

Технология и технологические машины

УДК 621.791.03-52

Выбор размерных характеристик поверхностей детали в системе планирования многономенклатурных технологических процессов

А.П. Белов

Быстрый рост и совершенствование технологического оснащения механических производств способствует его быстрому налаживанию и освоению выпуска нового вида продукции. Однако это обуславливает увеличение временных и материальных затрат на конструкторско-технологическую подготовку производства и снижение качества принятых проектных решений при разработке конструкции деталей. Поэтому при выполнении проектных процедур на этапах конструкторского проектирования необходимо рассмотреть все возможные варианты конструкторских решений с учетом сложившейся производственной ситуации на предприятии. Решение заключается в осуществлении генерации, выбора и отбора вариантов конструктивных решений, используя для этого математические методы и технологические возможности предприятия. В результате, применение выбора размерных характеристик поверхностей детали в системе планирования многономенклатурных технологических процессов показало, что при этом сокращается время конструкторско-технологической подготовки производства, улучшается качество принятых проектных решений, используется весь технологический потенциал производственных возможностей. Разработанный подход позволит на основе учета обеспечения эффективного функционирования производственной системы при изготовлении деталей осуществлять выбор рациональных конструкций деталей с учетом технологических возможностей конкретного многономенклатурного производства. Метод выбора размерных характеристик поверхностей детали в системе планирования многономенклатурных технологических процессов предназначен для машиностроительных предприятий, осу-



БЕЛОВ
Александр Павлович
(СГТУ им. Гагарина Ю.А.)

BELOV
Aleksandr Pavlovich
(Saratov, Russian Federation,
Yuri Gagarin State Technical
University of Saratov)

ществляющих конструкторско-технологическую подготовку производства в рамках производственного цикла.

Ключевые слова: технологическая подготовка производства, размерные характеристики, конструкторское проектирование.

Choosing dimensions of part surfaces when planning multiproduct processes

A.P. Belov

Rapid growth and improvement of technological equipment in machining industries stimulate its fast deployment and new product release. However, this increases time and cost of research and development and decreases quality of design solutions. Therefore, at the design stage, it is necessary to consider all possible design solutions taking into account the current situation at the enterprise. To do this, mathematical methods and technological capabilities of the enterprise should be used for generating, choosing, and selecting design solution alternatives. As a result, choosing the dimensions of part surfaces when planning multiproduct processes has reduced the design and technological preparation time, improved the quality of design solutions, and made it possible to use all production capabilities. The developed approach will allow designers to choose reasonable part designs taking into account technological capabilities of a particular multiproduct enterprise in the framework of an efficiently functioning production management system. The method of choosing dimensions of part surfaces in the multiproduct process planning system is intended for engineering companies providing research and development within a production cycle.

Keywords: production planning, dimensional communication, graph theory, structural elements.

Основой предлагаемого подхода выбора размерных характеристик является последовательное пошаговое назначение отдельных конструктивных характеристик на поверхности деталей с установлением взаимосвязей между данными конструктивными характери-

стиками и технологическими параметрами их обеспечения при обработке [1]. Для этого конструктору необходимо осуществить поиск и выбор рационального варианта простановки размеров из множества возможных вариантов. Для осуществления рационального выбора пространственно-геометрических связей поверхностей между собой был разработан метод генерации множества вариантов и выбора простановки размеров. Этот метод заключается в том, чтобы используя многовариантность простановки размеров и теорию графов, построить множество вариантов простановки размеров детали [2]. По техническим характеристикам оборудования составляется таблица возможностей обработки поверхностей для выбора наиболее рационального варианта. Располагая информацией по поверхностям, осуществляется генерация вариантов простановки размеров и их отсев по правилам теории базирования.

Для разработанного метода необходимо представить деталь в виде множества поверхностей, а также назначить технические требования на каждую поверхность и осуществить их классификацию. Проанализировав конструкцию детали, можно выявить конструктивные элементы и определить их взаимосвязи внутри каждого элемента.

