

**Ключевые слова:**

технологические возможности, обрабатывающий центр, формообразующие движения, модуль поверхностей, точность станка

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ВЕРТИКАЛЬНОГО ФРЕЗЕРНОГО ОБРАБАТЫВАЮЩЕГО ЦЕНТРА

Александр САХАРОВ

Показано определение технологических возможностей вертикального фрезерного обрабатывающего центра по изготовлению модулей поверхностей деталей.

Под технологическими возможностями станка понимается перечень изготавливаемых предметов производства с определенными диапазонами характеристик (размеров и точности) на деталях с определенными габаритными размерами. Технологические возможности станка необходимо знать при проектировании технологических процессов изготовления деталей для выбора станков на технологические операции и для обоснования производственной программы предприятия.

Исследование формулировок назначения и технических характеристик большого количества станков разных типов показало, что технологические возможности станков в них либо не отражены, либо представлены недостаточно. Данная проблема связана с неоднозначным пониманием предмета производства на станке. Поверхность, сочетание поверхностей или деталь из-за неограниченного разнообразия не могут выступать в качестве предмета производства для станка.

Чтобы уйти от неограниченного разнообразия возможных вариантов сочетаний поверхностей и деталей, было предложено принять за предмет производства на станке модуль поверхностей детали. Модулем поверхностей (МП) называется сочетание поверхностей, объединенных совместным выполнением определенной служебной функции детали [1]. В соответствии с классификацией МП имеет ограниченную номенклатуру, насчитывающую 26 видов МП, разделенных на три класса: базисные, рабочие и связующие. При этом каждый МП имеет свой ряд типовых конструкций, а каждая

конструкция – свою классификацию по размерам, точности и шероховатости.

Для определения технологических возможностей станков по изготовлению МП была разработана методика, которая состоит из шести этапов [2]. Исходными данными являются: реализуемые методы обработки, применяемый режущий инструмент и технические характеристики станка. С помощью этой информации последовательно выполняются следующие этапы:

- определение поверхностей, изготавливаемых на станке;
- определение видов МП по составу поверхностей, изготавливаемых на станке;
- определение соответствия положений поверхностей в конструкциях МП с их положениями в рабочем пространстве станка при изготовлении;
- определение допустимых положений конструкций МП в рабочем пространстве станка;
- определение диапазонов размеров МП, получаемых на станке;
- определение достижимой точности изготовления МП на станке.

Рассмотрим в качестве примера определение технологических возможностей станков класса «вертикальный фрезерный обрабатывающий центр». Объектом исследования был выбран вертикальный фрезерный обрабатывающий центр Smart 430A фирмы Mazak. В соответствии с формулировкой назначения данный станок предназначен для выполнения различных станочных операций: от обработки при

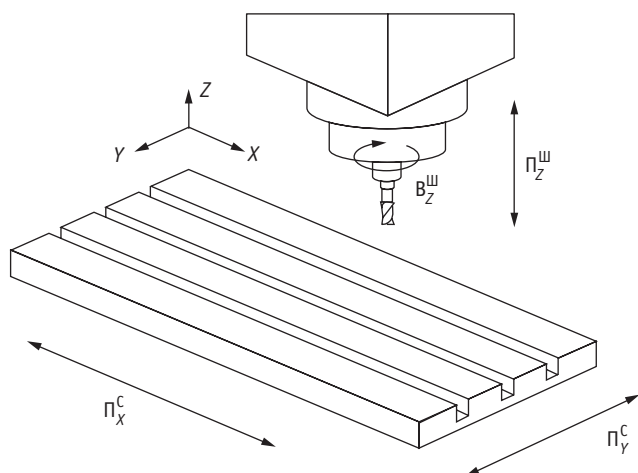


Рис. 1. Формообразующие движения рабочих органов станка Mazak Smart 430A

тяжелых режимах резания до высокоскоростной обработки. В этой формулировке назначения не отражены технологические возможности станка.

Согласно методике вначале установим поверхности, изготавливаемые на станке. Они определяют методами обработки на станке, схемами формообразующих движений станка (СФД) и в некоторых случаях применяемыми режущими инструментами.

