

Научная статья

УДК 621.92

doi: 10.30987/2223-4608-2024-25-30

Анализ служебного назначения металлорежущих станков

Борис Мухтарбекович Базров, д.т.н.

ФГБУН Институт машиноведения им. А.А. Благонравова РАН, Москва, Россия

modul_lab@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0009-8487-8649>

Аннотация. Проведен анализ применения станков в условиях мелкосерийного, серийного и массового производства. Показаны их недостатки: в мелкосерийном производстве – используются широкоуниверсальные обрабатывающие центры, создаваемые в первую очередь под методы обработки, а не под поверхности детали, в итоге создаются станки с избыточными широкими технологическими и техническими возможностями, использования которых на рабочем месте составляет незначительный процент, что снижает эффективность их применения; в серийном производстве – создаваемые специализированные станки охватывают лишь незначительную часть часто встречающихся типовых поверхностей, например, отсутствуют станки под изготовление комплектов баз; в массовом производстве – создаются операционные станки с отсутствием перенастройки, что не позволяет их использовать при внесении изменений в конструкцию изготавливаемой детали. С целью устранения отмеченных недостатков следует создавать специализированные станки под изготовление во всех типах производства модулей поверхностей деталей. В зависимости от типа производства станки должны создаваться под изготовление разных групп видов модулей поверхностей (МП) на станке. В мелкосерийном производстве должны изготавливаться большее число видов МП на одном станке, а при увеличении серийности производства количество видов изготавливаемых МП на одном станке должно уменьшаться. Учитывая высокую повторяемость комплектов баз в изготавливаемых деталях, следует расширить группу специализированных станков за счет создания их под изготовление комплектов баз, разнообразие которых ограничено. Наличие станочного парка под изготовление всех МП позволит внести изменения в методику проектирования технологических процессов. Теперь на технологических операциях должны изготавливаться не отдельные или группы поверхностей, а один или несколько видов МП. Это улучшит качество технологических процессов изготовления деталей за счет сокращения числа операций, т. к. на операциях будут изготавливаться один или несколько МП и снизит трудоемкость их проектирования за счет применения банка данных модулей технологических процессов по изготовлению МП.

Ключевые слова: станок, деталь, поверхность, модуль поверхности, метод обработки, тип производства, технологический процесс, операция, эффективность

Для цитирования: Базров Б.М. Анализ служебного назначения металлорежущих станков // Научноёмкие технологии в машиностроении. 2024. № 5 (155). С. 25–30. doi: 10.30987/2223-4608-2024-25-30

Analysis of metal-cutting machines in-tended service

Boris M. Bazrov, D. Eng.

Institute of Machine Science named after A.A. Blagonravov, Russian Academy of Sciences,

Moscow, Russia

modul_lab@mail.ru

Abstract. The analysis of machining facility used for short-run production, large-scale or mass-production operations has been carried out. Their disadvantages are presented in the work, i.e., in a short-run production, superuniversal machining center units are used, being primarily made for processing techniques, but not for the surface of the part. Such machines, having excessive wide technological and technical capabilities, remain untapped in the workplace, becoming low effective in the application; in mass production, designed process-specialized machines can cover only a small part of the common typical surfaces, that means, there are no machines for making bearing arrangement, in mass production operational machines are designed with no reconfiguration, which makes their application impossible when there is some introduction of changes in the structure of the manufactured part. To eliminate these disadvantages, it is necessary to design specialized machines for manufacturing in all types of production of programme units for parts surfaces. Depending on the type of production, machines should be designed for the manufacture of different groups of surface modules (SM) types. In a short-run production, a large number of types of SM should be manufactured on one machine, and with an increase in the production cycle, the number of SM types manufactured on one machine should

decrease. Taking into account the high frequency of sets of bases in manufactured parts, it is necessary to expand the group of specialized machines through their design for the manufacture of sets of bearing arrangements, where the production of their diversity is limited. The machine tool holding for the manufacture of all SM will allow changes to be made to the designing technological processes technique. So, technological operations should be aimed not at machining individual surfaces or groups of surfaces, but at one or more types of SM. This will improve the quality of manufacturing activity for parts production by reducing the number of operations, since one or more SM will be machined and it will reduce the labor intensity of their engineering process due to the use of a data bank of modules of process industries for the manufacture of SM.