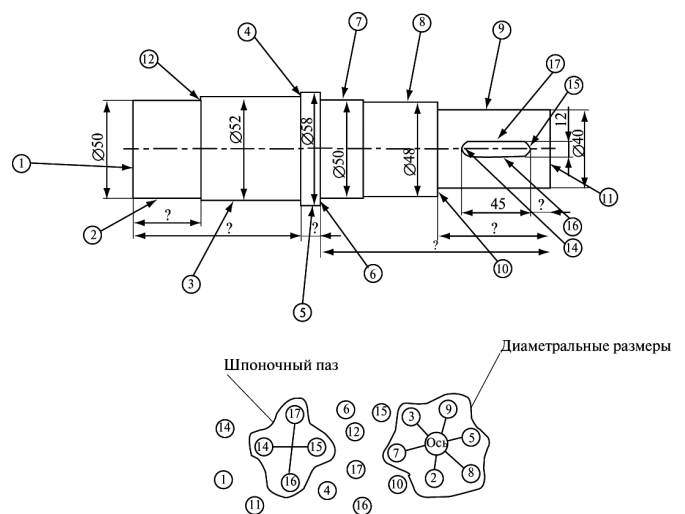


Рис. 1. Чертеж детали после простановки размеров на конструктивные элементы

Фрагмент таблицы возможностей оборудования

| Код оборудования | Код приспособления | Код технологического перехода | Код обрабатываемой поверхности | Предельные размеры обрабатываемой поверхности | | | | | |
|------------------|--------------------|-------------------------------|--------------------------------|---|-----|-----|-----|-----|-----|
| | | | | 1 | | 2 | | 3 | |
| | | | | min | max | min | max | min | max |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| SPM-16 | 7100—0009 | — | 0111 | 1 | 180 | — | — | 0 | 400 |
| SPM-16 | 7100—0009 | — | 0111 | 1 | 180 | — | — | 0 | 400 |
| SPM-16 | 7100—0009 | — | 0111 | 1 | 180 | — | — | 0 | 400 |
| SPM-16 | 7100—0009 | — | 0111 | 1 | 180 | — | — | 0 | 400 |

В результате проведенных процедур конструкция детали насыщается размерами (конструктивными связями), но при этом остается множество поверхностей неопределенных в геометрии детали (рис. 1). На этом процедура, связанная с подготовкой конструкции детали для осуществления генерации и выбора, завершается.

Используя технические характеристики оборудования и приспособлений, формируется таблица возможностей оборудования [3].

Каждая поверхность или конструктивный элемент, состоящий из нескольких поверхностей, имеет свой индивидуальный код, например: наружная цилиндрическая 0111, шпоночный паз 0532 (рис. 2). С таким кодовым обозначением выполняются процессы отсеивания и выбора рациональных вариантов простановки конструкторских размеров. В представленном фрагменте таблицы закодирована обрабатываемая наружная цилиндрическая поверхность 0111 с предельными размерами обработки (min и max диаметр и длина заготовки) на обрабатывающем центре SPM-16. С таким кодовым обозначением далее проводятся процессы

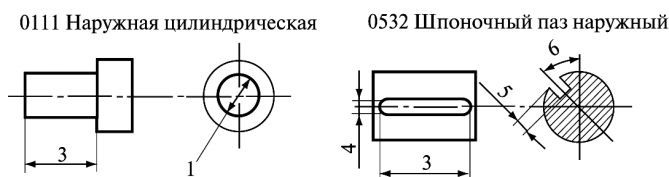


Рис. 2. Фрагмент классификации элементарных поверхностей

отсеивания и выбора рациональных вариантов простановки конструкторских размеров.

С помощью технологической базы (таблицы), формируются варианты простановки технологических размеров на заключительных этапах обработки поверхностей детали. Для этого используются только те поверхности, которые не связаны с другими поверхностями в конструкции детали [4, 5]. Процесс формирования осуществляется путем анализа и отсева вариантов простановки технологических размеров. Отсев происходит по коду поверхности, по критерию точности и шероховатости поверхности.

Варианты формируются по приведенному алгоритму (рис. 3) следующим образом:

- деталь представляется в виде элементарных поверхностей, тем самым образуются варианты множеств поверхностей с техническими требованиями, предъявленными к ним;
- используя базу технологических возможностей оборудования (см. таблицу) осуществляется поиск и подбор фрагментов технологического процесса окончательной обработки.

Подбор состоит из нескольких действий:

- определяется подходящая строчка в таблице по коду поверхности;
- если строчка совпала, то в той же строчке ищется совпадение по точности и шероховатости поверхности детали с точностью и шероховатостью фрагмента технологической операции;
- если совпадение найдено, то в той же строчке определяется совпадение базы технологической с конструкторской (принцип единства баз).

