

5. Схиртладзе А. Г. Проектирование нестандартного оборудования / А. Г. Схиртладзе, С. Г. Ярушин. – Москва : Новое знание, 2006.

УДК 658.51:621.81

## МЕТОД ФОРМАЛИЗОВАННОГО СИНТЕЗА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ЗАДАНИЙ НА ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОНСТРУКЦИЙ СТАНОЧНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ ДЛЯ КОРПУСНЫХ ДЕТАЛЕЙ В СТАНКОСТРОЕНИИ

*Н.В. Беляков*

Несмотря на многочисленные исследования в области формализации проектирования технологических процессов механической обработки заготовок и создания теоретических основ функционирования систем автоматизированного проектирования технологических процессов (САПР ТП), в настоящее время проблема формализации технологического проектирования еще окончательно не разрешена.

В серийном производстве такие детали, как корпуса, кронштейны и т.п., чаще всего относят к числу оригинальных, и на них проектируется индивидуальная технология, преимущественно операционная. Процедуры проектирования индивидуальных технологических процессов механической обработки корпусных деталей включают такие трудноформализуемые разделы, как синтез схем базирования, схем установки, маршрута обработки и основных технологических операций, выбор условий обеспечения заданной точности обработки и др. Принятие проектных решений здесь часто основывается на опыте и интуиции технолога. Поэтому для деталей данного класса САПР ТП (Pro/ENGINEER, EUCLID, UNIGRAPHICS, ADEM, SolidWorks (SWR-технология), T-FLEX (ТЕХНОПРО), КОМПАС (АВТОПРОЕКТ, Вертикаль), СПРУТ (GTP, САПР ТП), «Интермех» (Techcard), Consistent Software (TechnologiCS, FOBOS) и др.) не позволяют выполнять указанные процедуры в автоматическом режиме.

Также одной из причин отсутствия работоспособных методик и алгоритмов проектирования схем базирования и схем установки для корпусных деталей является несовершенство положений теории базирования, которая на сегодняшний день является предметом обсуждения многих специалистов и не представляет понятийного аппарата и инструментария для формализации процедур проектирования.

Вследствие этого разработка моделей, методик и алгоритмов синтеза проектных решений является актуальной задачей, решение которой даст возможность повысить качество проектирования технологических процессов изготовления корпусных деталей, а также повысить производительность труда в сфере подготовки производства корпусных деталей машин.

В настоящей статье приводятся основные результаты, полученные автором в ходе выполнения задания Межвузовской программы фундаментальных исследований «Разработка научных основ создания прогрессивных технологических процессов, оборудования и инструмента для машиностроительного производства Республики Беларусь» (Машиностроение-1), проводимой в 2001-2005г.г.

Для превращения положений теории базирования в формализованный точный раздел технологии машиностроения, позволяющий создать САПР ТП синтеза технологических процессов механической обработки и станочной оснастки, предлагается ряд мероприятий по усовершенствованию указанной теории [1-3]. Под практической целью теории базирования предлагается считать решение

задач проектирования (как ручного, так и автоматизированного) *технологических процессов и технологической оснастки для механической обработки, сборки и контроля*. Для этого четко определяются понятия реального и проектного базирования, базы, назначения баз, конструкторской базы, технологической базы механической обработки, сборки и контроля. Под *технологической базой механической обработки* понимается база, используемая для *ориентации заготовки или элементов заготовки в заданной зоне станка и при проектировании технологического процесса обработки детали*. В первом случае технологические базы называют *реальными технологическими базами*, а во втором – *проектными технологическими базами*.

Проектирование станочного приспособления предлагается производить согласно последовательности ряда процедур, важнейшими из которых (с точки зрения обеспечения на стадии проектирования заданных чертежом требований к точности взаимного расположения элементов конструкции оригинальных нетиповых деталей (типа корпус, кронштейн и т.д.) являются: **1) синтез схемы базирования** (идентификация технологического комплекта баз ориентации конструктивных элементов; определение вида компонента комплекта баз); **2) синтез схемы установки**; **3) анализ допустимости выбранной схемы установки**.

