

Так, на рис. 3 показаны результаты моделирования для следующих условий:

- частота вращения заготовки  $n_0 = 400$  об/мин;
- передаточное отношение редуцирующего узла  $U = 2,167$ ;
- число периодов опорного элемента  $N_p = 4$ ;
- подача инструмента на оборот  $S_0 = 5$  мм/об;
- диаметр обрабатываемой заготовки  $D = 80$  мм.

Следует заметить, что для данного рисунка подача инструмента на оборот специально существенно завышена. Это сделано для того, чтобы можно было проследить взаимное расположение следов. Для реальных режимов обработки эти следы слились бы в сплошную область.

Из рисунка видно, что за один рабочий ход инструмента невозможно обработать всю поверхность, если только размеры следов деформирующих элементов не будут достаточно велики. В противном случае обработать поверхность можно за несколько рабочих ходов инструмента. Количество этих рабочих ходов может быть определено на основе вероятностного подхода.

Разработанная математическая модель позволяет исследовать влияние конструктивных особенностей инструмента и режимов обработки на геометрическую картину следов деформирующих элементов. Анализ этой картины позволяет разрабатывать оптимальные конструкции инструментов, а также решать задачу оптимизации процесса инерционно-импульсной обработки.

УДК 658.51:621.81

Н.В. Беляков

## **МЕТОДИКА ПРОЕКТИРОВАНИЯ ИНДИВИДУАЛЬНОГО МАРШРУТА ОБРАБОТКИ ЗАГОТОВОК КОРПУСНЫХ ДЕТАЛЕЙ ВНУТРИ ЭТАПОВ ТИПОВОЙ СХЕМЫ ОБРАБОТКИ**

*Витебский государственный технологический университет  
Витебск, Республика Беларусь*

Одним из направлений развития процесса технологической подготовки машиностроительного производства Республики Беларусь в условиях рыночных отношений и растущей конкуренции является автоматизация проектирования изделий и технологических процессов их изготовления. Однако, несмотря на многочисленные исследования в области формализации проектирования технологических процессов механической обработки заготовок и созданию тео-

речетических основ функционирования САПР ТП, в настоящее время методика и формальные процедуры проектирования индивидуальных технологических процессов корпусных деталей методом синтеза (включает такие трудноформализуемые разделы, как назначение схем базирования, схем установки, выбор маршрута и основных технологических операций, выбор условий обеспечения заданной точности обработки и др.) разработаны не до конца. Принятие проектных решений часто основывается на опыте и интуиции проектировщика. Поэтому для деталей данного класса нет работоспособных САПР ТП, позволяющих выполнять указанные процедуры в автоматическом режиме.

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

Информационно-технологическая модель детали и заготовки на этапах обработки предлагается формировать с помощью комплексных функциональных модулей (ФМ) и технологических регламентов их обработки [1].

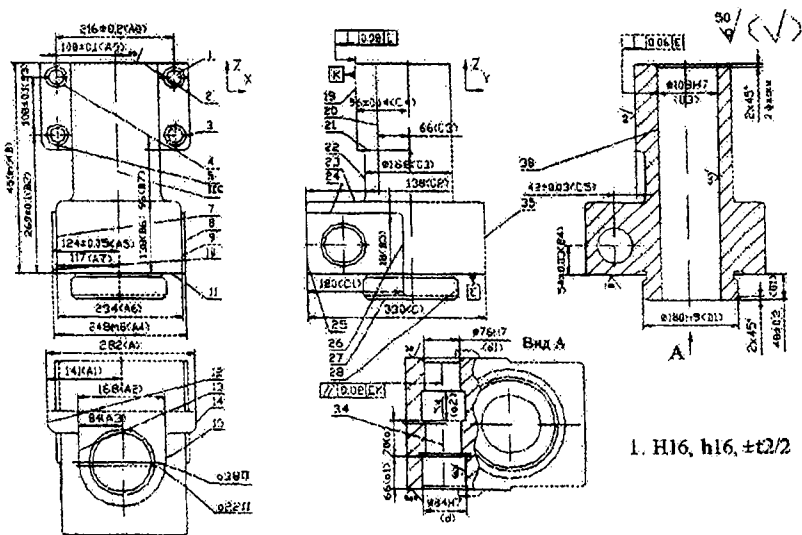


Рис. 1. Эскиз детали с нумерацией поверхностей и обозначением кодов размеров

Для иллюстрации методики на рис. 1 представлен эскиз корпусной детали, с нумерацией поверхностей и буквенным обозначением размеров. Де-

таль состоит из четырех функциональных модулей, образующих основную и вспомогательные сборочные базы, одного крепежного модуля и ряда объединительных модулей. Используя схемы снятия припуска и технологические регламенты обработки ФМ, можно получить модели ФМ на разных этапах обработки, а также список переходов обработки ФМ (в зависимости от заданных параметров точности и шероховатости), которые необходимо выполнить внутри этапов. Назначение маршрута обработки ФМ может также осуществляться с помощью синтеза возможных вариантов на основе моделирования состояния показателей качества поверхностей на этапах [2].

