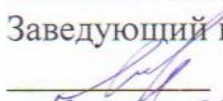
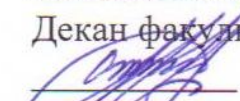


Учреждение образования
«Брестский государственный технический университет»
Машиностроительный факультет
Кафедра «Машиностроение и эксплуатация автомобилей»

СОГЛАСОВАНО
Заведующий кафедрой
 С. В. Монтик
«13» 05 2025 г.

СОГЛАСОВАНО
Декан факультета
 С. Р. Онысько
«13» 05 2025 г.

ЭЛЕКТРОННЫЙ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС
ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ
«ВВЕДЕНИЕ В СПЕЦИАЛЬНОСТЬ»
(название дисциплины)

для специальности
6-05-0722-05 Производство изделий на основе трёхмерных технологий
Профилизация: Технология производства изделий для машиностроения

Составители: Сокол Виктор Александрович, старший преподаватель
Парфиевич Андрей Николаевич, доцент, канд. техн. наук, доцент

Рассмотрено и утверждено на заседании Научно-методического совета
университета 26.06.2025 г., протокол № 4.

Реш. и упр. 24/25-130

Пояснительная записка

Актуальность изучения дисциплины

Выбор профессии – важнейший этап в жизни любого человека. От правильного, а главное осознанного, выбора зависит материальное и моральное удовлетворение результатами своего труда.

Создание высококачественной и конкурентоспособной техники предъявляет исключительно высокие требования к технологии её проектирования, изготовления, сборки, испытаний и эксплуатации. Быстро изменяющиеся условия развития общества и возрастающее значение современных технологических достижений вызывают необходимость использования технологии как стратегического компонента развития предприятия. В связи с этим студентам уже в начале обучения необходимо иметь чёткие представления о будущей профессии, науках, которые необходимо изучить для её освоения, объектах и целях изучаемых дисциплин.

Цели дисциплины

- приобретение студентами знаний, позволяющих осознавать социальную значимость своей будущей профессии и обеспечивающих высокую мотивацию к выполнению профессиональной деятельности;
- формирование целостного и системного понимания целей, задач и ожидаемых результатов компетентностно-ориентированного высшего образования;
- развитие самостоятельности и самоорганизации при достижении ожидаемых результатов высшего образования;
- начальная подготовка к изучению дисциплин профессионального цикла и прохождению учебных практик. Данные знания будут использоваться студентами при проектировании технологических процессов механической обработки, и решении многих проблем, связанных с автоматизацией и механизацией машиностроения.

Задачи дисциплины

- приобретение и осмысление представлений о специфике будущей специальности;
- в изучении этапов развития техники и машиностроения в Республике Беларусь; основных направлений и путей развития техники и технологии; особенностей профессии инженера современного машиностроительного производства; основных сведений об изделии и производстве, качестве поверхности деталей машин, точности обработки, стандартизации и техническом нормировании, методах производства изделий и применяемом оборудовании.

Электронный учебно-методический комплекс (ЭУМК) объединяет структурные элементы учебно-методического обеспечения образовательного процесса, и представляет собой сборник материалов теоретического характера для организации работы студентов специальности 6-05-0722-05 «Производство изделий на основе трёхмерных технологий» дневной формы обучения по изучению дисциплины «Введение в специальность».

ЭУМК разработан на основании Положения об учебно-методическом комплексе на уровне высшего образования, утвержденного Постановлением Министерства образования Республики Беларусь от 8 ноября 2022 г., № 427, и предназначен для реализации требований учебной программы по учебной дисциплине «Введение в специальность» для специальности 6-05-0722-05 «Производство изделий на основе трёхмерных технологий».

Цели УМК:

- обеспечение качественного методического сопровождения процесса обучения;
- организация эффективной самостоятельной работы студентов.

Содержание и объем ЭУМК полностью соответствуют образовательному стандарту высшего образования специальности ОСВО 6-05-0722-05-2023 Производство изделий на основе трёхмерных технологий, а также учебной программе дисциплины компонента учреждения высшего образования «Введение в специальность». Материал представлен на требуемом методическом уровне и адаптирован к современным образовательным технологиям.

Структура электронного учебно-методического комплекса по дисциплине «Введение в специальность»:

Теоретический раздел ЭУМК содержит материалы для теоретического изучения учебной дисциплины и представлен конспектом лекций.

Раздел контроля знаний ЭУМК содержит материалы для итоговой аттестации (вопросы к зачёту), позволяющие определить соответствие результатов учебной деятельности обучающихся требованиям образовательных стандартов высшего образования и учебно-программной документации образовательных программ высшего образования.

Вспомогательный раздел включает учебную программу учреждения высшего образования по дисциплине «Введение в специальность».

Рекомендации по организации работы с ЭУМК:

- лекции проводятся с использованием представленных в ЭУМК теоретических материалов; при подготовке к зачёту, студенты могут использовать конспект лекций;

- зачёт проводится в письменном виде, вопросы к зачёту приведены в разделе контроля знаний.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

**Конспект лекций по дисциплине
«Введение в специальность»**

Тема 1: Профессиональное образование в Республике Беларусь

1. Система образования Республики Беларусь

Образование в Республике Беларусь – обучение и воспитание в интересах человека, общества, государства, направленное на формирование гармоничной и разносторонне развитой личности.

Государственная политика в сфере образования базируется на укреплении ведущих принципов развития национальной школы, среди которых:

- государственно-общественный характер управления;
- обеспечение принципа справедливости, равного доступа к образованию;
- повышение качества образования для каждого.

По показателю «Базовое образование» в Индексе социального прогресса за 2023 год Беларусь занимает 16 место среди 170 стран мира.

Уровень грамотности населения Беларуси в возрасте 15 лет и старше всегда был одним из самых высоких в мире, сейчас он достигает 99,9%. По данным переписи населения 2019 года охват населения в возрасте 15 лет и старше общим базовым, общим средним, профессионально-техническим, средним специальным, высшим и научно-ориентированным образованием составил 97,8%.

Система образования в Республике Беларусь обеспечивает образование на основном, дополнительном и специальном уровнях. Всего в стране насчитывается около 8 тыс. учреждений основного, дополнительного и специального образования, в которых обучение и воспитание более 2 млн. детей, учащихся, студентов и слушателей обеспечивают 422 тыс. работников (11,7% от численности работающих в организациях страны).

Основное образование включает дошкольное, общее среднее, профессионально-техническое, среднее специальное, высшее и научно-ориентированное. Дополнительное подразделяется на дополнительное образование детей и молодежи, дополнительное образование взрослых.

Таким образом, в стране на практике обеспечивается реализация принципа «образование через всю жизнь».