На первом этапе формируется собственная (базовая) декартова система координат на компонентах геометрической модели объекта производства (или заготовки), по отношению к которым заданы расстояния и допуски взаимного расположения обрабатываемых конструктивных элементов. Установлено, что всего возможно четыре варианта комплектов баз ориентации конструктивных элементов корпусных деталей машин, относительно которых возможны различные варианты угловой и размерной ориентации конструктивных элементов: 1) три взаимно перпендикулярные плоскости  $P_i \perp P_j \perp P_k$ ; 2) две взаимно перпендикулярные плоскости и одна ось, перпендикулярная к одной из этих плоскостей (и, следовательно, параллельная или совпадающая с другой плоскостью)  $(P_i \perp P_j) \wedge ((O_i // P_i) \wedge (O_i \perp P_j)) \vee ((O_i // P_j) \wedge (O_i \perp P_i))$ ; 3) плоскость и две перпендикулярные к ней оси  $(O_i \perp P_i) \wedge (O_n \perp P_i)$ ; 4) плоскость и две оси, одна из которых параллельна, а другая перпендикулярна к этой плоскости  $((O_i \perp P_i) \wedge (O_n // P_i)) \vee ((O_n \perp P_i) \wedge (O_i // P_i))$ .

Определено 62 варианта непротиворечивого и однозначного задания ориентации обрабатываемой оси или плоскости конструктивного элемента относительно того или иного комплекта баз ориентации.

При определении вида компонента комплекта проектных технологических баз ориентации предлагается обеспечивать (еще на стадии проектирования) требуемые показатели расположения элементов конструкции относительно комплектов баз ориентации за счет наложения на поверхности баз ориентации определенного числа связей.

Введены новые и уточнены существующие понятия: геометрическая модель заготовки, теоретическая схема базирования; точка сопряжения, связь; направляющий вектор; вид компонента комплекта баз; тройная однонаправленная (установочная), направляющая (двойная однонаправленная), опорная (одиночная), двойная опорная (двойная разнонаправленная), тройная опорная (тройная разнонаправленная), двойная направляющая (четверная) базы; настроечная база. Определены возможные варианты реализации технологических баз.

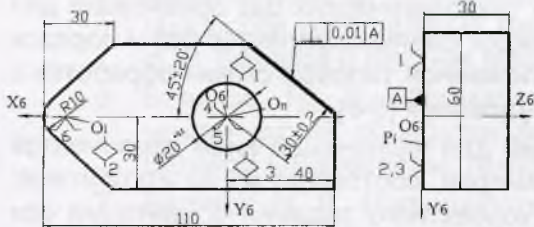


Рисунок 1 - Схема базирования

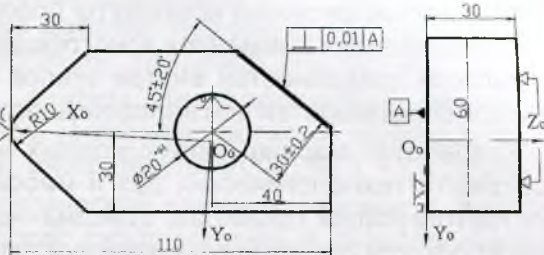


Рисунок 2 - Схема установки

На схеме базирования предлагается изображать: 1. графическую модель заготовки, отражающую ее состояние после выполнения рассматриваемой операции; 2. условные обозначения направляющих векторов; 3. оси собственной системы координат (ССК) (рис. 1).

Схема базирования должна быть спроектирована таким образом, чтобы базовая система координат лежала на компонентах геометрической модели заготовки, от которых заданы размеры и показатели угловой ориентации обрабатываемых элементов заготовки. Если это требование невозможно выполнить, то появляются условия для возникновения погрешности схемы базирования.

На этапе проектирования теоретической схемы установки нужно обеспечить контакт технологических баз с моделями установочных компонентов (сформировать опорные точки), тем самым определить положение установочной системы координат (УСК).

На схеме установки (рис. 2) предлагается изображать: 1) графическую модель заготовки, отражающую ее состояние после выполнения рассматриваемой операции; 2) условные обозначения установочно-зажимных элементов приспособления; 3) условные обозначения точки приложения и направления силы закрепления; 4) опорную систему координат.

