

№ 2566

Ю.А. Павлов

Проектирование технологических процессов в камнеобрабатывающем производстве

Учебное пособие

№ 2566

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МИСиС»

Кафедра литейных технологий
и художественной обработки материалов

Ю.А. Павлов

Проектирование технологических процессов в камнеобрабатывающем производстве

Учебное пособие

Рекомендовано редакционно-издательским
советом университета



Москва 2015

УДК 621.7
П12

Рецензенты:

докт. техн. наук, проф. *Ю.Ф. Набатников*
(зав. каф. ТМР Горного института НИТУ «МИСиС»);
канд. техн. наук *Ю.И. Сычёв* (зав. лаб. ФГУП «ВНИПИИСтромсырьё»)

Павлов Ю.А.

П12 Проектирование технологических процессов в камнеобрабатывающем производстве : учеб. пособие / Ю.А. Павлов. – М. : Изд. Дом МИСиС, 2015. – 203 с.
ISBN 978-5-87623-926-6

В учебном пособии рассмотрены научные принципы формирования технологической системы современного гибкого комплексно автоматизированного и компьютеризированного камнеобрабатывающего производства. Систематизированы классификационные признаки и характеристики её объектов и функциональных подсистем. Изложены методические основы проектирования технологических процессов обработки природных камней с использованием системного принципа их построения в разных типах производства. Приведена методика автоматизированного проектирования индивидуальных и типовых технологических процессов. Дано описание специализированных программных комплексов САПР-АСТПП для разных видов технологического оборудования камнеобрабатывающих производств.

Предназначено для студентов дневной и очно-заочной (вечерней) форм обучения с разным квалификационным уровнем по образовательному направлению «Технология художественной обработки материалов».

УДК 621.7

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	5
Глава 1. Общие принципы построения технологической системы камнеобрабатывающего производства	7
1.1. Структура технологической системы камнеобрабатывающего производства и принципы её разработки.....	7
1.2. Требования к исходным материалам и продукции камнеобрабатывающего производства	14
1.3. Технические условия на товарную продукцию камнеобрабатывающих предприятий	20
1.4. Классификация и анализ процессов формообразования изделий из камней	34
1.5. Классификации и использование технологического оборудования в камнеобрабатывающем производстве	44
1.6. Инструментальное обеспечение камнеобрабатывающего производства	52
1.7. Технологическая оснастка и проектирование её наладки на основе теории базирования объектов	71
1.8. Размерные цепи наладки камнеобрабатывающего оборудования	90
Контрольные вопросы и задания для самостоятельной работы студентов	94
Глава 2. Общие принципы проектирования технологических процессов камнеобрабатывающего производства.....	96
2.1. Технологические процессы дискретного производства: основные понятия и определения	96
2.2. Методика технологического проектирования дискретного производства	100
2.3. Системный принцип построения технологических процессов в разных типах камнеобрабатывающего производства	105
2.4. Размерные технологические связи в процессе изготовления изделий из природных камней.....	115
2.5. Методы выбора рациональных технологических режимов в камнеобрабатывающем производстве	127
2.6. Нормирование и оценка технологических процессов обработки материалов.....	135

2.7. Методы оптимизации технологических процессов камнеобрабатывающего производства	141
2.8. Единая система технологической документации в дискретных обрабатывающих производствах	150
Контрольные вопросы и задания для самостоятельной работы студентов	153
Глава 3. Автоматизированные системы проектирования технологических процессов в камнеобрабатывающем производстве	156
3.1. Типовая структура САПР-ТП и методы разработки её проектных процедур	156
3.2. Информационные базы данных технологической системы камнеобрабатывающего производства	170
3.3. Проектирование технологических процессов обработки материалов с использованием САПР ТП «Компас-Вертикаль» ..	178
3.4. Специализированные программные комплексы CAD-CAM для камнеобрабатывающего производства	186
Контрольные вопросы и задания для самостоятельной работы студентов	197
Заключение	199
Список литературы	200

ВВЕДЕНИЕ

В соответствии с Федеральным государственным стандартом высшего профессионального образования по направлению «Технология художественной обработки материалов» задачами профессиональной производственно-технологической деятельности выпускника являются: разработка технологических процессов обработки выбранных материалов, включая расчёт технологических параметров; выбор оборудования, оснастки и специального инструмента для производства готовой продукции.

