

УДК 622:679.8

*Ю.А. Павлов***МОДУЛЬНАЯ СИСТЕМА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО
ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВА СЛОЖНЫХ
ИЗДЕЛИЙ ИЗ КАМНЯ**

Семинар № 18

Промышленное производство архитектурно-строительных, декоративно-художественных и других сложных изделий из камня представляет собой систему, содержащую различные процессы и средства, необходимые для организации многоуровневых технологических маршрутов получения заготовок, изготовления деталей и последующей их сборки (монтажа). Для выполнения требуемых производственных процессов изготовления деталей и сборки изделий камнеобрабатывающие и строительно-монтажные предприятия должны иметь соответствующее технологическое обеспечение. В состав системы технологического обеспечения камнеобрабатывающего производства входят следующие подсистемы: технологические процессы; технологическое оборудование; технологическая оснастка и инструменты; контрольно-измерительные, управляющие и другие вспомогательные средства. В настоящее время в передовых отраслях промышленности эти подсистемы строятся на модульном принципе [1, 2].

Чтобы использовать системные принципы технологического обеспечения камнеобрабатывающих производств, сначала необходимо анализировать связи между их основными компонентами, образующими иерархическую структуру следующего вида: изделие – технологический процесс – технологическая система – производственный процесс (организационные формы). Эффективность производства определяется высоким уровнем развития всех звеньев этой цепочки. Поэтому, например, модернизация камнеобрабатывающего оборудования должна проводиться в тесной связи не только с расширением номенклатуры изделий, использованием новых технологических процессов получения заготовок и изготовления деталей, но и совершенствованием организационных форм производства. Неравномерность развития компонентов производственной системы снижает эффект от вне-

дрения даже самых прогрессивных технологий, оборудования или инструмента, значительно увеличивая затраты времени и средств на технологическую подготовку производства изделий. Требование технологической гибкости производства обеспечивается, в частности, использованием интегрированных компьютерных систем автоматизированного проектирования новых изделий совместно с технологической и организационной подготовкой их промышленного изготовления [3]. Широкому применению современных информационных технологий в камнеобрабатывающих производствах также способствует систематизация всех их структурных компонентов на основе модульного принципа построения [4, 5].

Технологическая система (ТС) камнеобрабатывающего производства – это совокупность функционально взаимосвязанных средств технологического обеспечения, предназначенных для выполнения технологических процессов в соответствии с заданными требованиями, совместно с методами их рационального использования. Функциональными компонентами обрабатывающей ТС являются станок, инструментальная наладка, технологическая оснастка и контрольно-измерительное устройство, а также средства управления технологическим процессом (например, устройство числового программного управления – ЧПУ). Целью системного анализа ТС является разработка классификационных признаков, позволяющих осуществлять автоматизированный поиск ее компонентов в соответствии с требованиями конкретного технологического процесса или формировать технические требования на разработку новых технологических средств. ТС создаются для выполнения одной или группы технологических операций.

В массовом производстве ТС являются специальными и обычно выполняют одну технологическую операцию. В единичном и мел-

косерийном производствах ТС обычно создаются под методы обработки (разрезание, фрезерование, шлифование и т.д.) для обеспечения достаточно широкой группы технологических операций. В таких производствах используется универсальное автоматизированное технологическое оборудование, в том числе с ЧПУ, позволяющее реализовать несколько методов обработки за счет увеличения состава формообразующих движений, наличия инструментального магазина и механизма автоматической смены инструментальной наладки, а также, использования так называемой "открытой" компоновочной схемы станка. Разнообразие технологических процессов изготовления деталей на многоцелевых станках типа "обрабатывающих центров" с компьютерными системами ЧПУ в настоящее время достигается использованием принципа последовательной обработки заготовки одним шпинделем с разными инструментами. Таким образом, ориентация ТС в единичном и мелкосерийном производствах на осуществление методов обработки, а не технологического процесса не позволяет достичь высокой производительности обработки.