Проверка происходит по условию расположения начала отчета базовой поверхности относительно начала отчета обрабатываемой по-

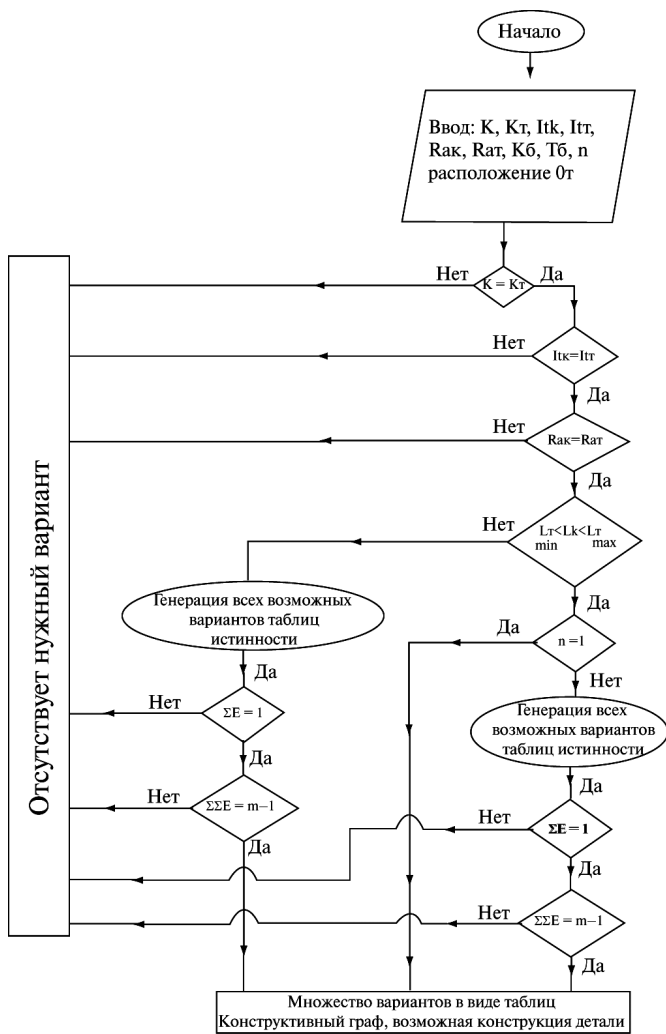


Рис. 3. Алгоритм формирования вариантов простановки технологических размеров на заключительных этапах обработки поверхностей детали

верхности. Поскольку в технологической таблице заданы максимальные и минимальные расстояния, то успех будет означать попадание значения расстояния между поверхностями детали в диапазон между максимумом и минимумом, представленными в технологической таблице. Возможны три варианта:

- 1) если есть совпадение, то этот вариант взаимосвязи будет использоваться в построении конструкции;
- 2) если нет ни единого совпадения, то используя в качестве математического оператора алгебру Буля, осуществляется генерация всех возможных вариантов взаимосвязей рассматриваемой поверхности с другими поверхностями

ми (Е) и отбор вариантов по принципу постоянства баз (генерация таблиц истинности);

3) если есть несколько совпадений баз, то, используя алгебру Буля, осуществляется генерация всех возможных вариантов взаимосвязей рассматриваемой поверхности с отобранными поверхностями по принципу единства баз и отбор вариантов по принципу постоянства баз (генерация таблиц истинности).

В алгоритме используются следующие обозначения:

ВВОД — ввод множества исходных данных необходимых для работы алгоритма;

К — код конструкторской поверхности из детали;

Кт — код конструкторской поверхности из технологической таблицы;

Lк — требование к расположению начала отчета 0т. базовой поверхности относительно 0т. обрабатываемой поверхности из конструкции детали;

L(max.min)т — минимальные и максимальные требования к расположению 0т. базовой поверхности относительно 0т. обрабатываемой поверхности из технологической таблицы;

Itk — точность конструкторской поверхности;

Itt — точность конструкторской поверхности из технологической таблицы;

Rak — шероховатость конструкторской поверхности;

Rat — шероховатость конструкторской поверхности из технологической таблицы;

n — количество отобранных вариантов;

Е — вариант взаимосвязи поверхности с другими поверхностями;

m — количество поверхностей, участвующих в построении таблиц истинности.

Рассмотрим работу алгоритма при построении таблиц истинности с использованием теории алгебры Буля на примере детали втулка, состоящей из четырех торцевых поверхностей.