Распределение переходов по этапам типовой схемы обработки (соответствующий код технологического регламента), является первым шагом их упорядочения во времени.

Далее при ручном проектировании технологии с помощью формальной методики необходимо:

**1. Для каждого этапа механической обработки построить модель заготовки, на которой будут выделены все обрабатываемые поверхности этапа, обозначены припуски на механическую обработку и перенесены размерные связи и допуски относительных поворотов с чертежа детали. Такой подход необходим для того, чтобы уменьшить число звеньев технологических размерных цепей.**

**2. Сформировать графы размерных связей и графы угловых расположений обрабатываемых поверхностей по отношению к обрабатываемым поверхностям и угловых расположений обрабатываемых поверхностей по отношению к необрабатываемым для каждого этапа. Графы строятся по разработанным формальным правилам в зависимости от типа поверхностей, их характера (скрытая, явная), взаимной ориентации (симметричность, соосность, расположение под углом), а также с учетом ряда ограничений по возможности совместной обработки.**

На рис. 2 приведена модель заготовки на предварительном этапе, графы размерных связей и угловых расположений поверхностей внутри этапов типовой схемы обработки. Индексы в буквенных обозначениях соответствуют: з- заготовка, п- предварительный этап, ч- чистовой, о- отделочный.

На графах двойной окружностью обозначаются необрабатываемые (исходные) поверхности этапа. Для отверстий и наружных цилиндрических поверхностей на графе отмечены только их оси, так как именно они участвуют в образовании комплектов технологических баз.

**3. Определить всевозможные комплекты проектных операционных технологических баз (ТБ) этапа. Эти комплекты определяются с помощью совместного анализа указанных выше графов размерных связей и угловых расположений поверхностей.**



Таблицы комплектов формируются следующим образом. Номер обрабатываемой поверхности (главной плоскости или оси обрабатываемой поверхности ФМ) отыскивается на графе размерных связей (по одной оси для плоской поверхности, по двум осям для оси). Для облегчения восприятия информации на рис. 2 индексы з и п в графах и таблицах комплектов не указаны, однако при автоматизации процедуры их необходимо учитывать.

Определяются связи обрабатываемой поверхности с другими ближайшими поверхностями на графах размерных связей, которые назначаются технологической базой. Для плоских поверхностей при помощи графов угловых расположений комплект ТБ дополняется двумя поверхностями, для оси одной.

Так, например, для плоскости 2 предварительного этапа с помощью графов размерных связей по осям базой назначается поверхность 11 и дополняется ее до комплекта с помощью графа обрабатываемых поверхностей к необрабатываемым поверхностям поверхностями  $o22_{nc}$   $o22_n$ , а с помощью графа обрабатываемых поверхностей к обрабатываемым поверхностям поверхностями  $o38_{nc}$   $o38_n$  и 19 10.

Все возможные варианты комплектов для обработки всех поверхностей заносятся в таблицу комплектов ТБ.

**4. Для первой операции этапа определить исходные ТБ.** Для решения задачи равномерности снятия припуска в качестве комплекта баз на первой операции этапа принимаются именно те поверхности, на которых необходимо обеспечить равномерное распределение припуска.