Keywords: machine, part, surface, surface module, tooling method, type of production, manufacturing activity, operation, efficiency

For citation: Bazrov B.M. Analysis of metal-cutting machines intended service / Science intensive technologies in mechanical engineering. 2024. № 5 (155). P. 25–30. doi: 10.30987/2223-4608-2024-25-30

Любой станок предназначен для изготовления соответствующих видов поверхностей детали. Однако современные металлорежущие станки в условиях мелкосерийного производства создаются под методы изготовления деталей, а получаемые поверхности являются следствием этих методов обработки [1, 2]. Это объясняется тем, что разнообразие видов поверхностей детали и их характеристики практически неограниченны и непредсказуемы.

В результате создаются станки с избыточными технологическими и техническими возможностями, процент использования которых оказывается незначительным, а стоимость станка увеличивается. Этот недостаток наиболее полно проявляется у обрабатывающих центров.

Поэтому, при создании станка в первую очередь должны быть заданы виды поверхностей детали с их характеристиками, под изготовление которых создается станок. Как известно изготовление деталей на станке обеспечивается законом относительного движения заготовки и инструмента, которые характеризуются совокупностью формообразующих движений из шести возможных: трех поступательных P_x, P_y, P_z ; трех вращательных V_x, V_y, V_z . Например, изготавливаемые поверхности вращения детали на токарно-винторезном станке образуются в результате двух поступательных движений суппорта с инструментом и одного вращательного движения заготовки.

Итак, проектирование станка должно начинаться с определения совокупности формообразующих движений в соответствии с видами поверхностей, под изготовление которых он создается.

Разнообразие видов изготавливаемых поверхностей на станке зависит от уровня серийности производства, в котором должен эксплуатироваться станок. В мелкосерийном

производстве станки создаются широкоуниверсальными, такие как обрабатывающие центры под изготовление широкого разнообразия видов поверхностей деталей.

В среднесерийном производстве, для которого характерно существенное снижение разнообразия конструкций изготавливаемых деталей и высокая их повторяемость привела к созданию специализированных станков, например, таких как резьбообрабатывающие, зубообрабатывающие и др. станки.

Недостатком таких станков является то, что они охватывают лишь незначительную часть видов поверхностей детали. В результате появление деталей содержащие другие виды поверхностей с их высокой повторяемостью приходится изготавливать на универсальных станках, что существенно снижает эффективность их эксплуатации.

В массовом производстве используются операционные станки, предназначенные для изготовления заданной группы поверхностей детали. Их недостатки заключаются в том, что, во-первых, под изготовление конкретной детали приходится изготавливать специальные – операционные станки, а под изготовление новой детали приходится изготавливать другие станки. Во-вторых, в случае внесения даже незначительного изменения в конструкции изготавливаемой детали приходится на некоторых операциях заменять станки на другие. В некоторых случаях при длительном производстве одних и тех же деталей используют станки с отдельными расширенными технологическими и техническими характеристиками. Это объясняется тем, что при внесении изменений в конструкции изготавливаемых деталей не приходится заменять станки на новые.

Надо также отметить, что традиционный парк универсальных станков оказывает негативное влияние на эффективность

разрабатываемых технологических процессов изготовления деталей. Это проявляется в том, что часто группы поверхностей, предназначенных для выполнения соответствующей служебной функции детали, вынуждены изготавливать на разных станках, что приводит к накоплению погрешностей их относительного положения. В результате это вынуждает вводить в ряде случаев дополнительную технологическую операцию для их устранения, что снижает эффективность технологического процесса. Например, комплект баз – торец, отверстие и шпоночный паз вынуждены изготавливать поверхности комплекта баз на разных операциях: отверстие и торец на одной операции, а шпоночный паз на другой операции.

Подводя итог анализа назначения станков можно сделать вывод о том, что с целью устранения отмеченных недостатков необходимо создавать станки не под методы обработки и не под изготовление отдельных видов поверхностей или случайных групп поверхностей деталей, а под изготовление совокупности поверхностей детали, связанных с выполнением соответствующей служебной ее функции. Под последними будем понимать модули поверхностей (МП) детали, где под МП понимается сочетание поверхностей детали, предназначенное для выполнения соответствующей ее служебной функции [3].

Виды МП делятся на три класса: базисные (МПБ), рабочие (МНР), связующие (МПС) модули поверхности. Как показали исследования [4], число видов МПБ равно 14: Б11, Б12, Б211, Б212, Б221, Б222, Б311, Б312, Б321, Б322, Б41, Б42, Б51, Б52 и по 6 видов МНР: Р111, Р112, Р121, Р122, Р21, Р22 и МПС: С111, С112, С121, С122, С21, С22.