Традиционно подготовка специалистов и бакалавров на кафедре ТХОМ ориентировалась на камнеобрабатывающие производства (специализация и профиль 1). В результате освоения основной образовательной программы выпускники данной специализации и профиля должны обладать профессиональными компетенциями, которые оцениваются следующими их способностями: определять и назначать технологический процесс обработки природных камней с указанием технологических параметров для получения готовой продукции; выбирать необходимое оборудование, оснастку и инструмент для получения требуемых функциональных свойств и эстетического качества промышленных изделий; систематизировать и классифицировать природные камни и технологические процессы в зависимости от функционального назначения и художественных особенностей изготавливаемого объекта; использовать компьютерные программы, необходимые в сфере практической деятельности для получения заданного изделия.

Структура построения и содержание учебного пособия соответствуют этим требованиям. Оно предназначено студентам разных уровней подготовки при изучении следующих дисциплин: «Проектирование технологических процессов и оборудования для художественной обработки камня» – для инженерной специальности 26.10.01; «Компьютерное проектирование» – для бакалавриата направления 26.14.00; «Проектирование технологических процессов обработки материалов» и «Системы автоматизированного проектирования» – для бакалавриата направления 29.03.04. Учебное пособие также может быть полезно студентам при выполнении технологической части выпускной квалификационной работы (дипломного проекта).

Основной целью первой главы является изложение системных принципов формирования технологической среды современного

камнеобрабатывающего производства. Обобщены ранее полученные студентами знания по отдельным фрагментам технологической системы, представленной в виде её многомерной структуры, элементы которой разрабатываются на основе единого объектно-процессного метода. Объектами технологической системы являются исходные материалы, продукция камнеобработки, оборудование, инструменты и оснастка, которые взаимосвязаны процессами разных уровней. Анализируются процессы формообразования изделий из камня и размерной наладки системы «станок–оснастка–инструмент–деталь». При этом используются методы классификаций объектов, основы теории их базирования и расчёта размерных цепей.

Во второй главе изложены общие принципы проектирования технологических процессов камнеобрабатывающего производства. Рассмотрены конструкторские и технологические размерные связи в процессе проектирования и изготовления изделий. Даны рекомендации по выбору технологических режимов обработки природных камней разными способами. Пояснена методика оптимизации технологических процессов с использованием технико-экономических критериев. Представлена единая система технологической документации.

В третьей главе рассмотрена типовая структура современной автоматизированной системы проектирования технологических процессов и дана характеристика её функциональных подсистем в камнеобрабатывающем производстве. Пояснены методы создания информационных баз и банков данных для технологической системы обрабатывающих дискретных производств. Изложена методика проектирования единичных и типовых технологических процессов обработки материалов с использованием универсальной САПР-ТП «Компас-Вертикаль». Приведена типовая структура и дана характеристика интегрированной автоматизированной системы технического проектирования и подготовки производства изделий камнеобработки. Показаны примеры специализированных программных комплексов САПР-АСТПП для разных видов камнеобрабатывающего оборудования.

Каждая глава завершается списком контрольных вопросов и заданий для самостоятельной работы студентов.

Учебное пособие по проектированию технологических процессов камнеобработки подготовлено впервые, поэтому автор готов воспринимать любые конструктивные предложения по его улучшению.

