо от подхода наличие комплекса конструкторских и операционных моделей дает технологу существенные преимущества по сравнению с традиционным (локальным) подходом к КТПП. Во-первых, появляется точное описание геометрической формы заготовки на каждой операции. Это важно, как для технолога-программиста ЧПУ, так и для конструктора технологической оснастки. Во-вторых, по сравнению с традиционным процессом разработки технологического процесса автоматизируется получение технологических эскизов обработки. В-третьих, повышается производительность технологического проектирования (экономится до 70% времени производительной работы технолога).

Согласование процессов геометрического моделирования на конструкторском и технологическом этапах КТПП способствует достижению оптимального результата проектирования, обеспечивающего повышение качества выпускаемых изделий и повышение производительности обрабатывающего оборудования.

При комплексном применении ЭМИ появляется возможность автоматизации такой сложной и трудноформализуемой процедуры КТПП как отработка изделия на технологичность. При этом могут быть использованы объективные критерии. Например, уже на этапе моделирования заданы ограничения на величину припуска, на требуемую точность и качество поверхностей, минимальные размеры скруглений и уклонов.

При разработке технологических процессов для оборудования с ЧПУ, оснащенного электронными средствами измерения, позволяют использовать методы так называемого «программного» базирования. В отличие от традиционных методов базирования заготовок, давно и успешно используемых для универсального обрабатывающего оборудования, управляемого квалифицированным рабочим, программным будем называть метод базирования заготовок на станках с ЧПУ. Программное базирование предусматривает применение электронных средств измерения. Они могут быть как программно-управляемыми, так и неуправляемыми. Результаты измерения позволяют определить положение заготовки и назначить положение нуля и осей программы обработки.

Программная базировка отличается от «ручных» методов тем, что программные средства решают обратную проблему коррекции позиции основных осей обработки станка с ЧПУ относительно координат базовых точек, измеренных на пустой поверхности, прикрепленной на станке [2]. В то же время, он становится приемлемым для установки заготовки на устройстве на станочном столе довольно просто и быстро.

Использование программно-ориентированной конструкции изменяет структуру производственных ошибок. Известно, что установка ошибка состоит бронирования ошибкой и развертывания ошибкой: Детали крепления ошибка может учитываться управления в программе и, как правило, можно игнорировать: Базовая ошибка полностью исключается, потому что программное обеспечение ноль, связана не с установки поверхностей заготовки, и поверхности, которые были разработаны в предыдущих операций, или целое и все детали с поверхности. Это делает программный подход похож на экспериментальные шаги метода. Единственной ошибкой, учитываемой при применении программного обеспечения, является ошибка системы электронного измерения.

Важнейшей причиной отсутствия работоспособных формальных методик назначения схем базирования, схем установки и маршрута обработки заготовки, является несовершенство положений ГОСТ21495-77; до сих пор в странах СНГ имеют место нарекания на указанный ГОСТ и споры, однако в многочисленных работах посвященных теории базирования не описываются задачи, которые решаются при базировании, нет четкого разграничения понятий проектного и реального базирования, теоретической схемы базирования и установки при конструирования, механической обработке, сборке и контроле и, как следствие, не приводится формальных

методик, алгоритмов, правил назначения теоретических схем базирования и схем установки.

В производственной промышленности лидирующими по численности единиц станочного парка являются станки фрезерной группы. Фрезерные станки предназначены для обработки различных плоскостей корпусных деталей, тел вращения, пуансонов, матриц, сплайновых контуров и других сложных поверхностей. Обработка формообразования производится с помощью фрез, где главным движением является вращение фрезы, а заготовка неподвижно закреплена на рабочей плоскости станка (стол, приспособление спутник и т. д.) совершает движение подачи. Данные станки могут быть оборудованы системой числового программного управления (ЧПУ). При выполнении операции над заготовкой, на станках, важно учитывать реальное положение механизмов и узлов станка. Задача взаимной ориентировки станка и детали решаются базированием.

Базирование — это придание заготовки или изделию требуемого положения относительно выбранной системы координат [1]. При осуществлении механической обработки заготовки, на станках фрезерной группы, базирование обеспечивает придание некоторого требуемого положения относительно движения подачи обрабатывающего инструмента (фрезы).

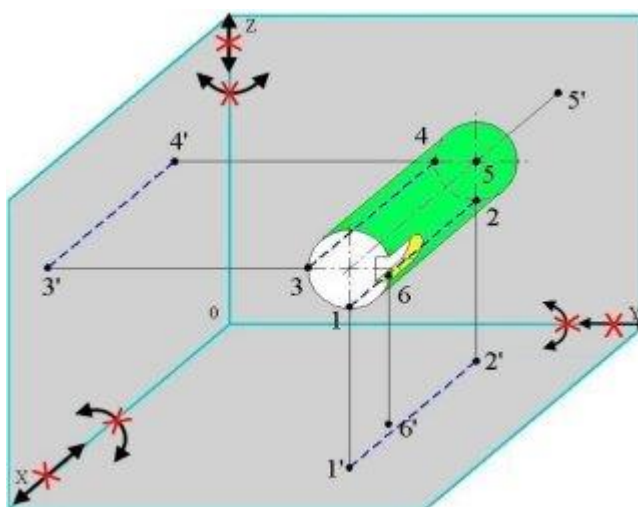


Рисунок 1 – Базирование вала по 6 точкам

Базирование, так же исключает возможные смещения заготовки во время обработки, для этого следует воспользоваться наложением на заготовку двухсторонних связей, обеспечивающие постоянное положение тела относительно осей  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$ , и поворотов  $A$ ,  $B$ ,  $C$  вокруг этих осей (рис. 1).

### Библиографический список

Компьютерные технологии, моделирование и автоматизированные системы в машиностроении: учебник для студ. высш. учеб. Заведений / А.А.Черепашков, Н.В. Носов. – Инфолио.- 2009 . – 650 с.

Хрустицкий, К.В. Комплексная автоматизация технологической подготовки производства и управления процессами механической обработки корпусных деталей машин / К.В. Хрустицкий, А.А. Черепашков // Вест. Самар. гос. аэрокосм. ун-та. – 2012. – № 5 (36), ч. 1. – С. 61 - 71.

Черепашков, А.А. Методика оценки эффективности подготовки целевого персонала машиностроительных САПР / А.А. Черепашков // Изв. Самар. науч. центра РАН. – 2011. – Т. 13, № 4 (3). – С. 897 - 899.

A.A. Cherepashkov, N.V. Nosov, Computer technologies, modeling and automated systems in machine building (Prospekt Nauki, St. Petersburg, 2018).

A.A. Cherepashkov, Izvestia of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, v. 12(33), pp. 619-622 (2010).

K.V. Khrustitskiy, A.A. Cherepashkov, Bulletin of the Samara State Aerospace University, v. 5 (36), pp. 61 – 71 (2012).

B. S. Balakshin, Adaptive management of the tool (Machine-building, Moscow, 1973).

8. B.M. Bazrov, Module technology in machine building (Machine-building, Moscow, 2001)