Рабочие органы станка Mazak Smart 430A совершают следующие формообразующие движения (рис. 1): B_z^w – вращение шпинделя с инструментом вокруг оси Z, $П_z^w$ – перемещение шпинделя с инструментом вдоль оси Z, $П_x^c$ – перемещение рабочего стола вдоль оси X, $П_y^c$ – перемещение рабочего стола вдоль оси Y.

В табл. 1 представлены СФД по каждому методу обработки, реализуемому на станке, применяемый обрабатывающий инструмент и изготавливаемые поверхности.

В соответствии с табл. 1 на станке Mazak Smart 430A могут быть изготовлены следующие виды поверхностей: плоская наружная, плоская внутренняя, цилиндрическая наружная, цилиндрическая внутренняя, резьбовая внутренняя, резьбовая наружная, фасонная поверхность замкнутого контура, фасонная поверхность незамкнутого контура.

По перечню поверхностей, изготавливаемых на станке, определяются виды МП, в составе которых присутствуют эти поверхности. Виды МП определяются с помощью номограммы (рис. 2), где на оси Y отмечены поверхности, из которых состоят все МП, на оси X обозначены виды МП, а на оси Z отмечается модель станка. В плоскости XY отмечены поверхности, содержащиеся в каждом МП, в плоскости YZ отмечаются поверхности, изготавливаемые на станке, а в плоскости XZ отмечаются виды МП, соответствующие станку.

Таблица 1. СФД по методам обработки, реализуемым на станке Mazak Smart 430A

Метод обработки	СФД	Обрабатывающий инструмент	Изготавливаемая поверхность
1 Торцевое фрезерование	$B_z^w, П_y^c;$	Торцевая фреза	Плоская
	$B_z^w, П_x^c$		Наружная
2 Профильное фрезерование	$B_z^w, П_y^c, П_x^c$	Радиусная фреза; концевая фреза со сферическим концом	Фасонная замкнутого контура; фасонная незамкнутого контура
3 Фрезерование пазов и фасок	$B_z^w, П_y^c;$	Концевая фреза, фреза для обработки фасок	Плоская внутренняя
	$B_z^w, П_x^c$		Плоская наружная
4 Фрезерование отверстий и тел вращения	$B_z^w, П_z^w, П_y^c;$	Концевая фреза Концевая фреза для обработки тел вращения	Цилиндрическая внутренняя
	$П_x^c$		Цилиндрическая наружная
5 Фрезерование резьбы	$B_z^w \times П_z^w \times П_y^c \times П_x^c$	Концевая фреза для резьбофрезерования	Резьбовая внутренняя
			Резьбовая наружная
6 Сверление, зенкерование, развертывание, растачивание	$B_z^w, П_z^w$	Сверло, зенкер, развертка расточная головка	Цилиндрическая внутренняя

где: $B_z^w \times П_z^w \times П_y^c \times П_x^c$ – связанные движения рабочих органов станка: вращение инструментального шпинделя вокруг оси Z, продольное перемещение инструментального шпинделя вдоль оси Z, продольное перемещение рабочего стола вдоль оси Y, поперечное перемещение рабочего стола вдоль оси X

Для определения видов МП в плоскости YZ номограммы были выделены все поверхности, изготавливаемые на вертикальном фрезерном обрабатывающем центре Mazak Smart 430A. Затем в плоскости XY номограммы в строке каждой отмеченной поверхности были найдены все заштрихованные ячейки, которые указывают на виды МП, в составе которых присутствуют эти поверхности.

