

УДК 621.9

А.В. Сахаров, канд. техн. наук, **А.М. Арзыбаев**, канд. техн. наук
Институт машиноведения им. А.А. Благонравова РАН, г. Москва, Россия
Тел.: +7 (499) 135-55-21; E-mail: modul_lab@mail.ru

УСТАНОВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ СТАНКА

В работе представлена методика определения технологических возможностей станков на модульном уровне. Показано определение конструкций модулей поверхностей и их характеристик, которые могут быть получены на токарном станке 16A20Ф3.

Ключевые слова: станок, технологические возможности, модуль поверхностей, номограмма, методика, САПР ТП, MES.

1. Введение

Современное машиностроительное производство характеризуется широкой номенклатурой выпускаемых изделий и быстрой их сменяемостью. В таких условиях для машиностроительных предприятий важно знать технологические возможности имеющегося станочного парка, которые состоят из технологических возможностей каждого станка.

Под технологическими возможностями станка понимается перечень изготавливаемых на нем предметов производства, их конструкции, размеры, соотношения размеров и качество. Эти данные должны быть отражены в формулировке назначения станка, приводимой в его паспортных данных.

Исследования формулировок назначения пятидесяти пяти металлорежущих станков различных типов (токарных, фрезерных, сверлильных, расточных и других) показали, что в них имеется недостаток информации о технологических возможностях станков [1], который носит систематический характер и касается в основном универсальных станков и в меньшей степени специализированных и специальных.

Универсальные металлорежущие станки сегодня широко распространены на машиностроительных предприятиях, поэтому определение технологических возможностей станков является актуальной задачей.

Проблема определения технологических возможностей станков заключалась в выборе конструкции предмета производства на станке. Деталь и совокупность поверхностей нельзя принять в качестве конструкции предмета производства на станке из-за неограниченного разнообразия конструкций и характеристик. В качестве конструкции предмета производства было предложено принять модуль поверхностей (МП) [2], отличающийся ограниченной номенклатурой, постоянством конструкций и независимостью от технологии изготовления.

Задача состояла в том, чтобы разработать методику определения технологических возможностей станка, под которыми понимается перечень изготавливаемых конструкций МП с определенными диапазонами размеров, точности и шероховатости поверхностей у деталей с определенными габаритными размерами.

2. Основное содержание и результаты работы

В результате проведенных исследований была разработана методика определения МП, которые можно изготавливать на станке (таблица 1).

Таблица 1. Методика определения МП, изготавливаемых на станке

| № п/п | Этапы методики | Исходные данные |
|-------|---|---|
| 1. | Определение поверхностей, изготавливаемых на станке | Методы обработки, реализуемые на станке; схемы формообразующих движений станка (СФД); геометрия обрабатывающих инструментов; номограммы определения изготавливаемых поверхностей |
| 2. | Определение видов МП по составу поверхностей, изготавливаемых на станке | Перечень поверхностей, изготавливаемых на станке; номограмма определения видов МП |
| 3. | Определение соответствия положений поверхностей в конструкциях МП с их положениями в рабочем пространстве станка при изготовлении | Схема рабочего пространства станка; чертежи конструкций МП |
| 4. | Определение диапазонов размеров МП, получаемых на станке | Схема рабочего пространства станка; размеры обрабатывающих инструментов; технические характеристики станка (диапазоны перемещений рабочих органов; размеры рабочих органов; расстояния между рабочими органами; максимальные размеры обработки) |
| 5. | Описание точности станка | Нормы геометрической точности станка |
| 6. | Определение показателей геометрической точности станка, влияющих на точность МП | Чертежи конструкций МП; нормы геометрической точности станка |
| 7. | Расчет максимальной точности изготовления МП | Нормы геометрической точности станка |

Разработанная методика была апробирована при определении технологических возможностей токарного станка 16А20Ф3 [3].

На первом этапе были определены сочетания метода обработки, СФД и обрабатывающего инструмента (сокращенно МСИ), которые можно реализовать на токарном станке 16А20Ф3. Каждый МСИ имеет код, буквенная часть которого обозначает метод обработки, а цифровая – вариант содержания МСИ. Например, кодом Р1 обозначено растачивание по схеме формообразования, содержащей вращение заготовки и поступательное перемещение расточного резца вдоль оси заготовки.

Для определения поверхностей, изготавливаемых на токарном станке, воспользовались номограммами.

Было установлено, что из пятнадцати поверхностей, входящих в состав МП, на токарном станке 16А20Ф3 можно изготавливать двенадцать. К ним относятся наружные и внутренние плоские, цилиндрические, конические, фасонные вращения, резьбовые цилиндрические, резьбовые конические поверхности.

На втором этапе с помощью номограммы определили виды МП, в составе которых присутствуют поверхности, изготавливаемые на токарном станке 16А20Ф3.

В плоскости станка на номограмме были выделены двенадцать поверхностей, которые можно на нем изготавливать. После этого в плоскости МП номограммы в строке каждой из этих поверхностей от МП Б11 до МП С22 были найдены заштрихованные ячейки, которые указывают виды МП, в составе которых присутствуют эти поверхности[3].