ГЛАВА 1. ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ КАМНЕОБРАБАТЫВАЮЩЕГО ПРОИЗВОДСТВА

1.1. Структура технологической системы камнеобрабатывающего производства и принципы её разработки

Натуральный (природный) камень – материал, без которого невозможно представить облик большинства современных городов. Изделия из него широко используются для строительства и отделки зданий и сооружений самого разного назначения. *Камнеобработка* – процесс механического, термического или химического воздействия на природный камень с целью придания ему необходимого размера и фактуры [6, 8]. Благодаря современной технологии камнеобработки можно изготавливать из природного камня готовые изделия для строительства и отделки помещений, а также для технических целей. Это всевозможные архитектурные детали (карнизы, колонны и др.), плиты и профильные детали для облицовочных работ, материалы для внутренней отделки помещений, мемориальные изделия, станины станков и т.д. Однако, прежде чем начать изготавливать изделия из камня, его необходимо добыть и предварительно обработать, чтобы получить необходимую исходную продукцию (блоки, стеновые камни, разнородное сырьё для дорожных покрытий) [8, 14].

Мировой уровень развития камнеобработки характеризуется ускоренным ростом объёмов добычи блочного камня и производства готовой продукции, достигаемым прежде всего за счёт использования прогрессивных технологий, создания и применения эффективно добывающего и обрабатывающего оборудования.

Технологическая система – совокупность функционально взаимосвязанных средств технологического обеспечения, предназначенных для выполнения в условиях производства заданных технологических процессов в соответствии с требованиями технической документации на выпускаемую предприятиями продукцию (рис. 1.1).

Камнеобработка относится к дискретному виду обрабатывающего исходный материал производства, связанного со штучным изготовлением изделий при разных объёмах выпуска продукции определённой номенклатуры (лат. *nomenclatura* – перечень названий или имён).

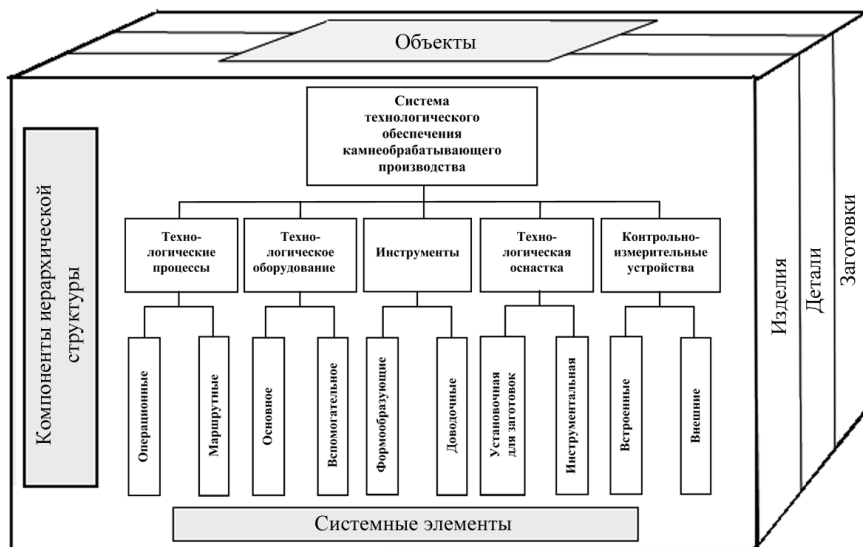


Рис. 1.1. Структура системы технологического обеспечения камнеобрабатывающего производства

В состав *системы технологического обеспечения (СТО)* любого дискретного производства входят следующие элементы: технологические процессы; технологическое оборудование; инструменты; технологическая оснастка; контрольно-измерительные устройства. Эти компоненты иерархической структуры СТО могут быть связаны с любыми объектами производства или предметами труда – изделиями и их комплексами, сборочным единицами, деталями и их комплектами, заготовками и полуфабрикатами (см. рис. 1.1).

Таким образом, в составе организационно замкнутого на выпуск конечной продукции камнеобрабатывающего производства должны существовать в общем случае системы технологического обеспечения для заготовительных, обрабатывающих и сборочных (монтажных) производственных единиц (заводов, цехов, участков, линий или отдельных рабочих мест).