Модульное построение промышленных изделий и их деталей позволяет систематизировать признаки классификации модульных технологических процессов их изготовления [1, 4, 5]. В этом случае маршрутные технологические процессы включают в себя определенные последовательности модулей технологических операций изготовления (МТИ) разных видов модулей поверхностей (МП) деталей – базирующих, рабочих и связующих. Эти основные технологические процессы рассматриваются совместно с транспортными, накопительными, контрольно-измерительными и другими типовыми вспомогательными операциями. Модульная технология создает условия для разработки специализированных технологических средств, предназначенных для изготовления конкретных модулей поверхностей деталей, а также сборки (монтажа) сложных изделий, состоящих из множества таких деталей. В соответствии со служебным назначением при разработке или выборе модульной обрабатывающей системы должны быть использованы следующие признаки классификации: состав модулей поверхностей деталей, изготавливаемых на данном оборудовании; размерные и качественные характеристики обрабатываемых МП; перечень МТИ для изготовления каждого вида МП; производственные

условия, в которых должно работать данное технологическое средство.

Для единичного и мелкосерийного камнеобрабатывающего производства целесообразно создавать многоцелевые ТС для изготовления группы МП, состоящих из нескольких близких по конструкции типов. При ограниченной номенклатуре МП деталей и модульных технологических операций (МТИ) для их изготовления количество требуемых вариантов ТС также сокращается по сравнению с традиционным подходом, ориентированным на технологические методы обработки. В серийном и крупносерийном производствах ТС должны быть специализированы на обработку конкретных МП одного или нескольких типов, которые объединяет не сходство технологических операций, а требования технологического маршрута изготовления. Таким образом, ТС для реализации модульных технологий при любом виде производства одновременно становятся универсальными, т.е. предназначенными для изготовления различных деталей, и специальными, обеспечивающими выполнение конкретных видов МТИ.

Станок является основным функциональным модулем технологической системы в камнеобрабатывающем производстве. Его главной задачей является обеспечение процесса формообразования поверхностей изготавливаемых деталей за счет осуществления заданного закона относительного движения исполнительных устройств, несущих приспособление для закрепления заготовки (или нескольких заготовок), и рабочих органов, выполняющих процесс обработки посредством инструментальной наладки. Связь между конечными звеньями формообразующей системы определяется компоновочной схемой станка, выбор которой существенно влияет на качество выполнения требуемого технологического процесса и технико-экономические показатели производства. В качестве формализованного описания технологической компоновки станка используется граф, образованный определенным множеством конечных элементов (вершин) и связывающих их цепочек промежуточных элементов (ветвей) с заданными функциональными свойствами. Разработка технологической компоновки станка осуществляется на основе технологической схемы обработки (ТСО), для построения которой необходима следующая последовательность этапов проектирования: МП → МТИ → СФД → ТСО,

где СФД – схема формообразующих движений в станке.

Формообразование реальной сложной поверхности на твердом теле любым технологическим методом обработки материала заключается в некотором приближении к одной или нескольким "идеальным" геометрическим поверхностям. Поэтому для разработки схемы формообразующих движений в станке необходимо, прежде всего, рассмотреть общие закономерности получения геометрических поверхностей изготавливаемых деталей. Геометрические поверхности могут формироваться в виде непрерывного множества последовательных пространственных положений движущихся друг относительно друга производящих геометрических линий. След, оставленный одной производящей геометрической линией - образующей, при ее движении по другой производящей геометрической линии – направляющей, представляет, таким образом, создаваемую на детали геометрическую поверхность. Образующую на детали геометрическую поверхность можно рассматривать и как множество материальных точек с разными характеристиками (координатными значениями и физическими свойствами, например, формой и глубиной отпечатка, цветом и т.д.).