Если между поверхностями есть взаимосвязь в виде размера, это событие является истинным (1). Если между поверхностями отсутствуют взаимосвязи — событие является ложным (0). При рассмотрении каждого варианта возможной простановки размеров одним из условий является наличие только одного размера

для определения местоположения поверхности в конструкции детали:

$$\begin{aligned}
 \sum_{i=1, K_1} E(i \rightarrow 1) &= 1 \\
 \sum_{i=1, K_2} E(i \rightarrow 2) &= 1 \\
 \sum_{i=1, K_m} E(i \rightarrow j) &= 1 \\
 &\dots\dots\dots \\
 \sum_{j=1, m} \sum_{i=1, K_m} E(i \rightarrow j) &= m - 1 \\
 i &\rightarrow \min,
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

где i — базовая поверхность, от которой проставляется размер; j — поверхность, до которой проставляется размер; $i \rightarrow \min$ — условие, при котором количество технологических баз стремится к минимуму, т. е. принцип постоянства баз; K — количество вариантов простановки размеров для j -й поверхности; m — количество поверхностей детали, входящих в рассматриваемую размерную цепочку.

В качестве примера рассмотрим первую поверхность из множества поверхностей детали втулка, которую необходимо определить в общей конструкции детали, и сгенерируем все возможные варианты ее конструктивных взаимосвязей, используя систему уравнений (1):

$$\left\{ \begin{aligned}
 \sum 1(1 \rightarrow 2) + 1(1 \rightarrow 3) + 1(1 \rightarrow 4) &= 3, \\
 \sum 0(1 \rightarrow 2) + 0(1 \rightarrow 3) + 0(1 \rightarrow 4) &= 0, \\
 \sum 1(1 \rightarrow 2) + 0(1 \rightarrow 3) + 0(1 \rightarrow 4) &= 1, \\
 \sum 1(1 \rightarrow 2) + 1(1 \rightarrow 3) + 0(1 \rightarrow 4) &= 2, \\
 \sum 0(1 \rightarrow 2) + 0(1 \rightarrow 3) + 1(1 \rightarrow 4) &= 1, \\
 \sum 0(1 \rightarrow 2) + 1(1 \rightarrow 3) + 1(1 \rightarrow 4) &= 2, \\
 \sum 0(1 \rightarrow 2) + 1(1 \rightarrow 3) + 0(1 \rightarrow 4) &= 1, \\
 \sum 1(1 \rightarrow 2) + 0(1 \rightarrow 3) + 1(1 \rightarrow 4) &= 2.
 \end{aligned} \right.$$

Поскольку поверхностей четыре и один вариант выпадает, так как $1 \rightarrow 1$ связь поверхности самой к себе не может существовать, то и вариантов будет $2^3 = 8$ количество событий (2 — (0 или 1), 3 — количество вариантов). Если одно из

уравнений равняется 0, т. е. рассматриваемая поверхность не взаимосвязана с другими поверхностями, это означает наличие ошибки [7]. Каждая поверхность должна иметь как минимум одну связь. На основании этого правила выбираем три варианта, прошедшие это условие:

$$\sum \sum 1(1;0;0) + 1(0;0;1) + 1(0;1;0) = 3 = 4 - 1 = 3.$$

В результате формируется таблица вариантов, состоящая, в данном случае из трех вариантов получения рассматриваемых поверхностей детали на данном технологическом оборудовании. Однако, так как учесть всю специфику конструкции разрабатываемой детали в автоматизированном режиме с использованием вычислительной техники затруднительно, то принятие решения из уже отобранных вариантов простановки размеров осуществляет конструктор.

Основное назначение разработанного метода — осуществление отбора вариантов простановки размеров из множества. Использование этого метода предоставляет конструктору те варианты, которые отвечают требованиям точности, эффективности, реализации наиболее лучшего варианта обработки детали, используя доступные технологические возможности оборудования на многономенклатурном производстве (рис. 4). В результате сокращается время, затрачиваемое на разработку конструкции детали и технологического процесса. Производство детали становится более качественным и экономичным для данных условий в рамках

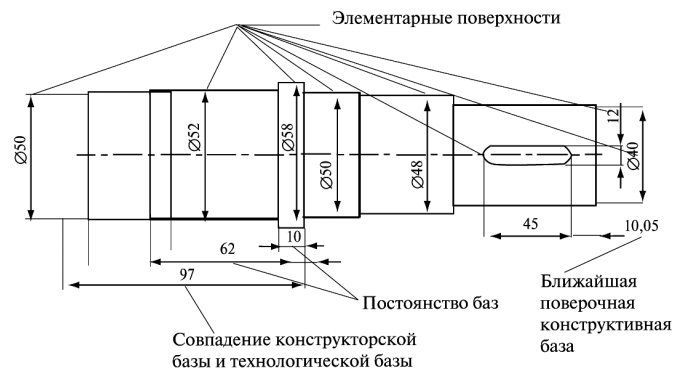


Рис. 4. Конструкция детали, полученная в результате проделанных процедур

текущего состояния конкретного многономенклатурного производства.