Объектами камнеобрабатывающего производства являются различные продукты или предметы производственного труда.

Изделие – это продукт конечной стадии камнеобрабатывающего производства, например, модульная плитка, мозаичное панно, скульптура или облицовка камина. Состав сложного изделия может быть представлен в виде схемы, приведённой на рис. 1.2.

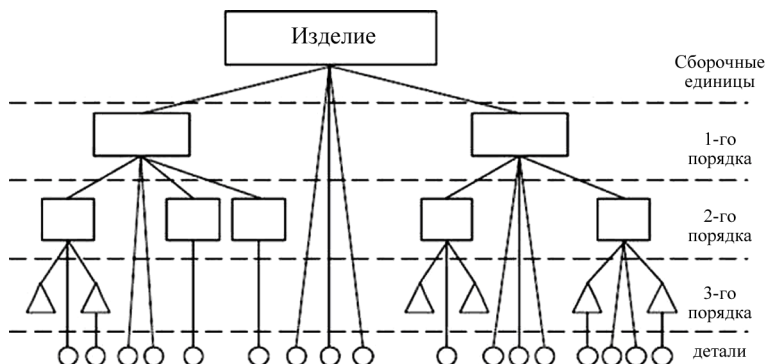


Рис. 1.2. Структурная схема сложного изделия

Деталь – это изделие, изготовленное из однородного по наименованию виду материала, без применения сборочных или монтажных операций.

Заготовкой в дискретном производстве называется изделие, используемое для изготовления детали. Заготовку, поступающую на первую операцию обработки, называют исходной заготовкой, например, блок, слэб толщиной 20 мм или толстомерная плита.

Полуфабрикат – объект производства, который должен пройти еще одну или несколько стадий обработки, прежде чем стать готовым изделием, годным для потребления. Продукция (например, слэбы) одного предприятия может служить полуфабрикатом для другого предприятия, выпускающего, например, архитектурно-строительные изделия.

Сборочная единица – это сложное изделие, составные части которого подлежат жёсткому или подвижному соединению на предприятии-изготовителе, например, посредством операций склеивания, механического скрепления или связки цементным раствором.

Сборочная единица может состоять из отдельных деталей или из сборочных единиц более высоких порядков и деталей. Сборочная единица первого порядка входит непосредственно в готовое изделие. Она может состоять из сборочных единиц более высоких порядков и деталей. Сборочная единица второго порядка может включать сборочные единицы третьего порядка и детали и т.д. Сборочная единица наивысшего порядка состоит только из отдельных деталей.

Комплекс – это два и более изделия, не соединённых на предприятии-изготовителе сборочными операциями, но предназначенных для выполнения взаимосвязанных эксплуатационных функций (например, комплекс облицовки стен и пола зала станции метро).

Комплект – это два и более изделия, не соединённых сборочными операциями на изготавливающем их предприятии и представляющих набор изделий, имеющих общее эксплуатационное назначение вспомогательного характера (например, комплект инструментов, комплект запасных частей).

Технологические процессы (ТП) – это часть производственного процесса, содержащая действия по последовательному изменению размеров, формы, фактуры, внешнего вида или состояния объекта производства. ТП являются основными компонентами системы технологического обеспечения камнеобрабатывающего производства.

Производственный процесс (ПП) – это совокупность всех действий, осуществляемых для подготовки и организации ресурсов, а также обеспечения и управления ими на всех стадиях переработки сырья, материалов, полуфабрикатов и других объектов или предметов труда в готовую продукцию, удовлетворяющую потребностям рынка. Он охватывает: подготовку средств производства и организацию обслуживания рабочих мест; получение и хранение материалов и полуфабрикатов; все стадии изготовления деталей; сборку изделий; транспортирование материалов, заготовок, деталей и готовых изделий; технический контроль на всех стадиях производства; упаковку готовых изделий и другие действия, связанные с изготовлением выпускаемой продукции. Важнейшим элементом производственного процесса является техническая подготовка производства, включающая в себя художественное, конструкторское и технологическое проектирование, а также календарное планирование производства.