Основным источником финансирования системы образования по-прежнему является бюджетное финансирование, рассматриваемое как государственные инвестиции в человеческий капитал.

С целью создания единого, целостного механизма правового регулирования образовательных отношений, обеспечения систематизации и упорядочения правовых норм, а также полной кодификации законодательства об образовании принят Кодекс Республики Беларусь об образовании, вступивший в силу с 1 сентября 2011 года. В настоящее время с учетом происходящих и планируемых изменений в системе образования подготовлен проект новой редакции документа.

Важным является то, что белорусское законодательство в этой сфере органично сочетается с планами социально-экономического развития не только нашей страны, но и Союзного государства, Содружества Независимых Государств, ЕАЭС.

Белорусское образование включает в себя как процесс обучения, так и воспитания, в котором на первое место ставится любовь и уважение к своему Отечеству, народу, языку, культуре, традициям и обычаям.

Образование в интересах устойчивого развития обеспечивает возможность участия каждого человека в повышении качества собственной жизни и жизни общества.

Республика Беларусь в рейтинге государств по индексу человеческого развития по показателям в сфере образования относится к государствам с очень высоким уровнем человеческого развития. Об этом свидетельствуют такие макропоказатели, как уровень грамотности взрослого населения (99,7%), охват базовым, общим средним и профессиональным образованием занятого населения (98%). По показателям поступления детей в начальную и среднюю школу, количеству студентов высших учебных заведений Беларусь находится на уровне развитых стран Европы и мира. Каждый третий житель республики учится.

Государственная политика в сфере образования базируется на укреплении ведущих принципов развития белорусской школы, среди которых: государственно-общественный характер управления; обеспечение принципа справедливости, равного доступа к образованию; повышение качества образования для каждого.

Образование обеспечивается на основном, дополнительном и специальном уровнях. Основное образование включает [дошкольное, общее среднее, профессиональное, высшее, послевузовское](#) и [инклюзивное](#).

Дополнительное подразделяется на дополнительное образование детей и молодежи, [дополнительное образование взрослых](#). Подготовка научных и научно-педагогических кадров ведется в аспирантуре, докторантуре учреждений (организаций), реализующих образовательные программы послевузовского образования.

Всего в республике насчитывается свыше 8 тыс. учреждений образования, в которых обучается около 3 млн. детей, учащихся, студентов и слушателей. В учебном процессе задействовано более 400 тыс. работников (каждый 10-й занятый в экономике).

В республике функционируют 42 государственных учреждения высшего образования (31 университет, 9 академий, 2 института), находящиеся в подчинении 12 министерств и ведомств, а также 8 учреждений высшего образования частной формы собственности, а получение среднего специального образования обеспечивают 215 государственных и 12 частных учреждений.

За последние годы в стране многое сделано в системе образования: создана необходимая законодательная база, обеспечивается стабильное финансирование, обучающимся и педагогам оказывается социальная поддержка.

В начале 2021 г. принята [Государственная программа «Образование и молодежная политика» на 2021–2025 годы](#)», в которой определены основные направления и приоритеты деятельности республиканских органов государственного управления и иных государственных организаций по реализации государственной политики в сфере образования.

14 января 2022 г. принят [Закон Республики Беларусь № 154-3 «Об изменении Кодекса Республики Беларусь об образовании»](#). Важнейшие изменения, которые внесены в этот документ, можно разделить на четыре блока: нормы, касающиеся общих вопросов совершенствования системы образования; нормы, регулирующие особенности организации образовательного процесса; нормы касающиеся повышения требований ко всем участникам образовательного процесса и укрепления дисциплины; социальная защита и поддержка. В документе с учетом

тенденций развития современного образовательного пространства и практики применения действующего Кодекса, отражены новые возможности для вузов и молодежи, талантливых детей и школьников. В частности, закрепляется дистанционное обучение как самостоятельная форма получения образования, расширяется сфера применения целевой подготовки, увеличивается перечень лиц, имеющих льготы при поступлении в вузы. Определен новый вид дополнительного образования одаренных детей и молодежи, которое будет осуществляться на базе Национального детского технопарка. В новой редакции Кодекса предусматривается всеобщее получение общего среднего образования. На основании изменений в Кодексе утверждены новые правила приема в высшие и средние специальные заведения.

2. Профессиональное образование в Республике Беларусь

Предметом особой гордости Беларуси является система профессионально-технического и среднего специального образования, которая в отличие от других стран постсоветского пространства сохранена и успешно функционирует. Наш опыт используется в России и других государствах.

В 2023/2024 учебном году в республике профессионально-техническое образование получают 63,1 тыс. человек, среднее специальное – 112,7 тыс. человек.

Программы профессионально-технического образования реализуются в 166 учреждениях. Прием и выпуск составили 26,1 тыс. и 21,1 тыс. человек соответственно, подготовка осуществляется почти по 300 профессиям).

В 2023/2024 учебном году образовательные программы среднего специального образования реализуются в 224 учреждениях образования, в том числе 10 – частной формы собственности (прием составил 39,1 тыс. человек, выпуск – 29,6 тыс. человек). Подготовка осуществляется по 158 специальностям.

Система профессионально-технического и среднего специального образования оперативно реагирует на изменения на рынке труда. Это происходит благодаря существующему правовому механизму, обеспечивающему взаимосвязь потребностей организаций-заказчиков кадров, с одной стороны, и объема подготовки кадров на различных уровнях профессионального образования, с другой стороны. Постоянно совершенствуется научно-методическое обеспечение образовательного процесса: с участием организаций-заказчиков кадров обновляются образовательные стандарты, типовые учебные планы и программы по учебным предметам, дисциплинам.

Дальнейшее развитие получает созданная в республике сеть ресурсных центров, включающая 48 центров по 9 видам экономической деятельности. На их базе внедряются в учебный процесс современные образовательные технологии, применяются новейшие средства обучения и оборудование. Ежегодно в ресурсных центрах обучается около 25 тыс. человек, из них 19,9 тыс. обучающихся учреждений профессионально-технического, среднего специального и высшего образования. Осуществляется стажировка мастеров производственного обучения профильных учреждений образования (700 человек), профессиональная подготовка и переподготовка взрослого населения (более 4 тыс. человек).

В январе 2014 года Республика Беларусь официально вступила в международную некоммерческую ассоциацию WorldSkills International и стала 68-й страной-

участницей этого международного движения. Каждые два года проходит республиканский конкурс профессионального мастерства WorldSkills Belarus, который собирает на своей площадке участников и экспертов со всех регионов страны. В его программе соревнований более 30 компетенций в таких направлениях, как строительные технологии, информационные и коммуникационные технологии, творческие профессии и мода, производство и инженерные технологии, транспорт и логистика, социальные и персональные услуги. Более 100 ведущих предприятий и организаций являются партнерами республиканского конкурса, предоставляя современное оборудование и материалы для конкурсных заданий, участвуя в судействе и подготовке участников соревнований.