В итоге было установлено, что на токарном станке 16А20Ф3 можно изготавливать следующие виды МП: Б211, Б212, Б221, Б222, Б311, Б312, Б321, Б41, Б42, Б51, Б52, Р111, Р112, Р121, Р122, Р21, Р22, С111, С112, С121, С122, С21 и С22.

На третьем этапе определяли соответствие положений поверхностей в конструкциях МП с их положениями в рабочем пространстве станка при изготовлении. Для этого конструкции МП условно размещали в рабочем пространстве станка таким образом, чтобы положение одной из поверхностей этого МП соответствовало требуемому положению. После этого проверяли соответствие положений остальных поверхностей МП. Если положение хотя бы одной поверхности МП не совпадает с требуемым положением, то такую конструкцию МП нельзя изготовить на станке, и она исключалась из перечня.

Так в ходе проверки было установлено, что положения поверхностей МП Б212 (координатная система X_1OZ_1) в рабочем пространстве токарного станка (координатная система X_COZ_C) 16А20Ф3 (рис.1) соответствуют требуемым положениям, а положение второго цилиндрического отверстия МП Б321 (координатная система X_2OZ_2) не соответствует требуемому положению в рабочем пространстве токарного станка 16А20Ф3. Поэтому конструкция МП Б321 исключается из перечня МП, изготавливаемых на токарном станке 16А20Ф3.

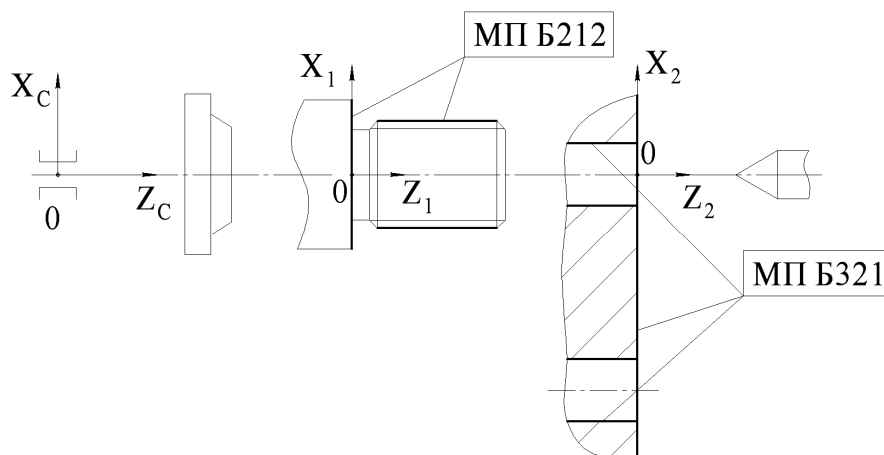


Рис.1. Схема положений поверхностей МП Б212 и МП Б321 в рабочем пространстве токарного станка 16А20Ф3

На четвертом этапе, исходя из схемы рабочего пространства токарного станка 16А20Ф3 и его технических характеристик, определялись диапазоны размеров МП.

При этом учитывалось то обстоятельство, что размеры МП зависят не только от габаритов рабочего пространства станка и диапазонов перемещений его рабочих органов, но и от положения МП в рабочем пространстве станка. Например, максимальные размеры МП Б312 при базировании заготовки в центрах обеспечивает его крайнее левое положение в рабочем пространстве токарного станка 16А20Ф3. Исходя из этого, максимальная длина цилиндрической поверхности МП Б312 составляет 720 мм, а максимальный диаметр цилиндрической поверхности МП Б312 при обработке над суппортом равен 200 мм и 320 мм при обработке над станиной.

На пятом этапе проводился анализ точности станка. Точность токарного станка 16А20Ф3 регламентирована восемнадцатью показателями точности, величины допускаемых отклонений которых представлены в ГОСТ 18097-93. Например, к ним относятся радиальное биение наружной центрирующей поверхности шпинделя, прямолинейность продольного перемещения суппорта, осевое биение ходового винта и другие.

На шестом этапе определялись показатели геометрической точности станка, влияющие на точность МП. К примеру, из восемнадцати показателей геометрической точности токарного станка 16А20Ф3 на точность изготовления МП Б312 влияют одиннадцать показателей.

На заключительном этапе, исходя из норм геометрической точности токарного станка 16А20Ф3, проводился расчет максимальной точности изготовления МП. Для этого вначале составлялись схемы влияния геометрической точности станка на точность МП. На основе этих схем выводились формулы для расчета максимальной точности изготовления МП.