Из изложенного следует, что станки надо создавать под изготовление одного или нескольких видов МП детали, в зависимости от серийности производства.

Анализ традиционных специализированных станков для серийного производства применяемых для изготовления повторяющихся поверхностей детали показывает отсутствие станков для изготовления комплектов баз. В тоже время практически любая деталь содержит как минимум один или несколько комплектов баз. Таким образом, целесообразно создание специализированных станков под

изготовление комплектов баз, номенклатура которых ограничена.

Таким комплектом баз является МПБ. Как отмечалось выше, разнообразие МПБ ограничено 14 вариантами. Отсюда следует, что целесообразно создание станков под изготовление групп МПБ, содержащие в зависимости от серийности производства различное число видов МПБ.

В мелкосерийном производстве должны изготавливаться большее число видов МПБ на одном станке, а при увеличении серийности производства количество видов изготавливаемых МПБ на одном станке должно уменьшаться. Наличие станков под изготовление МПБ позволит повысить эффективность технологических процессов изготовления детали за счет сокращения числа операций, а также снизить трудоемкость их проектирования.

Ограниченное разнообразие видов МПБ позволяет определить гамму станков, с помощью которых могут быть изготовлены все виды МПБ, которые должны найти применения также, как и специализированные станки, например, резьбообрабатывающие и др.

Количество станков в гамме определяется серийностью производства. В мелкосерийном производстве станки должны создаваться под изготовление расширенной группы МПБ, при малом количестве в гамме станков. А по мере увеличения серийности производства растет уровень специализации станков, связанных со снижением разнообразия изготавливаемых видов МПБ, что приводит к увеличению числа станков в гамме.

Точная формулировка служебного назначения станка, в которой указываются какие виды МП с их характеристиками должны изготавливаться на станке, позволит определить необходимый минимум требуемых технологических и технических возможностей станка, что исключит их избыточность, как это имеет место в традиционных универсальных станках.

Рассмотрим возможность применения традиционных станков на технологических операциях по изготовлению МП. В этой связи необходимо определить какие виды МП можно изготавливать на традиционных станках. Методика определения возможностей изготовления видов МП на традиционном станке включает: установление видов поверхностей

Технологии механической обработки заготовок
Technology and equipment of metal processing by pressure

детали, которые могут быть изготовлены на станке; установление видов МП, содержащие поверхности, изготавливаемые на станке; установление требуемого расположения МП в рабочем пространстве станка, в котором он может быть изготовлен; установление диапазонов размеров МП, которые могут быть обеспечены; установление достижимой точности изготовления МП на станке.

В качестве примера в табл. 1 приведены станки и указаны, какие виды МП могут быть изготовлены [5 – 7]. Кроме того, следует дополнить в паспортных данных станков информацию об видах МП с их характеристиками (размеры, нормы точности, шероховатость и др.), которые могут быть изготовлены на станках.

1. Модули поверхности, изготавливаемые на металлорежущих станках

1. Surface modules manufactured on metal-cutting machines.

Станки	МП	B11	B12	B211	B212	B221	B222	B311	B312	B321	B322	B41	B42	B51
	Токарно-винторезный				x	x	x	x	x	x			x	x
Токарно-карусельный				x	x	x	x	x	x					
Токарный обрабатывающий центр	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Вертикально-сверлильный				x		x		x				x		
Радиально-сверлильный				x		x		x				x		
Горизонтально-фрезерный	x	x								x				x
Вертикально-фрезерный	x	x						x		x				x
Горизонтально-расточной	x	x						x	x	x				
Внутришлифовальный универсальный								x				x		
Круглошлифовальный									x				x	
Плоскошлифовальный с прямоугольным столом и горизонтальным шпинделем			x											
Долбежный		x	x											x
Строгальный		x	x											x
Хонинговальный								x						
Станки	МП	B52	P111	P112	P121	P122	P21	P22	C111	C112	C121	C122	C21	C22
	Токарно-винторезный	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Токарно-карусельный	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Токарный обрабатывающий центр	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Вертикально-сверлильный			x		x				x		x			
Радиально-сверлильный			x		x				x		x			
Горизонтально-фрезерный	x	x	x				x	x	x	x			x	x
Вертикально-фрезерный	x	x	x	x			x	x	x	x	x		x	x
Горизонтально-расточной			x	x	x	x			x	x	x	x		
Внутришлифовальный универсальный			x		x		x		x		x			
Круглошлифовальный				x		x				x		x		
Плоскошлифовальный с прямоугольным столом и горизонтальным шпинделем	x			x					x		x			x
Долбежный		x	x	x			x	x	x	x			x	x
Строгальный		x	x	x			x	x	x	x			x	x
Хонинговальный					x						x			