Производственная система представляет собой обособившуюся в результате общественного разделения труда часть производственного процесса, способную самостоятельно или во взаимодействии с другими аналогичными системами удовлетворять конкретные потребности и запросы потенциальных потребителей с помощью производимых этой системой товаров и услуг. Основной тенденцией развития камнеобрабатывающего производства стала ориентация на гибкие производственные системы.

Гибкая производственная система (ГПС) – единица или комплекс технологического оборудования совместно с системой обеспечения их функционирования в автоматическом режиме, обладающие свойствами автоматизированной переналадки на изготовление группы изделий в соответствии с технологическими возможностями. Для современных ГПС характерно комплексное использование компьютерных средств технической подготовки производства различных

изделий и числового программного управления (ЧПУ) технологическими процессами их изготовления. Таким образом, современные ГПС являются основным средством технологического обеспечения компьютеризированных интегрированных производств (КИП, или CIM – Computer-Integrated Manufacturing) [22].

При разработке гибких производственных систем в ведущих отраслях промышленности их технологическое обеспечение строится на модульном принципе [5, 12, 26]. Данный принцип предполагает формирование различных объектов (например, технических изделий или строительных конструкций), а также компонентов производственной системы, и в частности её системы технологического обеспечения, посредством их компоновки из типовых конструктивных, технологических, функциональных, программных и других модулей, т.е. из структурно однородных элементов ограниченной номенклатуры [6].

В гибких компьютерно-интегрированных дискретных производствах используются следующие виды модулей в составе их системы технологического обеспечения.

Гибкий производственный модуль (ГПМ) – единица технологического оборудования (например, станок) чаще всего многоцелевого назначения, оснащённая компьютерной системой ЧПУ, автономно функционирующая (в пределах ёмкости накопителей заготовок и инструментальных комплектов) и имеющая возможность встраиваться в гибкую производственную систему более высокого уровня организации (например, в участок или автоматическую линию).

Обработывающий модуль (центр обработки) – многоцелевой станок с ЧПУ, снабжённый накопителем объектов обработки и автоматизированным устройством (например, роботом-манипулятором) для загрузки заготовок и снятия обработанных деталей [23].

Сборочный модуль – группа связанных единым технологическим процессом автоматизированных сборочных или монтажных устройств (например, промышленных роботов), средств накопления и транспортирования изделий и деталей.

Контрольно-измерительный модуль – единица технологического оборудования, предназначенная для проверки качества изготовления объекта (например, соответствия геометрической формы и размеров, материала или функциональных свойств изделия предъявляемым требованиям), оснащённая компьютерной системой ЧПУ и имеющая возможность встраиваться в гибкую производственную систему [2, 6].

Инструментальный модуль – комплект унифицированных сборочных единиц и деталей обрабатывающих (например, режущих) и вспомогательных инструментов, собираемых применительно к изменению изготавливаемых на оборудовании с ЧПУ изделий.

Модульная инструментальная система – комплекс унифицированных инструментальных модулей вместе с автоматизированными средствами их наладки, устройствами накопления, транспортирования и автоматической смены на оборудовании с ЧПУ, а также с информационной системой, обеспечивающей компьютерную поддержку всех процессов по использованию инструментов в гибком автоматизированном производстве [12].

Транспортно-складской модуль – система унифицированных автоматизированных транспортных и складских устройств, предназначенных для укладки, хранения или временного накопления, погрузки-разгрузки и доставки предметов труда, технологической оснастки или удаления отходов производства [23].

В течение последних 10 лет мировая камнеобрабатывающая промышленность интенсивно использует ряд средств технологического оснащения, построенных по модульному принципу. Наибольшее применение получили многоцелевые станки с ЧПУ (типа обрабатывающих центров) агрегатно-модульного исполнения, гибкие станочные модули с ЧПУ для обработки сложных деталей.