Производящие линии реальных поверхностей изготавливаемой на станке детали создаются при помощи рабочих элементов инструмента, которые обычно представлены материальной точкой или линией. Перемещения этих элементов, в результате которых создаются геометрические производящие линии, называют движениями формообразования [6]. Геометрическую производящую линию можно образовать следующими методами, характеризующимися разным количеством движений формообразования:

- копированием формы и протяженности материальной линии (без движения формообразования);

- обкатыванием материальной линии относительно образующей линии, которая является огибающей последовательных положений этой материальной линии (при одном движении формообразования – качении);

- оставлением следа при перемещении материальной точки вдоль образующей линии (также при одном движении формообразования - протягивании);

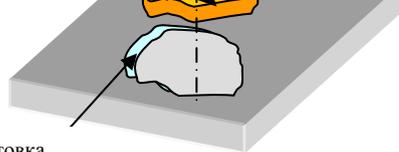
- касанием образующей линии к ряду последовательных положений дополнительной геометрической линии (например, прямой), созданной материальной точкой при ее движении (требуются два формообразующих движения - для получения дополнительной линии и такого их относительного перемещения, при котором касательная к ней образующая линия приобретает заданную форму и протяженность);

- двойным касанием образующей линии к последовательному положению дополнительной геометрической линии (например, прямой), которая, в свою очередь, является касательной к другой дополнительной линии (например, окружности), представляющей траекторию вращательного движения материальной точки (требуются три движения формообразования – два для образования вспомогательных геометрических линий и одно для их относительного перемещения).

Технологические схемы формообразования поверхностей деталей определяются возможными сочетаниями рассмотренных методов получения их геометрических производящих линий (таблица).

Систематизация формообразующих движений позволяет выявить новые, не используемые в настоящее время варианты технологических схем обработки камня, некоторые из которых могут быть эффективными при проектировании, например, специализированных камнеобрабатывающих станков.

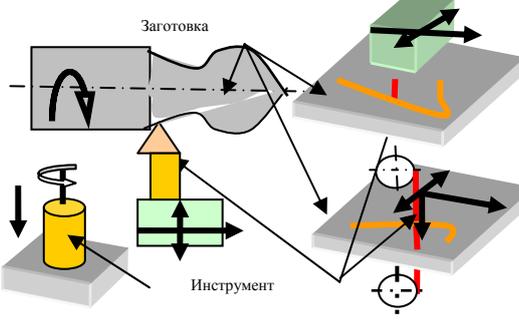
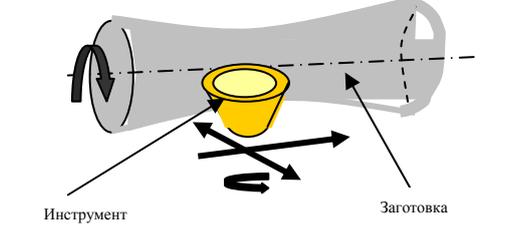
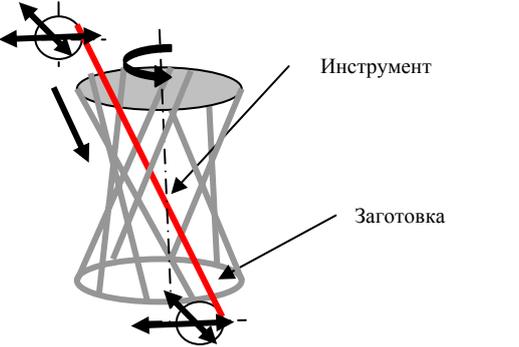
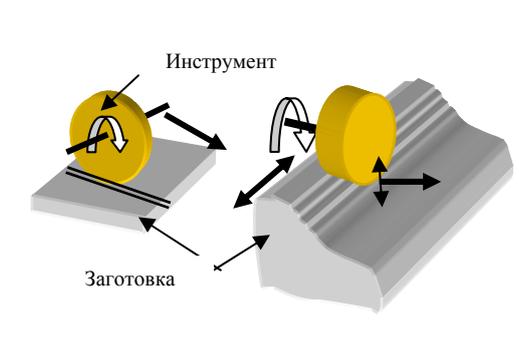
Для синтеза технологических компоновочных схем, которые дополнительно к формообразующим определяют и установочные движения, следует предварительно провести анализ выполняемых на проектируемом станке операций. При использовании модульных технологий для этого требуется определить состав типовых МТИ, обеспечивающих изготовление заданных видов модулей поверхностей обрабатываемых деталей. В процессе такого анализа находят следующие параметры каждой технологической операции: количество обрабатываемых заготовок; количество обрабатываемых сторон заготовки; наименование и количество МП на изготавливаемых деталях; вид МТИ для изготовления каждого МП; способ обработки заготовок – последовательный, параллельный или смешанный. Проектирование станков для обработки камня на основе модульных технологий неизбежно приводит к необходи-