Наличие номенклатуры станков под изготовление всех видов МП позволит повысить эффективность как самих технологических процессов изготовления деталей, их качество, так и снизить трудоемкость проектирования. Это потребует внесения изменений в методику

проектирования технологических процессов изготовления деталей.

В качестве исходных данных теперь деталь должна представляться на чертеже не совокупностью отдельных поверхностей, а совокупностью МП и сопровождаться графом МП,

который показывает, как состав видов МП, содержащихся в детали, так и их относительное расположение и базы, как показано на рис. 1. Эта информация позволит снизить

ошибки при выборе технологических баз на этапе проектирования технологического процесса.

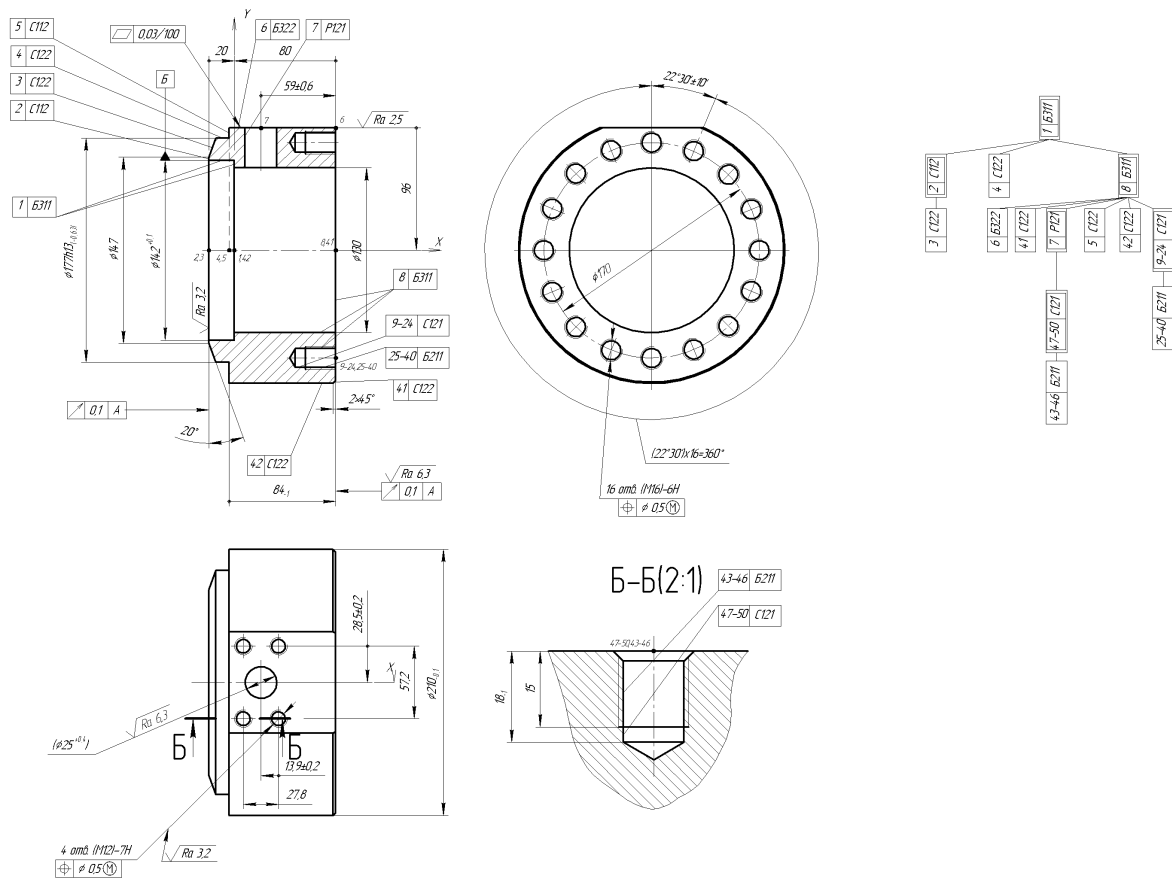


Рис. 1. Чертеж детали в модульном исполнении и граф МП

Fig. 1. Drawing of the part in modular construction and graph SM

Принципиальным отличием технологического процесса по сравнению с традиционным технологическим процессом является то, что маршрутный технологический процесс включает операции, на которых должны изготавливаться один или несколько МП, а технологические операции должны проектироваться методом компоновки из модулей технологических процессов изготовления МП.