На основании использования понятий ССК и УСК предложено определение понятия погрешности теоретической схемы установки как меры их несовпадения, что позволяет еще на стадии проектирования приспособления оценить допустимость принятого варианта схемы установки.

Предложен метод формализованного синтеза конструкторско-технологической модели корпусной детали из параметризованных функциональных модулей (ФМ) разных уровней сложности и различного назначения, а также структуры размерных и угловых связей между ними (представляются графами размерных и угловых связей), позволяющие связать элементы классификации с основами проектирования схем базирования и установки, сформировать модели заготовки на этапах типовой схемы обработки механической обработки и повысить качество проектирования технологических процессов за счет типизации проектных решений [5-6].

Установлено, что существует два метода определения маршрутов обработки ФМ: 1) с помощью синтеза возможных вариантов маршрута; 2) с помощью стандартных маршрутов, применяемых на том или ином предприятии.

Для реализации первого метода разработан алгоритм моделирования изменения показателей качества ФМ [4]. Для формализации назначения маршрута по второму методу предлагается ввести понятие технологического регламента – совокупности упорядоченной технологической информации о ФМ. Разработаны технологические регламенты обработки некоторых часто применяемых комплексных функциональных модулей, применяемых на станкостроительных предприятиях Витебской области [5-6].

Разработан метод формализованного синтеза маршрута обработки заготовки в целом, который позволяет на основе анализа графов размерных связей и графов угловых расположений поверхностей ФМ для корпусных деталей формально

определить возможные комплекты проектных технологических баз ориентации для обрабатываемых элементов конструкции, порядок смены комплектов баз и порядок обработки поверхностей внутри этапов предложенной типовой схемы обработки с учетом возможностей металлорежущего оборудования [5-6].

Разработан массив продукционных моделей для назначения вида компонентов комплекта технологических баз и массив примеров, состоящий из 62 алгоритмов, соответствующих правилам однозначного и корректного задания ориентации оси или плоскости относительно комплектов баз [5-6].

Например, алгоритм П 34 гласит: если заданы допуски перпендикулярности плоскости  $P_{34}$  относительно плоскости  $P_i$  и углового расположения относительно плоскости  $\{O_iO_n\}$  и численное значение допуска перпендикулярности относительно  $P_i$  меньше численного значения допуска углового расположения относительно  $\{O_iO_n\}$ , то плоскость  $P_i$  назначается установочной базой, одна из осей, от которой задан размер, – двойной опорной, вторая – опорной. Если численное значение допуска перпендикулярности относительно  $P_i$  больше численного значения допуска углового расположения относительно  $\{O_iO_n\}$ , то плоскость  $\{O_iO_n\}$  назначается установочной базой,  $P_i$  – направляющей, одна из осей, от которой задан размер, – опорной (рис. 1).

Разработаны правила для определения вида компонента комплекта баз при «ручном» проектировании.

Для формализации процедуры синтеза схемы установки предлагается применить метод типовых технических решений, при реализации которого элементы схемы базирования заменяются соответствующими элементами схемы установки. Из разработанной таблицы соответствия технологической базы установочному компоненту с помощью таблицы сокращения вариантов отбирается сочетание установочных компонентов для реализации вида компонента комплекта технологических баз [7].

Предлагается также методика оценки погрешности схемы установки как меры несовпадения базовой и установочной систем координат, позволяющая еще на стадии проектирования приспособления оценить допустимость принятого варианта схемы установки [8]. Таким образом, формируется задание на проектирование конструкции приспособления.

Разработан программно-методический комплекс, представляющий собой комплект методических указаний и учебных пособий, а также пакет прикладных программ автоматизации процедур проектирования, позволивший доказать работоспособность методик, моделей и алгоритмов.

Разработки внедрены в учебный процесс УО «ВГТУ» и ряд машиностроительных предприятий.