Таким образом, разработчику предоставляется информация о конструкции детали на основе выполнения совпадения конструкторской базы и технологической базы, сохранения базовой поверхности на разных технологических операциях (постоянство баз), а для определения конструктивного элемента внутри конструкции детали — ближайшая поверхность, которая является конструкторской базой.

Выводы

1. На основе технических характеристик поверхностного слоя детали, технологических возможностей оборудования предприятий с учетом принципов базирования разработана методика осуществления генерации, выбора и отбора вариантов конструкторских взаимосвязей поверхностей детали в рамках рассматриваемой производственной системы.

2. В результате использования разработанной методики сокращается время, затраченное на разработку конструкции детали и технологического процесса.

3. Обеспечивается наиболее качественное и экономичное производство детали для данных условий в рамках текущего состояния конкретного многономенклатурного производства.

Литература

[1] Бочкарев П.Ю., Васин А.Н. *Планирование технологических процессов в условиях многономенклатурных механообрабатывающих*

систем. Теоретические основы разработки подсистем планирования маршрутов технологических операций. Саратов, СГТУ, 2004, 136 с.

[2] Зыков А.А. *Основы теории графов.* Москва, Вузовская книга, 2004, 66 с.

[3] Бочкарев П.Ю., Кочедаяев А.В., Пластинкин А.В., Шалунов В.В. *Формирование схем обработки элементарных поверхностей деталей. Прогрессивные направления развития технологии машиностроения. Межвуз. науч. сб.* Саратов, СГТУ, 2003, с. 31–33.

[4] Zeid I. *CAD/CAM Theory and Practice.* New York, McGraw-Hill Science/Engineering/Math, 1991, 576 p.

[5] Lee K. *Principles of CAD/CAM/CAE.* Prentice Hall, 1999, 640 p.

[6] Колесов И.М. *Основы технологии машиностроения.* Москва, Высшая школа, 2001, 592 с.

[7] Мейер Б. *Объектно-ориентированное конструирование программных систем.* Москва, Издательско-торговый дом «Русская Редакция», 2005, 1232 с.

References

[1] Bochkarev P.Iu., Vasin A.N. *Planirovanie tekhnologicheskikh protsessov v usloviakh mnogonomenklaturnykh mekhanooabratyvaiushchikh sistem. Teoreticheskie osnovy razrabotki podsystem planirovaniia marshrutov tekhnologicheskikh operatsii* [Planning processes in multinomenclature Machining systems. The theoretical basis for the development of subsystems route planning process operations]. Saratov, SSTU publ., 2004. 136 p.

[2] Zykov A.A. *Osnovy teorii grafov* [Fundamentals of graph theory]. Moscow, Vuzovskaia kniga publ., 2004. 66 p.

[3] Bochkarev P.Iu., Kochedaev A.V., Plastinkin A.V., Shalunov V.V. *Formirovanie skhem obrabotki elementarnykh poverkhnostei detalei* [Formation of the processing circuits of the elementary surfaces of the parts]. *Progressivnye napravleniia razvitiia tekhnologii mashinostroeniia. Mezhvuzovskii nauchnyi sbornik* [Progressive development directions of engineering technology. Interuniversity scientific collection]. Saratov, SSTU publ., 2003, pp. 31–33.

[4] Zeid I. *CAD/CAM Theory and Practice.* New York, McGraw-Hill, Science/Engineering/Math, 1991. 576 p.

[5] Lee K. *Principles of CAD/CAM/CAE.* Prentice Hall, 1999. 640 p.

[6] Kolesov I.M. *Osnovy tekhnologii mashinostroeniia* [Fundamentals of Mechanical Engineering]. Moscow, Vysshaia shkola publ., 2001. 592 p.

[7] Meier B. *Ob"ektно-orientirovanное konstruirovanie programnykh system* [Object-oriented design of software systems]. Moscow, Russkaia Redaktsiia publ., 2005. 1232 p.

Статья поступила в редакцию 27.06.2013

Информация об авторе

БЕЛОВ Александр Павлович (Саратов) — аспирант кафедры «Проектирование технических и технологических комплексов». СГТУ им. Гагарина Ю.А. (410054, Саратов, Российская Федерация, Политехническая ул., д. 77, e-mail: sania.29@mail.ru).

Information about the author

BELOV Aleksandr Pavlovich (Saratov) — Post-Graduate of «Technical and Technological Systems Design» Department. Yuri Gagarin State Technical University of Saratov (SSTU, Politechnicheskaya str., 77, 410054, Saratov, Russian Federation, e-mail: sania.29@mail.ru).