Высшее образование в республике является престижным и при этом остается доступным. Зачисление в высшие учебные заведения идет по конкурсу на основе результатов централизованного тестирования и внутренних испытаний. Форма обучения может быть дневной, вечерней либо заочной. Все выпускники аккредитованных высших учебных заведений различных форм собственности получают диплом государственного образца. Молодым специалистам, получившим высшее образование за счет средств бюджета в дневной форме обучения, гарантируется трудоустройство по полученной специальности.

В 2023/2024 учебном году в Беларуси учреждения высшего образования представлены различными типами: университеты, академии (консерватории), институты.

Подготовку специалистов высшего образования обеспечивают 49 УВО, в том числе 42 государственных, 7 – частной формы собственности.

Подготовка научных и научно-педагогических кадров ведется в аспирантуре, докторантуре учреждений (организаций), реализующих образовательные программы научно-ориентированного образования.

В учреждениях высшего образования проводится комплексная работа по развитию научно-исследовательской, инновационной и предпринимательской инфраструктуры в целях создания инновационной продукции и коммерциализации результатов интеллектуальной деятельности на основе модели "Университет 3.0".

В 2012 году создана Белорусская ассоциация студенческого спорта (БАСС), учредителями которой являются все учреждения высшего образования.

3. Характеристика профессиональной деятельности инженера

Область профессиональной деятельности инженера включает:

- совокупность средств, способов и методов деятельности, направленных на создание конкурентоспособной машиностроительной продукции и совершенствование национальной технологической среды;
- обоснование, разработку, реализацию и контроль норм, правил и требований к машиностроительной продукции различного служебного назначения, технологии ее изготовления и обеспечению качества;
- разработку новых и совершенствование действующих технологических процессов изготовления продукции машиностроительных производств и средств их оснащения;

– создание новых и применение современных средств автоматизации, методов проектирования, математического, физического и компьютерного моделирования технологических процессов и машиностроительных производств;

– обеспечение высокоэффективного функционирования технологических процессов машиностроительных производств, средств их технологического оснащения, систем автоматизации, управления, контроля, диагностики и испытания продукции, маркетинговые исследования в области конструкторско-технологического обеспечения машиностроительных производств.

Объектами профессиональной деятельности инженера являются:

– машиностроительные производства, их основное и вспомогательное оборудование, комплексы, инструментальная техника, технологическая оснастка, средства проектирования, механизации, автоматизации и управления;

– производственные и технологические процессы машиностроительных производств, средства их технологического, инструментального, метрологического, диагностического, информационного и управленческого обеспечения;

– складские и транспортные системы машиностроительных производств;

– системы машиностроительных производств, обеспечивающие подготовку производства, управление им, метрологическое и техническое обслуживание, безопасность жизнедеятельности, защиту окружающей среды;

– нормативно-техническая и плановая документация, системы стандартизации и сертификации;

– средства и методы испытаний и контроля качества машиностроительной продукции.

Виды профессиональной деятельности инженерных работников:

– проектно-конструкторская;

– производственно-технологическая;

– организационно-управленческая;

– научно-исследовательская;

– сервисно-эксплуатационная;

– специальные виды деятельности.

Профессиональные задачи, которые решает (или в решении которых участвует) инженер в соответствии с видами профессиональной деятельности:

1) проектно-конструкторская деятельность:

– сбор и анализ исходных информационных данных для проектирования технологических процессов изготовления машиностроительной продукции, средств технологического оснащения, автоматизации и управления;

– формулирование целей проекта (программы), задач при заданных критериях, целевых функциях, ограничениях, построение структуры их взаимосвязей, определение приоритетов решения задач с учетом нравственных аспектов деятельности;

– разработка обобщенных вариантов решения проблем, связанных с машиностроительным производством, выбор на основе анализа оптимального варианта, прогнозирование последствий принятого решения;

– разработка проектов изделий машиностроения с учетом механических, технологических, конструкторских, эксплуатационных, эстетических, экономических и управленческих параметров;

- разработка средств технологического оснащения машиностроительных производств;
- разработка проектов модернизации действующих машиностроительных производств и создании новых;
- использование современных информационных технологий при проектировании машиностроительных изделий и производств;
- выбор средств автоматизации технологических процессов и машиностроительных производств;
- разработка (на основе действующих стандартов) технической документации (в электронном виде) для регламентного эксплуатационного обслуживания средств и систем машиностроительных производств;
- разработка документации в области машиностроительных производств, оформление законченных проектно-конструкторских работ;
- контроль соответствия разрабатываемых проектов и технической документации действующим стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам;
- технико-экономическое обоснование проектных расчетов;

2) производственно-технологическая деятельность:

- освоение на практике и совершенствование технологий, систем и средств машиностроительных производств;
- разработка и внедрение оптимальных технологий изготовления машиностроительных изделий;
- эффективное использование материалов, оборудования, инструментов, технологической оснастки, средств автоматизации, алгоритмов и программ выбора и расчетов параметров технологических процессов;
- выбор материалов, оборудования и других средств технологического оснащения и автоматизации для реализации производственных и технологических процессов;
- организация эффективного контроля качества материалов, технологических процессов, готовой машиностроительной продукции;
- использование современных информационных технологий при изготовлении машиностроительной продукции;
- организация на машиностроительных производствах рабочих мест, их технического оснащения, размещения оборудования, средств автоматизации, управления, контроля, диагностики и испытаний;
- практическое освоение современных методов организации и управления машиностроительными производствами;
- разработка программ и методик испытаний машиностроительных изделий, средств технологического оснащения, автоматизации и управления;
- контроль технологической дисциплины;
- оценка уровня брака машиностроительной продукции и анализ причин его возникновения, разработка мероприятий по предупреждению и устранению брака;
- метрологическая поверка средств измерения основных показателей качества выпускаемой продукции;
- подтверждение соответствия выпускаемой продукции требованиям регламентирующей документации;
- работы по доводке и освоению технологических процессов, средств и систем технологического оснащения, автоматизации машиностроительных производств,

управления, контроля, диагностики в ходе подготовки производства новой продукции; оценка инновационного потенциала проекта;

- разработка планов, программ, методик и других текстовых документов, входящих в состав конструкторской, технологической и эксплуатационной документации;

- работы по стандартизации и сертификации технологических процессов, средств технологического оснащения, автоматизации и управления, выпускаемой продукции машиностроительных производств;

- контроль экологической безопасности машиностроительных производств;

3) организационно-управленческая деятельность:

- организация процесса разработки и производства машиностроительных изделий, средств технологического оснащения и автоматизации производственных и технологических процессов;