Например, в строке плоской наружной поверхности, согласно номограмме, отмечены ячейки, соответствующие следующим модулям: Б12, Б211, Б212, Б311, Б312, Б321, Б322, Б42, Р112, С112. Из номограммы видно, что модули Б311, Б312, Б321, Б322, Б42 состоят не

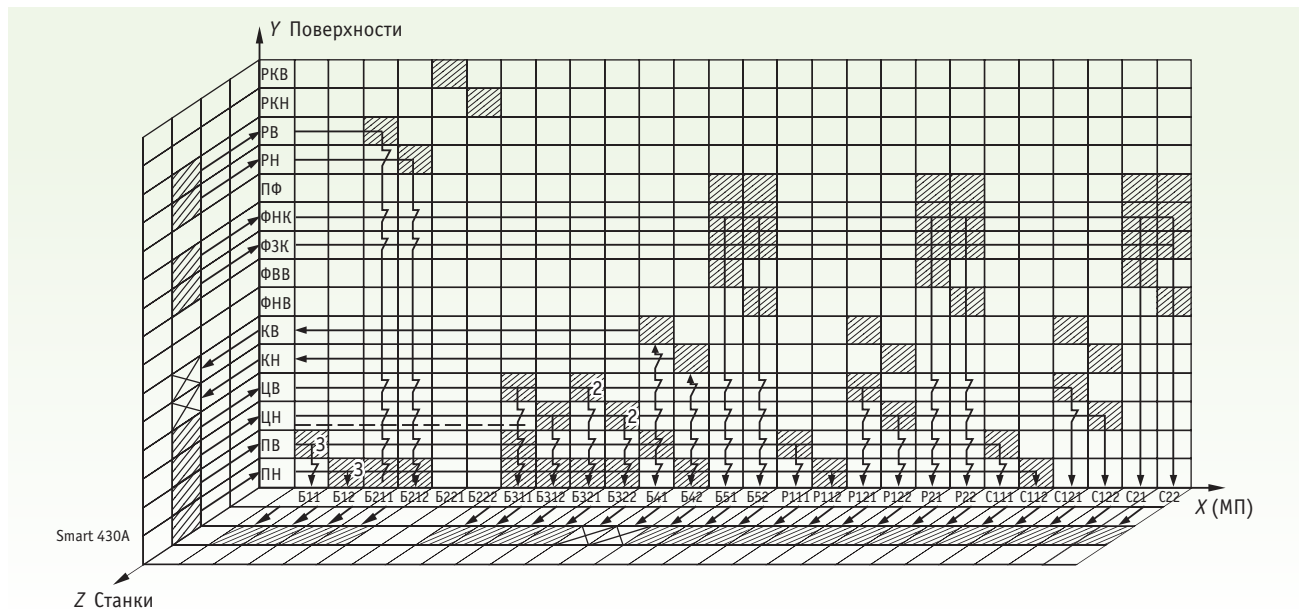


Рис. 2. Номограмма определения видов МП, изготавливаемых на станке

из одной плоской наружной поверхности. Модуль Б311 содержит еще плоскую и цилиндрическую внутренние поверхности, которые изготавливаются на станке, а модуль Б42 имеет еще и коническую наружную поверхность, которая не изготавливается на станке, что видно из плоскости YZ номограммы. Конструкцию МП можно изготовить на станке, если на станке могут быть изготовлены все поверхности МП. Поэтому модуль Б42 был исключен из перечня видов МП, в составе которых присутствуют изготавливаемые на фрезерном обрабатывающем центре поверхности.

Таким образом были проанализированы все изготавливаемые на станке поверхности и установлен перечень из двадцати двух видов МП: Б11, Б12, Б211, Б212, Б311, Б312, Б321, Б322, Б51, Б52, Р111, Р112, Р121, Р122, Р21, Р22, С111, С112, С121, С122, С21, С22.

После определения видов МП на следующем этапе следует проверить соответствие положений поверхностей в конструкциях МП с положениями этих поверхностей в рабочем пространстве станка при изготовлении.

С этой целью конструкцию МП проецируют в рабочее пространство станка таким образом, чтобы одна из поверхностей МП занимала положение относительно рабочих органов станка, обеспечивающее возможность ее изготовления. После этого проверяется соответствие требуемому положению других поверхностей МП. Если положение одной из поверхностей МП не соответствует требуемому положению, то такая конструкция МП не может быть изготовлена на станке.