#### Список использованных источников

1. Махаринский, Е. И. О теории базирования при механической обработке / Е. И. Махаринский, Ю. Е. Махаринский, Н. В. Беляков // СТИН, 2005, № 4. – С. 29 – 32.
2. Беляков Н. В. Направление развития теории базирования / Н. В. Беляков, Е. И. Махаринский, Ю. Е. Махаринский // Вестник Учреждения образования «Витебский государственный технологический университет». Пятый выпуск. – Витебск : УО «ВГТУ», 2003. – С. 54 – 59.
3. Беляков Н. В. Понятие теории базирования при механической обработке / Н. В. Беляков, Е. И. Махаринский // Машиностроение: сб. научн. трудов. Вып. 19 ; под ред. И. П. Филонова.– Минск : УП «Технопринт», 2003. – с. 7-12.
4. Беляков Н. В. Алгоритм формирования маршрута обработки типовых компонентов деталей машин / Н. В. Беляков // Молодежь и наука на пороге 3 тысячелетия. Мозырь : МГПИ им. Н.К. Крупской, 2001. – с.5-9.

5. Махаринский, Е. И. Методика синтеза индивидуальных технологических процессов изготовления корпусных деталей машин / Е. И. Махаринский, Н. В. Беляков // Вестник машиностроения, №2, 2005. – С. 57–65.
6. Беляков Н. В. Формализация синтеза технологических процессов механической обработки заготовок корпусных деталей машин / Н. В. Беляков // Материалы, технологии, инструменты, 2006, № 3. – С. 100-107.
7. Беляков Н. В. Погрешность теоретической схемы установки // Вестник Учреждения образования «Витебский государственный технологический университет». Девятый выпуск / Н. В. Беляков, Е. И. Махаринский, Ю. Е. Махаринский. – Витебск : УО «ВГТУ» 2005. – С. 72 – 77.
8. Беляков Н. В. Синтез схем установки заготовок корпусных деталей машин / Н. В. Беляков, Е. И. Махаринский, Ю. Е. Махаринский // Машиностроение: сб. научн. трудов. Вып. 18 ; под ред. И. П. Филонова.– Минск : УП «Технопринт», 2002.– с. 98-104.

#### SUMMARY

Are explained to a fundamentals of use of positions of the theory of referencing at creation CAD/CAM of machining job of case-shaped parts. The method of the formalized synthesis of constructive - technological models of case-shaped parts is circumscribed. Methods of the formalized synthesis of packages of technological bases, about execution of transitions inside stages of the standard scheme of machining job, a choice of the equipment are developed. The method of destination of an aspect of components of a package of technological bases, and also structure of components of the theoretical scheme of setting is developed. The program- methodical complex for projection of technological processes of machining job of case-shaped parts is developed.

УДК 621.762.4

### ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ТОНКОСТЕННЫХ ТРУБ ИЗ ПЛАСТИФИЦИРОВАННЫХ ПОРОШКОВ

*В.В. Савицкий*

Пористые проницаемые трубы из порошков бронзы, нержавеющей стали, титана, керамики используются в машиностроении, авиационной, нефтяной, металлургической, химической и других отраслях промышленности. Их получают спеканием свободно насыпанных порошков, гидро- и изостатическим прессованием, одно- и двухсторонним прессованием в пресс-формах, прокаткой и экструзией [1–2]. Наиболее перспективными являются методы непрерывного формования труб, обеспечивающие высокую степень автоматизации производства и большую производительность. Для улучшения технологических характеристик порошки смешивают со связующими и пластифицирующими добавками. Использование пластификаторов позволяет формировать изделия даже из хрупких и трудно прессуемых порошков. В качестве пластифицирующих добавок применяют парафин, раствор синтетического каучука в бензине, растворы поливинилового спирта в воде и некоторые другие [3].

Технологии непрерывного шнекового формования труб из пластифицированных порошков достаточно детально разработаны [4–5]. Типовая технология включает операции пластификации порошка, подготовки смеси к формованию, формования заготовок, удаления пластификатора и спекания изделий. В качестве пластификатора часто используют парафин, обладающий хорошими связующими, пластифицирующими, смазывающими свойствами, высокой химической инертностью. Парафин в расплавленном виде хорошо перемешивается с