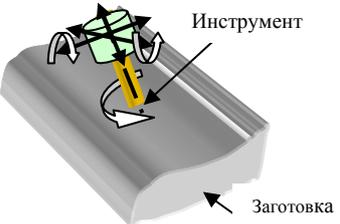
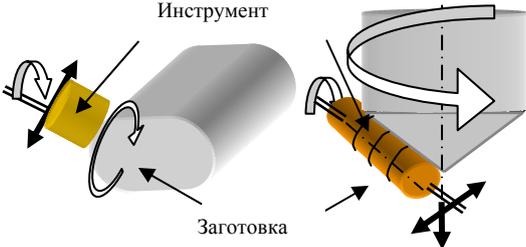
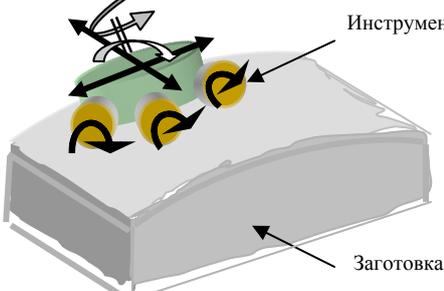
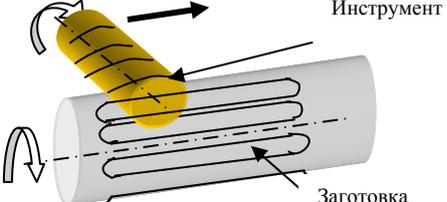
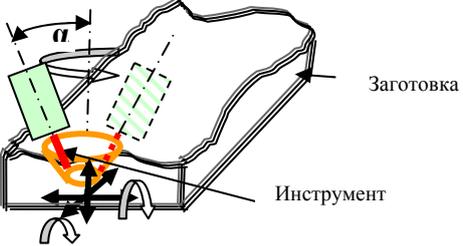


Заготовка

Типовые технологические схемы формообразования поверхностей деталей изделий из камня

№ пп	Метод получения производящих линий	Технологическая схема формообразования	Примеры станков
1	2	3	4
1	Копирование + копирование (Код 0001)		Ультразвуковые копировальные станки, маркировочные установки для химического травления
2	Копирование + протягивание (Код 0010)		Токарные станки поперечно-фасонного точения, шлифовальные и полировальные станки с профильными сегментами
3	Копирование + касание (Код 0011)		Профильно-фрезерные, шлифовальные и полировальные станки с фасонным инструментом
4	Копирование + обкатывание (Код 0100)		Вихревые копировальные абразивно-шлифовальные станки

1	2	3	4
5	Протягивание + протягивание (Код 0101)		Токарно-копировальные, алмазно-проволочные и канатные вырезные, струйно-абразивные, лазерные контурно-вырезные, алмазно-сверильные станки
6	Протягивание + касание (Код 0110)		Профильно-шлифовальные станки с чашечным абразивно-алмазным кругом (новая схема)
7	Протягивание + обкатывание (Код 0111)		Алмазно-проволочные и канатно-вырезные многокоординатные станки
8	Касание + протягивание (Код 1000)		Дисковые разрезные, фрезерные и профильно-шлифовальные станки