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 изделий из камня, а также некоторые инструментальные модули, используемые главным образом на таких многоцелевых станках [23].

Чтобы использовать системные принципы технологического обеспечения камнеобрабатывающих производств, сначала необходимо проанализировать 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 их изготовления или формированием технических требований на разработку новых технологических средств – ТС создаются для выполнения одной технологической операции или группы операций.

В массовом производстве ТС являются специальными и обычно выполняют одну технологическую операцию, например шлифовку поверхности облицовочной модульной плитки. В единичном и мелкосерийном производствах ТС обычно создаются под методы обработки (распиливание, 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 счёт 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 [5, 26]. 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, накопи-

тельными, 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.

1.2. Требования к исходным материалам и продукции камнеобрабатывающего производства

Природные камни применяют для наружной и внутренней облицовки, отделки стен и полов, изготовления профильных элементов, орнаментов и скульптур, декоративно-художественных и мемориальных изделий, а также для изделий технического назначения [8, 14, 25, 35] (табл.1.1).

Изделия из природных камней

Наименование изделий	Вид камня	Размеры, мм	Стандарты
Блоки и стеновые камни	Граниты, кварцит, габбро, лабрадорит, диорит, диабаз, базальты, мраморы, известняк, туф и др.	Ширина и высота 200...2000; длина до 3500	Блоки из природного камня для облицовочных изделий ГОСТ 9479–84
Слэбы: крупноразмерные плиты-заготовки	Граниты, кварцит, габбро, диорит, лабрадорит, диабаз, перфидрит, базальты, мраморы, известняк, туф и др.	Длина 1500...3200, ширина 600...2200, толщина 15...40	Плиты облицовочные из природного камня ГОСТ 9480–2012
Облицовочные плиты: мерные, толстомерные, модульные, мелкомерные, колотые	Горные породы, соответствующие требованиям	Длина 150...1500, ширина 150...1200, толщина 5...60	Плиты облицовочные из природного камня ГОСТ 9480–2012
Дорожно-строительные: брусчатка, шашка, бордюрные камни, тротуарные плиты и др.	Граниты, порфир, базальт, долерит, диорит, песчаник и др.	250×125×160 250×125×130 200×100×100	Камни бортовые из горных пород ГОСТ 6666–81. Камень брусчатый для дорожных покрытий ГОСТ 23668–79
Архитектурно-строительные детали: накрывочные, цокольные и подоконные плиты, плиты мозаичные для пола, подоконники, ступени, проступи и др.	Породы в соответствии с ГОСТ 9479–84	Длина 400...1500; ширина 200...1200, толщина 30...80 (пилёные), 100...300 (колотые)	Изделия архитектурно-строительные из природного камня ГОСТ 23342–91
Профильные изделия: колонны, базы колонн, балясины; карнизы, перила, шары, барельефы, карнизы, плинтусы	Граниты, кварцит, диорит, диабаз, базальты, мраморы, известняк, травертин и др.	Формы и размеры по требованиям заказчика	Стандарты камнеобрабатывающих предприятий
Изделия ландшафтного и городского дизайна: фонтаны, вазоны, скамьи, парковая скульптура, парапеты, беседки и др.	Граниты, долерит, диорит, песчаник, известняк, травертин, сланец, песчаник, мрамор, искусственные камни и др.	Номенклатура изделий по каталогам фирм-изготовителей изделий	Единых стандартов нет