Это становится возможным при наличии элементной базы средств технологического обеспечения изготовления МП деталей, отражающих информацию о модулях средств технологического обеспечения МП. В качестве модулей средств технологического обеспечения МП выступают: МТО – модуль; МО – модуль станка; МПр – модуль приспособления;

МИ – модуль инструмента; МКУ – модуль контрольно-измерительного устройства.

Предлагаемая методика проектирования технологических процессов изготовления деталей позволит также снизить влияние на качество технологического процесса квалификации технолога.

Выводы

Традиционные станки имеют существенные недостатки: избыточные технологические и технические возможности станков в мелкосерийном производстве; охват незначительной части изготавливаемых типовых поверхностей детали специализированными станками; отсутствие станков под изготовление комплектов баз; отсутствие у операционных станков возможностей ограниченной перенастройки при

незначительных изменениях в конструкции изготавливаемой детали.

Предлагается создавать станки не под методы обработки или под изготовление типовых отдельных или групп поверхностей, а под изготовление МП.

Ограниченная номенклатура МП позволяет свести к минимуму разнообразие станков.

Наличие станков под изготовление МП деталей позволит повысить эффективность технологических процессов изготовления деталей за счет сокращения числа операций и снизить трудоемкость проектирования процессов.

С целью использования традиционных станков под изготовление МП необходимо провести их идентификацию, показывающую какие МП можно изготовить на станке.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. **Юденков Н.** Тенденции развития мирового станкостроения // Станкоинструмент. 2018. № 1(10). С. 38–52.
2. **Кузнецов А.П.** Направления развития металлорежущих станков: системные принципы Ч. 1 // Станкоинструмент. 2020. № 3 (20). С. 30–41.
3. **Базров Б.М.** Модульная технология // Научно-технические технологии в машиностроении. 2011. № 4. С. 3–10.
4. **Базров Б.М.** Модульный принцип построения станочного оборудования // Вестник машиностроения. 2011. № 11. С. 51–53.
5. **Сахаров А.В.** Определение технологических возможностей станков сверлильно-фрезерно-расточной группы на модульном уровне // Станкоинструмент. 2018. № 4 (13). С. 40–44.

6. **Сахаров А.В., Родионова Н.А.** Определение технологических возможностей токарного обрабатывающего центра // Станкоинструмент. 2019. № 4 (17). С. 36–41.

7. **Сахаров А.В.** Определение технологических возможностей вертикального фрезерного обрабатывающего центра // Станкоинструмент. 2020. № 4 (21). С. 48–53.

REFERENCES

1. Yudenkov N. Trends in the global machine tool industry// Stankoinstrument, 2018, no. 1(10), pp. 38–52.
2. Kuznetsov A.P. Directions of development of metal-cutting machines: system principles part 1 // Stankoinstrument, 2020, no. 3 (20), pp. 30–41.
3. Bazrov B.M. Modular technology in mechanical engineering // Science-intensive technologies in mechanical engineering, 2011, no. 4, pp. 3–10.
4. Bazrov B.M. Modular design of machine tools // Vestnik mashinostroeniya, 2011, no. 11, pp. 51–53.
5. Sakharov A.V. Determination of technological capabilities of milling machines' group at modular level // Stankoinstrument, 2018, no. 4 (13), pp. 40–44.
6. Sakharov A.V., Rodionova N.A. Determination of technological possibilities of a turning machining center // Stankoinstrument, 2019, no. 4 (17), pp. 36–41.
7. Sakharov A.V. Determination of technological capabilities of a vertical milling machining center // Stankoinstrument, 2020, no. 4 (21), pp. 48–53.

Статья поступила в редакцию 16.02.2024; одобрена после рецензирования 28.02.2024; принята к публикации 06.03.2024.

The article was submitted 16.02.2024; approved after reviewing 28.02.2024; accepted for publication 06.03.2024.