1	2	3	4
9	Касание + касание (Код 1001)		Многокоординатные фрезерные, струйно-абразивные, шлифовально-полировальные станки типа "обрабатывающего центра"
10	Касание + обкатывание (Код 1010)		Профильно-шлифовальные и полировальные станки, фрезерно-шлифовальный станок (новая схема)
11	Двойное касание + касание (Код 1011)		Фрезерные, шлифовальные и полировальные станки с многодисковой планетарной головкой
12	Обкатывание + протягивание (Код 1100)		Токарно-фрезерный, и шлифовально-полировальный станок типа "обрабатывающего центра" (новая схема)
13	Обкатывание + касание (Код 1101)		Многокоординатный струйно-абразивный станок типа "обрабатывающего центра" для скульптурных изделий (новая схема)

мости создания других компонентов модульных систем технологического обеспечения производств (инструментальных, базисных и крепежных, контрольно-измерительных, управляющих и т.д.).

Принципиальным отличием организации производственного процесса в условиях модульных технологий становится возможность применения поточного метода при любой серийности изготавливаемых изделий. Поточный метод, характеризуемый линейностью маршрута, непрерывностью и ритмичностью (синхронностью операций), является наиболее эффективным и широко используется в массовом и крупносерийном производствах. При использовании модульных технологических процессов специализация основного оборудования или рабочих мест (РМ) выполняется не по методам обработки или сборки и не под конкретные операции, а по принципу изготовления типовых МП по заданной технологии получения заготовок, из-

готовления деталей и сборки – монтажа изделий. При этом производственный участок (цех) рассматривается как технологический комплекс, состоящий из множества специализированных РМ, между которыми перемешаются предметы труда в соответствии со своими маршрутными технологическими процессами. Деление изготавливаемых деталей на группы по общности содержащихся в них МП и МТИ с последующей разработкой для них обобщенных технологических маршрутов дает возможность такой расстановки РМ, при которой все соответствующие этой группе разные предметы труда будут перемещаться линейно даже в условиях единичного производства [1].

Использование модульных технологий позволяет оперативно управлять производственным процессом средствами интегрированных компьютерных систем, добиваясь синхронизации операций и ритмичности выпуска продукции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Базров Б.М.* Модульные технологии в машиностроении. – М.: Машиностроение, 2001. – 360 с.
2. *Васильев А.Л.* Модульный принцип формирования техники. – М.: Изд-во стандартов, 1982. – 238 с.
3. *Павлов Ю.А.* Компьютерные системы проектирования и подготовки производства промышленных изделий из камня: Учебное пособие в 3-х частях. Ч.1. Научные основы, методы и средства разработки программных приложений. – М.: МГТУ, 2002. – 108 с.
4. *Павлов Ю.А.* Анализ изделий камнеобрабатывающего производства с позиций их компьютерного проектирования // Горный информационно-аналитический бюллетень, № 2004, с.
5. *Павлов Ю.А.* Методика системного анализа и проектирования технологических процессов камнеобрабатывающих производств. Сб. "Состояние, проблемы и перспективы развития сырьевой базы и машиностроения для камнеобрабатывающих производств" // Материалы I Международной научно-практической конференции "Камень-2004". – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2004, с. 54-59
6. Станочное оборудование автоматизированного производства: Учебник для вузов / Кол. авторов, под. ред. В.В. Бушуева. Т.1. – М.: Изд-во "Станкин", 1993. – 584 с.

Коротко об авторах

Павлов Юрий Александрович – кандидат технических наук, доцент кафедры «Технология художественной обработки материалов» Московского государственного горного университета.