Наименование изделий	Вид камня	Размеры, мм	Стандарты
Декоративно-художественные изделия: столешницы, барные стойки, мойки, камины, вазы, мозаичные панно, шары и др.	Цветные мраморы, нефрит, порфиры, змеевик, кальцит, селенит, белый ангидрит, орлец, яшма различных расцветок и др.	Формы и размеры по требованиям заказчикам	Цветной камень для изготовления изделий декоративно-художественного назначения ОСТ 41-177-76
Сувенирные изделия: письменные приборы, шкатулки, вазы, пепельницы, часы, курительные наборы и др.	Поделочные камни высокой декоративности: яшма, родонит, оникс, лазурит, цветные мраморы, малахит и др.	Формы и размеры изделий в соответствии с проектами, утверждёнными предприятиями-изготовителями	Технические условия на изделия предприятий-изготовителей
Мемориальные изделия: памятники, стелы, тумбы, цветники, доски, постаменты, мавзолеи и др.	Граниты, габбро, мраморы, диабаз, диорит, лабрадорит базальт	Высота стелы 1000...1200, ширина 500...600, толщина 80...100; размеры плит: 500×1000; 500×1100; 500×1200; 600×1000; 600×1100; 600×1200	Плиты облицовочные из природного камня ГОСТ 9480-2012
Технические изделия: плитка кислотоупорная, шары для мельниц, электротехнические доски, вальцы, клише, станины, опоры и др.	Базальт, диабаз, гранит, кварцит андезит, мрамор, известняк, доломит и др.	Плитка 230×113×35; 200×100×20	Плитка кислотоупорная ГОСТ 961-89; электротехнические доски мраморные ГОСТ 629-41

Общий рост мирового производства продукции камнеобработки сопровождается изменением её структуры за счёт увеличения доли выпуска дорожных, архитектурно-строительных, облицовочных и мемориальных изделий (рис. 1.3).

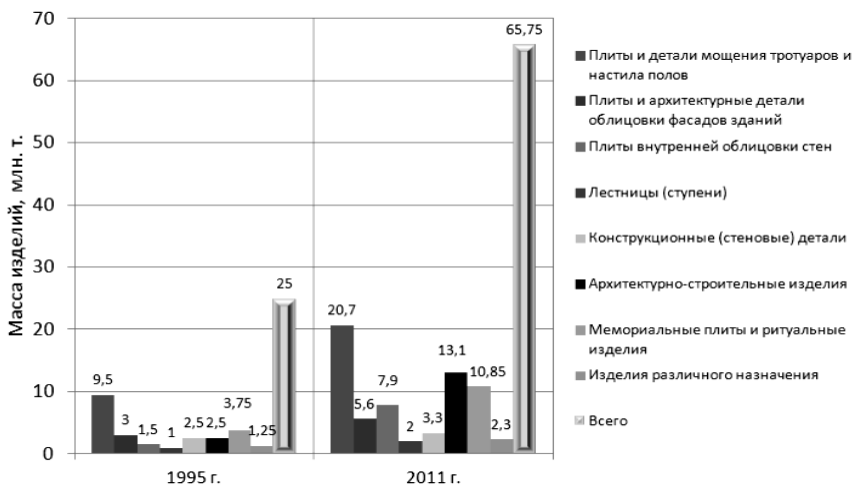


Рис. 1.3. Динамика мирового производства изделий из природного камня

Многообразие областей применения природных камней предопределяет особые требования к продолжительности их службы.

Долговечность зависит и от вида обработки поверхности камня. Особенно повышает этот показатель полированная фактура, так как на такой поверхности не задерживаются агрессивные вещества (табл. 1.2).

Критерий сопротивления камней изнашиванию, характеризующему истираемостью поверхности изделий, необходимо учитывать при выборе камней, применяемых для покрытия полов общественных зданий, лестничных маршей, площадок и тротуаров (табл. 1.3).