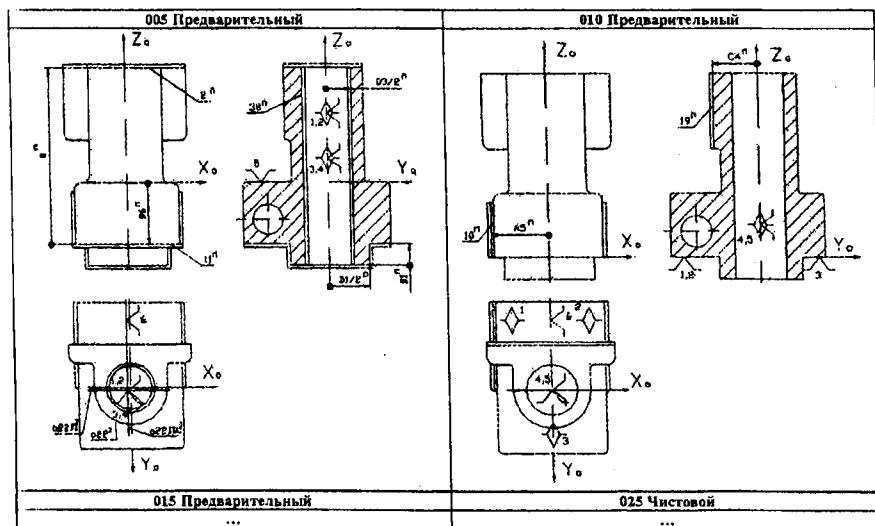
Для решения задачи обеспечения относительного расположения обрабатываемых и исходных поверхностей этапа комплект ТБ на первой операции этапа должен состоять из поверхностей, обработанных на предыдущем этапе (или необрабатываемых вовсе для первой операции обработки) и необрабатываемых на данном этапе (исходные поверхности этапа). Таким образом, в столбцах таблиц комплектов необходимо отыскивать одинаковые комплекты, состоящие из исходных поверхностей этапов, для обработки наибольшего числа поверхностей и проверить возможность обработки этих поверхностей за один установ на технологическом оборудовании. Пусть, для примера, проектируется операция для условий серийного производства с условием максимальной концентрации переходов. (Имеются широкоуниверсальные фрезерно-сверлильно-расточные станки с ЧПУ оснащенные поворотными столами). Тогда (например, на предварительном этапе) имеется возможность за один установ от комплекта баз  $23$   $o22_{nc}$   $o22_n$  обработать одновременно поверхности  $o38$   $2$   $11$   $o28$ .

Если исходных поверхностей нет, то в комплект баз на первой операции этапа выбираются поверхности, от которых можно получить базы для обработки большего числа других поверхностей. От исходного комплекта также необходимо стремиться обрабатывать главную поверхность ФМ образующую основную сборочную базу. При синтезе порядка обработки необходимо выделять поверхности, которые можно обработать от настроечных баз. Разработан алгоритм их определения.

**5. Определить базы для обработки других поверхностей.** Для этого в столбцах таблиц отыскиваются одинаковые комплекты, состоящие из поверхностей, обработанных от исходных ТБ. От этих комплектов также обрабатываются соответствующие поверхности. Например, для предварительного этапа от комплекта 11  $o38_{nc}$   $o38_n$  можно обработать поверхности 19 и 10. И так далее пока не будут отобраны комплекты для обработки всех остальных поверхностей. Так для предварительного этапа от комплекта  $o22_{nc}$   $o22_n$   $o23$  можно обработать поверхности 11,  $o28$ ,  $o27$ ,  $o38$ , 2. От комплекта 11  $o38_{nc}$   $o38_n$  поверхности 10, 19. От комплекта 10 19 11 поверхности  $o34$ , 8. Возможны и другие варианты, однако, окончательный выбор маршрута осуществляется на стадии выбора оборудования.

Таблица 1

Теоретические схемы базирования заготовки



**6. Определяется число связей, накладываемых компонентом комплекта.** Для поверхностей 10 и 19 обрабатываемых на предварительном этапе комплектом баз является две плоскости и ось лежащая в одной из этих плоскостей (комплект №2 [3]). Допуск перпендикулярности поверхности 19 относительно 11 — 0.08 на длине 216 мм., а 19 относительно  $\phi 38_{nc}$  — 0.4 на длине 282 мм., и допуск параллельности 19 относительно  $\phi 38_{nc}$  —  $\pm 0.14$  на длине 216мм. Допуск перпендикулярности поверхности 10 относительно 11 — 0.25 на длине 120, а 10 относительно  $\phi 38_{nc}$  — 0.3 на длине 180, и допуск параллельности 10 относительно  $\phi 38_{nc}$  —  $\pm 0.05$  на длине 120. Если привести указанные допуски в заданном координатном направлении к одной длине, то получаем: 11 — установочная база,  $\phi 38$  — двойная опорная, а  $\phi 38_{nc}$  — опорная [3].

В табл. 1 представлена часть варианта технологического процесса для детали с указанием теоретических схем базирования, спроектированного с помощью рассмотренной методики.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Беляков Н.В., Махаринский, Е.И. Проблема сбережения ресурсов на стадии проектирования технологии изготовления корпусных деталей машин / / Ресурсо- и энергосберегающие технологии промышленного производства. Материалы международной научно-технической конференции. Ноябрь 2003г. Часть I. / УО «ВГТУ». — Витебск, 2003. — С. 38–45.
2. Беляков Н.В. Алгоритм формирования маршрута обработки типовых компонентов деталей машин // Молодежь и наука на пороге 3 тысячелетия. Мозырь: МГПИ им. Н.К. Крупской, 2001. — С. 5–9.
3. Беляков Н.В., Махаринский Е.И. Методика разработки схем базирования // Вестник Витебского государственного технологического университета. Четвертый выпуск / УО «ВГТУ». — Витебск, 2002. — С. 38–43.