- организация работы малых коллективов исполнителей, планирование работы персонала и фондов оплаты труда, принятие управленческих решений на основе экономических расчетов;

- организация выбора технологий, средств технологического оснащения, автоматизации, вычислительной техники для реализации процессов проектирования, изготовления, технологического диагностирования и программных испытаний изделий машиностроительных производств;

- разработка и практическое освоение средств и систем машиностроительных производств, подготовка планов освоения новой техники и технологий, составление заявок на проведение сертификации продукции, технологий, средств и систем машиностроительных производств;

- организация работ по обследованию и реинжинирингу бизнес-процессов машиностроительных предприятий, анализу производственных и непроизводственных затрат на обеспечение требуемого качества продукции, результатов деятельности производственных подразделений, разработка оперативных планов их работы;

- проведение организационно-плановых расчетов по созданию (реорганизации) производственных участков машиностроительных производств;

- разработка документации (графиков работ, инструкций, смет, планов, заявок на материалы, средства и системы технологического оснащения производства) и подготовка отчетности по установленным формам, а также документации, регламентирующей качество выпускаемой продукции;

- нахождение компромисса между различными требованиями (стоимости, качества, безопасности и сроков исполнения) как при краткосрочном, так и долгосрочном планировании производства;

4) научно-исследовательская деятельность:

- изучение научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта в области разработки, эксплуатации и реорганизации машиностроительных производств;

- моделирование продукции и объектов машиностроительных производств с использованием стандартных пакетов и средств автоматизированного проектирования;

- работы по диагностике состояния и динамике объектов машиностроительных производств с использованием необходимых методов и средств анализа;

- разработка алгоритмического и программного обеспечения средств и систем машиностроительных производств;
 - проведение экспериментов по заданным методикам, обработка и анализ результатов, описание выполняемых научных исследований, подготовка данных для составления научных обзоров и публикаций;
 - составление научных отчетов, внедрение результатов исследований и разработок в практику машиностроительных производств;
- 5) сервисно-эксплуатационная деятельность:
- настройка и регламентное эксплуатационное обслуживание средств и систем машиностроительных производств;
 - выбор методов и средств измерения эксплуатационных характеристик изделий машиностроительных производств, анализ полученных характеристик;
 - приемка и освоение вводимых в эксплуатацию средств и систем машиностроительных производств;
 - составление заявок на средства и системы машиностроительных производств;
- 6) специальные виды деятельности:
- организация повышения квалификации и тренинга сотрудников подразделений машиностроительных производств.

Тема 2: Технология как основа развития производства

1. Основные этапы развития машиностроительной отрасли

Машиностроительная промышленность играет важнейшую роль в развитии производительных сил. От степени её развития зависит уровень технической вооруженности всех сфер народного хозяйства. Задача машиностроения – создание новых производительных машин, их выпуск в потребных количествах и требуемого качества при наименьшей себестоимости.

Машины делают люди, которые обладают определенными знаниями и опытом. При этом одно поколение машиностроителей сменяется другим. Постоянно выпускают новые машины, в которых не только обобщают достижения настоящего времени, но и используют опыт прошлого.

Начало развития машиностроения следует искать в глубокой древности исторического развития человеческого общества. Начиная с примитивного орудия, облегчающего труд и увеличивающего его производительность, человек по мере постепенного накопления опыта совершенствовал орудия производства.

Сейчас для обработки отверстия используют сверла и сверлильные станки. В древности бамбуковую трубочку, кость попеременным движением ладоней вращали вперед и назад. Такой процесс сверления был малопродуктивным и утомительным. На помощь пришел лук. Его тетиву закручивали вокруг примитивного сверлящего инструмента. Затем «сверло» устанавливали на место будущего отверстия в изделии и прижимали к нему. При перемещении лука от себя и к себе «сверло» начинало вращаться то в одну, то в другую сторону. На основе этого принципа еще в эпоху неолита были изобретены стационарные сверлильные

установки. По существу это были станки с деревянной станиной, рычажным нагрузочным устройством на инструмент и лучковым приводом (рисунок 2.1).



Рисунок 2.1 – Сверлильный станок периода неолита

Спустя несколько тысяч лет появились токарные станки с лучковым приводом вращения заготовки. Их существенным недостатком было то, что заготовка вращалась то по часовой, то против часовой стрелки. Такие станки применялись до начала XVII века.

Преимущества токарных станков с непрерывным вращением заготовки были настолько очевидны, что к концу XVII – началу следующего века были созданы такие станки. Токарный станок имел вначале деревянную, а к середине XVII века металлическую станину, кривошипный ножной привод, маховик – шкив с ременной передачей, центра для установки заготовки и упорную планку для резца (рисунок 2.2). В некоторых случаях в качестве двигателя для привода станка могли использовать водяные колеса, ветряные мельницы и мускульную силу животных. Одним из недостатков подобных станков является то, что в процессе обработки резец держали в руках и перемещали его в направлениях в соответствии с формой обрабатываемой поверхности. Требовалось устройство, которое высвобождало руки рабочего от необходимости удерживать инструмент при обработке.

Такое устройство получило название суппорта. В России изобретателем суппорта был талантливый механик А.К.Нартов. Им был построен в 1729 г. токарно-копировальный станок с суппортом. Однако прошло еще немало лет до тех пор, пока в 1794 г. английский механик Генри Модсли сконструировал работоспособный токарный станок на станине из чугуна с самоходным суппортом. С появлением суппорта инструмент стал частью станка, превратился из орудия ручного труда в орудие механизированного. Его зажимали в суппорте, который воспроизводил рабочие движения, ранее выполнявшиеся вручную (рисунок 2.3, б).

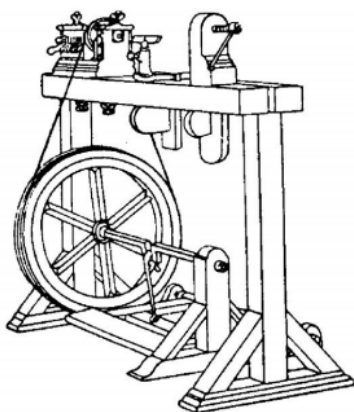


Рисунок 2.2 – Токарный станок с кривошипным приводом и маховиком

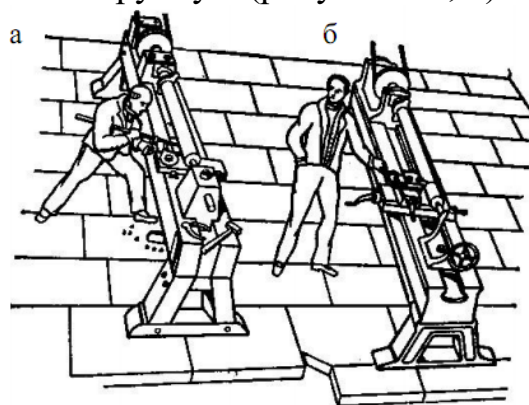


Рисунок 2.3 – Работа на токарном станке без суппорта и с суппортом.