Таблица 1.2

Характеристика долговечности природных камней

Категория долговечности	Название камней (примеры)	Долговечность, годы	
		Первые признаки разрушения	Окончательное разрушение
Очень высокая	Кварциты мелкозернистые	500...650	Нет данных
Высокая	Крупнозернистые граниты	220...350	Свыше 1500
Средняя	Мрамор белый плотной структуры	100...150	1200
Низкая	Мрамор цветной, известняки	25...75	100...600

Рекомендации по использованию камней по критерию истираемости

Название камней	Интенсивность движения, чел/ч	Истираемость, г/см ²	Применение (примеры)
Цветные мраморы	≤500	2,2	Частные дома, офисы, салоны
Монохромные плотные мраморы	500...1000	1,5	Административные здания, медицинские учреждения, магазины
Граниты, лабрадориты, диабазы	>1000	0,5	Станции метро, вокзалы, спорткомплексы, торговые центры

Под *качеством изделия* понимают совокупность его свойств, обеспечивающих удовлетворение определённых требований потребителей в соответствии со своим назначением. Качество изделий камнеобрабатывающего производства оценивают системой показателей, которые обычно разделяют на: показатели технического уровня, производственно-технологические показатели (или показатели технологичности конструкции) и эксплуатационные показатели.

К *показателям технического уровня* каменных изделий следует отнести точность заданной формы и размеров, шероховатость рабочих поверхностей, эстетическая гармоничность (композиционная, цветовая, текстурная) и экологическая безопасность, прежде всего связанная с допустимым значением удельной радиоактивности выbranного материала [14].

Точность детали характеризуется допусками размеров, формы и расположения поверхностей. Точность изделий характеризуется точностью относительного положения исполнительных поверхностей, которая зависит от точности деталей и их установки при сборке (монтаже) этих изделий.

Производственно-технологические показатели качества изделий отражают технологическую рациональность конструкции изделия. Под технологичностью понимают совокупность свойств конструкции изделия, определяющих её приспособленность к достижению оптимальных затрат при производстве, эксплуатационном обслуживании и последующей реставрации для заданных показателей качества, объёма выпуска и условий выполнения работ. Технологичность конструкций изделий оценивают качественно (хорошо – плохо, рационально – нерационально, технологично – нетехнологично).

Количественными оценками технологичности изделий являются:

– *трудоёмкость* изготовления изделия, определяемая затратами труда на выполнение технологических процессов его производства; трудоёмкость изделий зависит от таких технологических характеристик, как обрабатываемость камней при распиливании, шлифовании, полировании, тёске и бучардировании, термическом разрушении [3];

– *материалоёмкость* изделия, характеризующаяся расходом материала на его производство и эксплуатацию; снижение материалоёмкости изделий из природных камней достигается прежде всего передовыми технологиями распиловки блоков на тонкие плиты толщиной 3...8 мм с последующим упрочнением методом *ретинатуры* – фиксации сетки из специального стекловолокна на задней стороне слэба и *резинатуры* – обработки его поверхности склеивающим составом, который пропитывает плиту на всю её толщину, заполняя трещины и раковины [8];

– *себестоимость* изделия (детали, исходной заготовки), включающая в себя затраты предприятия на изготовление единицы продукции, которые выражены в денежной форме; к этим затратам относятся расходы на материалы, оборудование, технологическую оснастку и заработную плату работников предприятия.

К *эксплуатационным показателям* качества изделий из камня относятся:

– *надёжность* – способность сохранять в течение определённого времени значения всех заданных проектом параметров при предусмотренных режимах и условиях применения, технического обслуживания и транспортирования; надёжность изделий определяется такими специфическими свойствами природных камней, как трещиноватость, степень водопоглощения, морозостойкость, прочность при сжатии и изгибе [14, 25];

– *долговечность* – свойство изделия сохранять предусмотренное проектом состояние до наступления предельного износа или разрушения при установленной системе технического обслуживания и восстановления; показателем долговечности может являться, например, гарантийный срок службы изделия;

– *ремонтпригодность* – свойство изделия, заключающееся в его приспособленности к предупреждению, отысканию и устранению дефектов путём проведения технического диагностирования, обслуживания и реставрации;

– *сохраняемость* – свойство изделия сохранять предусмотренное проектом состояние в течение срока складирования и транспортирования;

– *эргономичность* – способность обеспечивать безопасные жизненные потребности потребителей продукции в проектной системе «человек – изделие – окружающая среда».