Например, проверим конструкцию МП Б312, состоящую из плоской наружной поверхности (торца), цилиндрической наружной поверхности, перпендикулярной торцу и цилиндрической внутренней

поверхности, ось которой перпендикулярна оси цилиндрической наружной поверхности (рис. 3). Расположим конструкцию МП Б312 в рабочем пространстве станка таким образом, чтобы плоская наружная поверхность была перпендикулярна оси вращения шпинделя станка. При этом ось цилиндрической наружной поверхности МП Б312 расположена параллельно оси вращения шпинделя, что соответствует ее положению при изготовлении на станке методом фрезерования с винтовой интерполяцией. Цилиндрическая внутренняя поверхность оказывается расположена перпендикулярно оси вращения шпинделя, что не соответствует требуемому положению при изготовлении на станке. Поэтому такая конструкция МП Б312 не может быть изготовлена на станке.

Диапазоны размеров МП определяются с помощью схемы рабочего пространства станка. На схеме указываются размеры рабочего пространства станка, размеры обрабатываемой заготовки и диапазоны перемещений рабочих органов станка по координатным осям.

В качестве примера определим диапазоны размеров МП Б321, которые могут быть получены на вертикальном фрезерном обрабатывающем центре Mazak Smart 430A. Этот МП состоит из плоской наружной поверхности и двух соосных цилиндрических внутренних поверхностей, расположенных перпендикулярно плоской наружной поверхности (рис. 4).

На схеме рабочего пространства станка показаны диапазоны перемещений фрезерного шпинделя и рабочего стола по координатным осям (X, Y, Z) и максимальные размеры обрабатываемой заготовки.

Размеры МП, получаемые на станке, определяются по техническим характеристикам станка:

YASKAWA

100-ЛЕТНИЙ ОПЫТ РАБОТЫ
В ОБЛАСТИ УПРАВЛЕНИЯ
ДВИЖЕНИЕМ



- Преобразователи частоты от 0,4 до 12 000 кВт
- Шпиндельные двигатели
- Комплексные сервоприводы от 0,003 до 75 кВт
- Линейные сервосистемы
- Контроллеры управления движением
- Программируемые логические контроллеры
- Роботы

КОСПА

КОМПОНЕНТЫ
И СИСТЕМЫ
ПРОМЫШЛЕННОЙ
АВТОМАТИЗАЦИИ



+7 (495) 660-28-22; www.cospa.ru

ООО «КОСПА» ОФИЦИАЛЬНЫЙ ПАРТНЕР И СЕРВИСНЫЙ ЦЕНТР YASKAWA

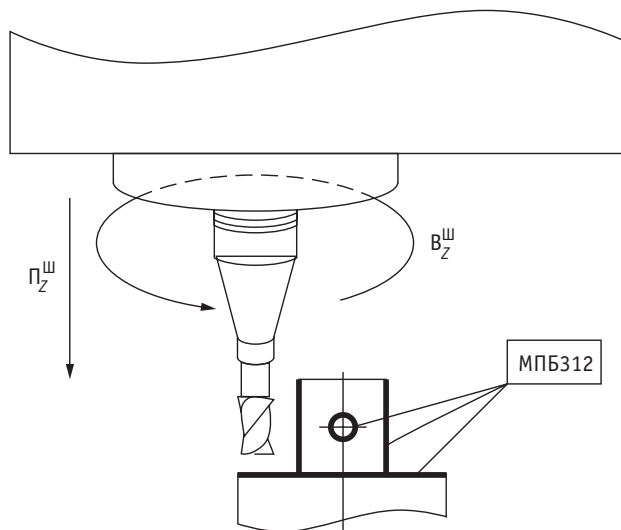


Рис. 3. Положение поверхностей МП Б321 в рабочем пространстве станка Mazak Smart 430A

диапазоном перемещений рабочих органов станка по координатным осям и размерам обрабатываемого инструмента.

В табл. 2 показана взаимосвязь размеров МП Б321 с техническими характеристиками станка Mazak Smart 430A и характеристиками обрабатываемого инструмента.