Внедрение станков и машинных инструментов позволило вывести мощность орудий труда далеко за пределы физических возможностей человека. Если ранее рабочий-ремесленник держал инструмент в руках и не мог в силу физических особенностей развивать большие усилия, то применение машин сняло эти ограничения.

Рабочими машинами являются не только металлорежущие станки, но и ткацкий станок, швейная машина, кузнечно-прессовое оборудование, прокатные станы и прочее.

Однако металлорежущие станки занимают среди них особое место, т.к. с помощью станков создают другие машины, включая и сами станки.

Под влиянием расширяющихся потребностей производства различных деталей машин непрерывно изменяют и совершенствуют металлорежущие станки.

Станки с приводом за счет мускульной энергии человека не позволяли изменять частоту вращения обрабатываемой заготовки. Изобретение паровой машины привело к возможности применения в станке такого механизма, как коробка скоростей, представляющая собой многоступенчатый шкив, установленный на шпинделе станка. При этом использовали групповой привод от паровой машины через трансмиссионный вал и контрприводы (рисунок 2.4). В XIX веке были сделаны важные изобретения, которые привели к созданию электрических двигателей переменного тока и их использованию в качестве привода станка. Первоначально электродвигатель лишь заменял паровую машину у трансмиссии, а принцип группового привода был сохранен (рисунок 2.5, а).

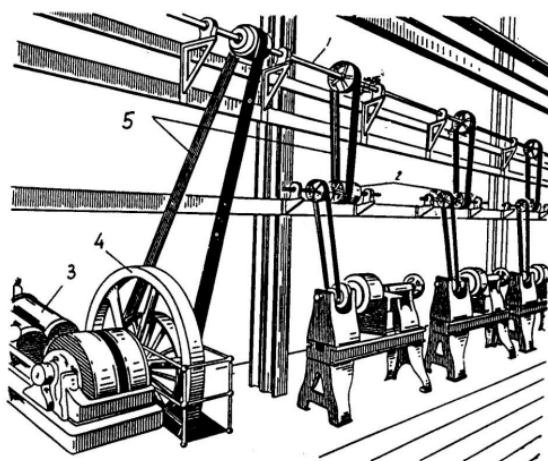


Рисунок 2.4 – Схема группового привода: 1 – трансмиссионный вал; 2 – контрприводы; 3 – паровая машина; 4 – маховик; 5 – ремень

Механическая передача от электродвигателя к станку через трансмиссию и ряд ременных передач связана с большими потерями электроэнергии. Кроме того, подобные устройства занимали много места, ремни часто соскакивали со шкивов, а в случае неполадок узлов трансмиссионного вала приходилось его останавливать для ремонта и, следовательно, останавливать все станки. По этим причинам групповой привод постепенно был вытеснен индивидуальным централизованным, при котором электродвигатель работает только на один станок (рисунок 2.5, б), а затем произошло расчленение индивидуального привода на многомоторный (рисунок 2.5, в, г, д). В подобном устройстве отдельные узлы станка имеют свой индивидуальный привод.

закрепленным на валу 6. Колеса 4 и 12 сопряжены соответственно с колесами 15 и 16, которые передают крутящий момент шпинделю через зубчатую муфту 14, соединенную с рукояткой 18. Если муфта передвинута вправо, то шпиндель получает вращение через зубчатое колесо 16, а если влево – через зубчатое колесо 15. Таким образом, коробка скоростей обеспечивает шесть ступеней частоты вращения шпинделя.

Электрические приводы с механическими передачами позволили поднять мощности станков и обеспечить рост производительности труда. Примером могут служить тяжелые токарные станки, резцы которых могут снимать стружку сечением до 120 мм^2 , что соответствует нагрузке на резец порядка 15 - 20 Н. Сечение державки такого резца доходит до 80 x 100 мм, а длина - до 800 мм. Изготавливают протяжные станки с тяговым усилием 100 Н, карусельные станки высотой с трехэтажный дом. Недостаток такого способа регулирования скорости – дискретность (ступенчатость) изменения частоты вращения или подачи.

В станках с ЧПУ привод главного движения строится на основе регулируемого привода – двигателя постоянного тока в сочетании с двумя, а иногда и более ступенчатыми переборными группами зубчатых передач. В приводах подач станков с ЧПУ в основном используют регулируемые электроприводы.

Указанные электродвигатели приводов главного движения и подач станков с ЧПУ не только являются источниками движения, но и обеспечивают бесступенчатое регулирование скорости движения исполнительных органов.

При обработке заготовок используют режущий инструмент – та часть металлорежущего станка, которая последовательно изменяет форму обрабатываемой детали, например сверло, резец, фреза и т.д. Инструмент оказывает огромное революционизирующее значение на машиностроение.

Он не может рассматриваться как некий механический придаток к станку. Наоборот, на ряде многих примеров можно видеть, что усовершенствование инструмента, создание новых видов неизменно влечет за собой новые конструкции станков.

Изобретение таких инструментов, как червяная зуборезная фреза, зуборезный долбяк, шевр, зуборезная головка для конических колес с круговым зубом и т.п. послужило причиной появления специальных зуборезных станков. Однако это не означает, что инструмент развивается сам по себе без влияния на него со стороны станка или метода обработки. Успех обработки может быть достигнут лишь при условии, когда три фактора – станок, инструмент, технологический процесс – составляют неразрывное целое. Инструментальное производство тесно связано с развитием машиностроения и металлообработки. В странах с широко развитым машиностроением одновременно наиболее развита и инструментальная промышленность.

Прогрессивными тенденциями развития металлорежущих станков и инструментов являются разработка и использование новых инструментальных материалов, позволяющие увеличивать скорости резания и соответственно повышать производительность труда.

До начала XX в. основным инструментальным материалом была углеродистая инструментальная сталь. Инструменты, изготовленные из этого материала, работали со скоростями резания 5 – 10 м/мин. Последующее развитие инструментальных материалов привело к появлению быстрорежущей стали. Инструменты из

быстрорежущей стали позволили повысить скорости резания до 30 – 40 м/мин. Подобное повышение скорости резания не могло не отразиться на конструкции металлорежущих станков, которые стали более жесткими и массивными.

Дальнейшее влияние на прогресс машиностроения оказало применение в качестве материала режущих инструментов твердых сплавов. Твердые сплавы для резания металлов впервые демонстрировались на Лейпцигской промышленной выставке в 1927 г. В первый период распространения твердые сплавы успешно применялись при обработке чугуна. При обработке стали твердые сплавы особенно широко начали применять в годы Великой Отечественной войны и послевоенный период, что позволило повысить скорости резания в 6 – 10 раз по сравнению со скоростями инструментов из быстрорежущей стали.