Например, для МП Б312 $cd = 40$ мм, $l = 20$ мм, $D = 120$ мм отклонение от цилиндричности, возникающее от действия соответствующих погрешностей станка определим по следующей формуле:

$$\begin{aligned} \Delta_3^{МП} &= (R_1 - r_1) + (R_2 - r_2) = (\sqrt{(R_{ном} + 0,5 \cdot \Delta_{2.2}^C)^2 + (0,5 \cdot \Delta_{2.1}^C)^2} - \\ &- \sqrt{(0,5 \cdot \Delta_{2.1}^C)^2 + (R_{ном} - 0,5 \cdot \Delta_{2.2}^C)^2}) + (\sqrt{(R_{ном} + 0,5 \cdot \Delta_{11.1}^C)^2 + (0,5 \cdot \Delta_{11.2}^C)^2} - \\ &- \sqrt{(0,5 \cdot \Delta_{11.2}^C)^2 + (R_{ном} - 0,5 \cdot \Delta_{11.1}^C)^2}) = (\sqrt{(20 + 0,5 \cdot 0,004)^2 + (0,5 \cdot 0,004)^2} - \\ &- \sqrt{(0,5 \cdot 0,004)^2 + (20 - 0,5 \cdot 0,004)^2}) + (\sqrt{(20 + 0,5 \cdot 0,003)^2 + (0,5 \cdot 0,005)^2} - \\ &- \sqrt{(0,5 \cdot 0,005)^2 + (20 - 0,5 \cdot 0,003)^2}) = (\sqrt{(20,002)^2 + (0,002)^2} - \\ &- \sqrt{(0,002)^2 + (19,998)^2}) + (\sqrt{(20,0015)^2 + (0,0025)^2} - \\ &- \sqrt{(0,0025)^2 + (19,9985)^2}) = (20,002 - 19,998) + (20,001 - 19,9985) = \\ &= 0,004 + 0,0025 = 0,0065 \text{ мм} = 6,5 \text{ мкм}, \end{aligned}$$

где: $\Delta_3^{МП}$ – отклонение от цилиндричности МП Б312; $R_{ном}$ – номинальный радиус цилиндрической поверхности МП Б312; $\Delta_{2.1}^C$ – отклонение от прямолинейности продольного перемещения суппорта в горизонтальной плоскости ($\Delta_{2.1}^C = 4 \text{ мкм}$); $\Delta_{2.2}^C$ –

отклонение от прямолинейности продольного перемещения суппорта в вертикальной плоскости ($\Delta_{2,1}^C = 4 \text{ мкм}$); $\Delta_{1,1}^C$ – отклонение от прямолинейности и параллельности траектории продольного перемещения суппорта относительно оси вращения шпинделя в горизонтальной плоскости ($\Delta_{1,1}^C = 3 \text{ мкм}$); $\Delta_{1,2}^C$ – отклонение от прямолинейности и параллельности траектории продольного перемещения суппорта относительно оси вращения шпинделя в вертикальной плоскости ($\Delta_{1,2}^C = 5 \text{ мкм}$).

3. Заключение

Таким образом, выполненные исследования позволили реализовать следующее:

1. Разработать методику определения технологических возможностей станков на модульном уровне.
2. Разработать алгоритм автоматического формирования станочных групп в САПР ТП [5].
3. Разработать рекомендации по использованию информации о технологических возможностях станков при проектировании модулей технологических процессов изготовления МП (МТО) [4]

Список литературы:

1. Базров Б.М. Технологическая классификация станков по их назначению / Б.М. Базров, Э.З. Насиров, А.В. Сахаров // Вестник машиностроения. – 2011. – №8. – С. 47-50.
2. Базров Б.М. Модульная технология в машиностроении / Б.М. Базров. – М.: Машиностроение, 2001. – 368 с.
3. Сахаров А.В. Определение технологических возможностей токарного станка 16A20Ф3 / А.В. Сахаров, Э.З. Насиров // Справочник. Инженерный журнал. – 2013. – №12. – С. 29-35.
4. Арзыбаев А.М. Методика поиска технологического решения по изготовлению поверхности детали / А.М. Арзыбаев, А.В. Сахаров // Справочник. Инженерный журнал. – 2012. – №3. – С. 3-6.
5. Модульная технология как основа формирования станочных групп в задачах оперативного планирования производства / А.М. Арзыбаев, А.В. Сахаров [и др.] // Технология машиностроения. – 2012. – №6. – С. 56-59.

Надійшла до редакції 12.02.2014

А.В. Сахаров, А.М. Арзыбаев

ВСТАНОВЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ МОЖЛИВОСТЕЙ СТАНКА

У роботі представлена методика визначення технологічних можливостей верстатів на модульному рівні. Показано визначення конструкцій модулів поверхонь і їх характеристик, які можуть бути отримані на токарному верстаті 16A20Ф3.

Ключеві слова: верстат, технологічні можливості, модуль поверхонь, номограма, методика, САПР ТП, MES.

A.V.Sakharov, A.M.Arzybaev

TECHNOLOGICAL CAPABILITIES OF A MACHINE

The paper presents a method of determining technological capabilities of machines at the unit level. We show the definition of the module design of surfaces and their characteristics, which can be produced on a lathe 16A20Ф3.

Keywords: machine, technological capabilities of module surfaces, nomogram, method, CAD, MES.