На заключительном этапе устанавливается достижимая точность изготовления МП на станке. Она зависит от геометрической точности станка, поскольку на чистовых режимах обработки, когда получают максимальную точность, действие других

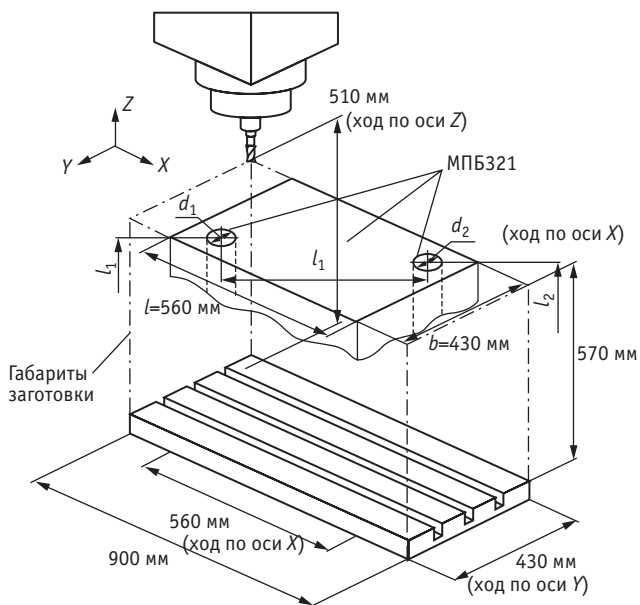


Рис. 4. Схема рабочего пространства станка Mazak Smart 430A

Таблица 2. Размеры МП Б321 в соответствии с техническими характеристиками станка Mazak Smart 430A

Размер МП	Характеристика станка (инструмента)	Значение, мм
l	Перемещение рабочего стола по оси X	0–560
b	Перемещение рабочего стола по оси Y	0–430
d_1	Диаметр обрабатываемого инструмента	3,0–80,0
l_1	Длина обрабатываемого инструмента	36–145
d_2	Диаметр обрабатываемого инструмента	3,0–80,0
l_2	Длина обрабатываемого инструмента	36–145
l_3	Перемещение стола по оси X	0–560

факторов незначительно. Геометрическая точность станка характеризуется показателями точности, которые для каждого типа станка регламентированы соответствующими стандартами.

В результате определения технологических возможностей станка Mazak Smart 430A был установлен перечень МП, изготавливаемых на станке, и диапазоны их характеристик (размеры, точность и шероховатость). Формулировка назначения станка будет иметь следующее содержание: «Станок предназначен для обработки по программе следующих МП: Б11, Б12, Б211, Б212, Б311, Б312, Б322, Б51, Б52, Р111, Р112, Р121, Р122, Р21, Р22, С111, С112, С121, С122, С21 и С22 на деталях призматического типа с максимальными габаритными размерами по длине до 900 мм, по ширине до 430 мм и по высоте до 570 мм».

Рассмотренный пример показывает, что с помощью данной методики можно определить технологические возможности по изготовлению МП для любого вертикального фрезерного обрабатываемого центра и автоматизировать выбор таких станков при проектировании технологических процессов изготовления деталей в САПР ТП.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Базров Б.М.** Модульная технология в машиностроении. – М.: Машиностроение, 2001. 368 с., ил.
2. **Сахаров А.В., Родионова Н.А.** Определение технологических возможностей токарного обрабатываемого центра // СТАНКОИНСТРУМЕНТ. 2019. № 4. С. 36–40.

САХАРОВ Александр Владимирович – кандидат технических наук, научный сотрудник лаборатории теории модульной технологии Института машиноведения им. А.А. Благонравова РАН

3D

ЛИДЕР-ФОРУМ
АДДИТИВНЫЕ
ТЕХНОЛОГИИ

Расширяя горизонты

3 декабря 2020
Онлайн-формат



Демонстрация
образцов
аддитивного
производства



Прямой диалог
со спикерами



Научно-технические
и практические секции



Встречи
и переговоры
в online-режиме

Организатор



messe frankfurt

Генеральный партнер



РУСАТОМ
АДДИТИВНЫЕ
ТЕХНОЛОГИИ
РОСАТОМ

Ваш бесплатный билет на www.leaderforum.com