Применение твердосплавных инструментов и повышение скоростей резания резко сократили время, затрачиваемое на осуществление непосредственно процесса обработки. В этих условиях время вспомогательных процессов (установка и закрепление заготовки, снятие детали, управление станком) стало оказывать большое влияние на производительность труда. Например, на одном из заводов при токарной обработке детали быстрорежущими резцами машинное время равнялось 9,6 мин, а вспомогательное – 5 мин. Внедрение скоростного резания позволило повысить скорость резания в 10 раз и сократить машинное время до 1 мин. В результате, в течение 8 часов токарь должен был сам физически трудиться 400 мин, а станок – только 80 мин, т.е. простое повышение скорости резания путем внедрения твердосплавных инструментов превращает работу на станке почти в сплошной ручной труд. Необходимость резкого увеличения производительности труда заставляет обратить внимание на возможности сокращения вспомогательного времени (на закрепление и съем детали, пуск станка, его подналадку и т.п.).

Наиболее эффективным средством, обеспечивающим сокращение вспомогательного времени, является автоматизация производства, где все функции станочника заменяют техническими средствами, созданными на основе достижений науки. Переход к автоматизации стал возможным в результате разработки и освоения производства автоматов и полуавтоматов, поточных и автоматических линий.

Режущие инструменты работают в сложных условиях: высоких контактных напряжениях и температуре, активных физико-химических процессах. Это приводит к интенсивному изнашиванию контактных площадок режущей части инструмента и быстрой потере им работоспособности.

Работоспособность инструмента может быть повышена за счет изменения поверхностных свойств его контактных площадок. Изменение поверхностного слоя достигается за счет диффузии различных элементов из внешней среды на поверхность режущей части инструмента.

В настоящее время одним из эффективных методов повышения стойкости металлорежущего инструмента является нанесение тонких (3...10 мкм) износостойких покрытий: карбида вольфрама (WC), карбида титана (TiC), нитрида титана (TiN), окиси алюминия (Al_2O_3) и др. Применение покрытий повышает стойкость инструмента в 1,4...5 раз.

2. Этапы жизненного цикла продукции

Любая машина создается для удовлетворения определенной потребности человека, которая находит отражение в служебном назначении машины.

Жизненный цикл изделия составляют следующие этапы: определение потребности в изделии, планирование производства, проектирование и конструирование, изготовление, испытание и сертификация, сбыт, эксплуатация, техническое обслуживание и ремонт, утилизация.

Определение потребности в изделии

Потребность в изделии определяется жизненной необходимостью и все возрастающими потребностями государства и общества в материальных средствах производства и предметах потребления (товаров). Уровень спроса на рынке является основным показателем потребности в изделии. Предприятия изготовители (производители различных товаров) и предприятия торговли осуществляют маркетинг, представляющий собой систему мероприятий, целью которых является изучение рынка и активного воздействия на потребительский спрос для расширения сбыта товаров.

Планирование производства

Проектирование и конструирование

Прежде чем приступить к созданию какого-либо изделия, необходимо выявить и четко сформулировать его служебное назначение.

Служебное назначение изделия (машины) – это совокупность потребительских свойств и технических требований, то есть максимально уточненная и четко сформулированная задача, для решения которой предназначена машина.

Для конструктора формулировка служебного назначения машины является исходным документом, который впоследствии он прилагает к чертежам машины.

Системой разработки и постановки продукции на производство предусмотрено три этапа разработки изделия.

Тематическая карточка или заявка на разработку и освоение изделия, в которой указываются потребительские свойства. По этой карточке определяется разработчик изделия.

Технические требования на изделие, в которых выставляются требования по всем показателям будущего изделия (производительность, точность, надежность, условия эксплуатации, долговечность, эстетика и другие), которые необходимо (или желательно) иметь у изделия.

Техническое задание на изделие, где указываются требования, которые можно достичь на данном уровне развития науки и техники (на данном предприятии).

Техническое задание является исходным документом для разработки изделия. Оно не должно ограничивать инициативу разработчика при решении поставленной задачи.

Разработка машины разбивается на стадии.

Начальная стадия – это стадия проектирования, на которой вырабатываются и принимаются принципиальные технические решения, подкрепленные соответствующими расчетами. Как правило, на начальной стадии рассматривается несколько альтернативных вариантов технических решений, каждый из которых должен удовлетворять требованиям технического задания. Затем проводится сравнительный анализ этих решений по некоторым заранее выбранным критериям.

Если в проект машины закладываются принципиально новые, на уровне изобретений, технические решения узлов, агрегатов или деталей, то по мере возможности проводят экспериментальную проверку этих решений. Изготовление испытываемых объектов для оперативности ведут по эскизам. Параллельно создают стенды для соответствующих испытаний, используют существующие стенды или приспособливают имеющиеся машины, в которые помещают экспериментальные узлы, агрегаты, детали.

По результатам испытаний (зачастую сравнительных испытаний с прототипом) дается заключение о целесообразности использования в создаваемой машине этих технических новинок.

В случае положительного результата экспериментов и соответствия машины (изделия) требованиям технического задания данный проект утверждается заказчиком. В противном случае процесс проектирования повторяется с использованием других технических решений до момента удовлетворения всех требований технического задания.

Если в ходе проектирования выясняется, что на данный момент развития науки и техники требования технического задания выполнить невозможно, то исполнитель сообщает заказчику о необходимости корректировки технического задания.

После утверждения проекта начинается стадия конструирования. На этой стадии идет детализация технических решений, уточняются расчеты, проводится привязка конструкции к конкретному производству, его техническим возможностям, уточняются марки выбранных материалов, разрабатываются планы обеспечения качества и надежности машины, включая необходимые испытания материалов, готовых деталей или всей машины.

Разработав конструкцию и сделав необходимые расчеты, конструктор в ее описании дает формулировку служебного назначения машины и ее сборочных единиц, обоснованно назначает технические требования и нормы точности, вытекающие из служебного назначения, указывает методы достижения требуемой точности в соответствии с планируемой программой выпуска машины, обеспечивающие более экономичное ее изготовление.

Процессы конструирования протекают, как правило, параллельно и завершаются выпуском комплекта конструкторской документации в соответствии с требованиями Единой системы конструкторской документации (ЕСКД).

Изготовление

От технолога, приступающего к разработке технологии изготовления машины и являющегося лицом, ответственным за сдачу готовой машины, помимо изучения, требуется критическая оценка формулировки служебного назначения машины.

Этап изготовления машины делится на стадии технологической подготовки и собственно изготовления.

Стадия технологической подготовки включает: проектирование технологических процессов изготовления деталей и сборки изделия; проектирование и изготовление технологической оснастки, приспособлений, приобретение при необходимости инструмента, оборудования, расходных материалов и т.д.

В случае массового или серийного производства машины стадию изготовления разделяют на периоды:

– период освоения выпуска продукции, в котором окончательно дорабатывается конструкция машины, отрабатывается технология изготовления, дорабатывается и

совершенствуется оснастка, вырабатываются навыки выполнения рабочими отдельных операций, минимизируются производственные издержки, утрясаются организационные вопросы.

период серийного (массового) изготовления.

При единичном производстве машин четких границ между этапами конструирования и изготовления нет. Обычно доводка конструкции машины осуществляется в процессе ее изготовления и испытаний отдельных узлов.

Изготовление заканчивается реализацией изделия в металле.

Испытание и сертификация

На разных стадиях создание машины сопровождается целая серия испытаний:

- предварительные (зачастую сравнительные) на стадии проектирования;
- доводочные на стадии изготовления;
- приемо-сдаточные испытания готового изделия;
- сертификационные;
- другие.

Сбыт

Сбыт (реализацию) готовой продукции могут осуществлять как предприятия-изготовители, так и различного рода организации снабжения и торговли, в том числе и частные лица. Для эффективного сбыта массовой продукции создаются разветвленные торговые сети.

Особенностью сбыта продукции в настоящее время является комплекс мероприятий, выполняемый на договорной основе между продавцом и покупателем и включающий в себя не только продажу оборудования, но и его доставку, пуск, наладку, гарантийное и техническое обслуживание, поставку расходных материалов, обучение обслуживающего персонала и другое.

Эксплуатация

Эффективная эксплуатация изделия может осуществляться только по его прямому назначению, специально подготовленным персоналом, при условии обязательного выполнения всех правил и инструкций предприятия-изготовителя.

В настоящее время крупные фирмы, изготовители дорогостоящего оборудования, организуют и проводят подготовку и переподготовку рабочих, призванных эксплуатировать это оборудование на своих предприятиях.

Техническое обслуживание и ремонт

Грамотное техническое обслуживание изделия в процессе его эксплуатации и своевременный качественный ремонт, позволяют сохранить высокие технические характеристики машины на весь срок ее работы.

Система технического обслуживания и ремонта состоит из комплекса мероприятий, проводимых предприятием-изготовителем, сервисными организациями и предприятиями или лицами, эксплуатирующими изделие.

Эта система включает в себя различные виды работ: ежедневные и периодические технические осмотры и тестирования оборудования, плановое техническое обслуживание различной сложности, разного вида ремонты (малый, средний, капитальный), проводимые по плану или по необходимости (при обнаружении неисправностей).

Обычно изготовитель представляет гарантийное обслуживание изделия в течение определенного срока. В этот период неполадки изделия, выявленные в процессе эксплуатации, бесплатно устраняются или непосредственно на предприятии-

изготовителе, или в специализированных сервисных центрах (гарантийных мастерских). Дальнейшее обслуживание и ремонт изделий осуществляются ими на договорных условиях.

Утилизация

В последние годы все большее внимание уделяется вопросам защиты окружающей среды от вредных воздействий промышленного производства и здесь весьма важное место занимает утилизация не только промышленных отходов, но и отслуживших свой срок изделий.

Эффективная утилизация изделий промышленности с минимальными затратами труда и материальных средств, а также при полной экологической безопасности должна предусматриваться еще на стадии проектирования изделия. Для этого изделие должно легко разбираться на отдельные детали, идущие в переработку (например, в переплавку). Использование при изготовлении изделия или в процессе его эксплуатации вредных и опасных веществ необходимо свести к минимуму, а утилизацию этих веществ следует проводить особо, под строгим контролем компетентных органов.

3. Информационные технологии в машиностроении.

Сокращение затрат как материальных, так и временных на этапах инженерного анализа и проектирования, а также производства продукции невозможно без широкого использования различных автоматизированных систем (АС), основанных на применении компьютеров и современных пакетов прикладных программ.

Основные типы АС, использующихся на этих двух этапах ЖЦИ, приведены на рисунке 2.7.

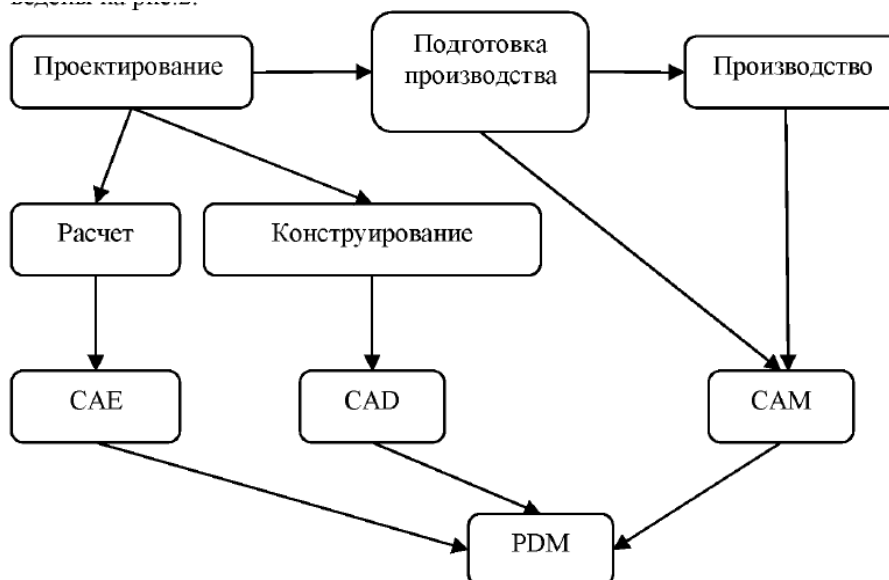


Рисунок 2.7 – Информационная поддержка жизненного цикла изделий

Автоматизация проектирования осуществляется САПР. Принято выделять в САПР машиностроительных отраслей промышленности следующие системы:

- функциональное проектирование, т.е. расчёт и инженерный анализ – CAE;
- конструкторское проектирование – CAD;
- технологическое проектирование, т.е. проектирование технологических процессов – CAM.

Функции координации работы CAE/CAD/CAM систем, управления проектными данными и проектирования возложены на систему PDM – управления проектными данными.

Компьютерная поддержка этапов ЖЦИ получила своё оформление в методологии и стандартах ИПИ/CALS. Методология CALS предложена в департаменте обороны США в середине 80-х годов. Современная трактовка этого термина отражается в его расшифровке «Поддержка непрерывных поставок и жизненного цикла» или «Бизнес в высоком темпе». В русском языке, наряду с термином CALS, используется равнозначный термин ИПИ – Информационная Поддержка процессов жизненного цикла изделий.

Сущность ИПИ/CALS-концепции состоит не только в том, чтобы проследить формирование и обеспечить удовлетворение возникшей потребности общества до её морального старения, но и в том, чтобы развивалась и совершенствовалась система создания продукции, удовлетворяющей непрерывно развивающиеся потребности в новой продукции.

CALS-технология это стратегия проектирования больших технических систем, которая позволяет успешно сохранять и развивать системы создания и производства продукции. Впервые как целостную систему её использовали при проектировании сложных систем новейших вооружений – аэрокосмической техники, ВМФ, тяжёлой и сложной техники сухопутных войск, в странах с высокоразвитой промышленностью.

Накопленный в этих областях опыт постепенно конвертируется в создание продукции машиностроения мирного назначения. Применение CALS-технологии позволяет существенно сократить объём проектных работ, т.к. описание многих составных частей оборудования, машин и систем, проектировавшихся ранее, хранится в унифицированных форматах данных сетевых серверов, доступных любому пользователю технологии CALS. Существенно облегчается решение проблем ремонтпригодности, интеграции продукции в различного рода системы и среды, адаптации к меняющимся условиям эксплуатации и т.п.

Развитие CALS-технологий должно привести к появлению «виртуальных» производств, в которых процесс создания информационных модулей, достаточных для изготовления продукции, может быть распределён во времени и пространстве между многими организациями. Это позволяет упростить распространение передовых проектных решений, обеспечить возможность многократного воспроизведения частей проекта в новых разработках и т.п.

Тема 3: Основные понятия и положения

1. Определение и классификация изделий.

В технологии машиностроения как и в любой другой науке необходимо придерживаться терминологии, установленной государственными стандартами (ГОСТ). Каждому понятию установлен один стандартизованный термин, обязательный для применения во всех видах научной, технологической и учебной деятельности. Термин – слово или сочетание слов, употребляемое с оттенком специального научного значения. Правильное использование терминов является

неотъемлемой частью работы специалиста. К одному из основных терминов относится «изделие» (рисунок 3.1).

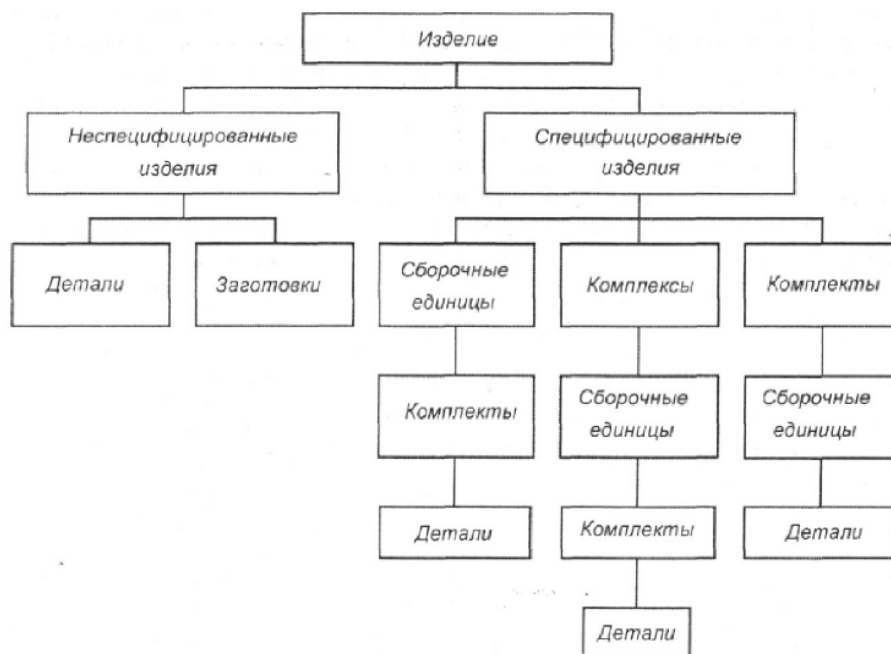


Рисунок 3.1 – Классификация изделий

Изделие – любой предмет или набор предметов производства, подлежащих изготовлению на предприятии. Различают изделия основного и вспомогательного производства. Изделия основного производства предназначены для реализации. Изделия вспомогательного производства служат исключительно для собственных нужд предприятия-изготовителя. Когда одни и те же изделия одновременно реализуют и используют для собственных нужд, то их считают изделиями основного производства. В зависимости от наличия составных частей различают специфицированные и неспецифицированные изделия.

Специфицированными называют изделия, состоящие из двух и более составных частей (сборочные единицы, комплексы и комплекты). Неспецифицированными – изделия, которые не имеют составных частей (детали и заготовки). Изделием является единица промышленной продукции, количество которой может исчисляться в штуках (экземплярах). К изделиям относятся завершенные и незавершенные предметы производства, в том числе заготовки. Для автозавода изделием является автомобиль, для завода двигателей – двигатель, для метизного завода – болт, для станкостроительного завода – станок и т. д.

Деталью называют изготовленное из однородного по наименованию и марке материала без применения сборочных операций. Следует учитывать, что деталью, например, является труба после покрытия её защитными или декоративными покрытиями или после того, как из куска однородного листового материала была изготовлена труба и место стыка сварено. Эти примеры демонстрируют исключение, в большинстве же случаев применение любых сборочных операций приводит к созданию сборочной единицы.

Сборочной единицей называют специфицированное изделие, составные части которого подлежат соединению между собой на предприятии-изготовителе сборочными операциями (станок, коробка перемены передач, сцепление и др.). Из специфицированных изделий состоят комплексы.

Комплексом называют два и более специфицированных изделия, не соединенных на предприятии-изготовителе сборочными операциями, но предназначенных для выполнения взаимосвязанных эксплуатационных функций. Примером комплекса может служить автоматическая линия или цех-автомат. В этом случае оборудование связано между собой специальными устройствами, которые передают заготовки от начала до конца их обработки. Комплектом называют два и более изделия, не соединённых на предприятии-изготовителе сборочными операциями, которые представляют собой набор изделий, имеющих общее эксплуатационное назначение вспомогательного характера. В комплект могут входить детали и сборочные единицы, например комплект измерительной аппаратуры вместе с запасными частями и упаковочным ящиком, отдельный комплект запасных частей, комплект запасных ключей, комплект оборудования для производства определённых деталей и т.д.

2. Качество изделий.

Качеством изделий называют совокупность свойств и характеристик продукции, которая придаёт изделиям способность удовлетворять обусловленные ими предполагаемые потребности.

В машиностроении качество изделия определяется надёжностью, техническим, эстетическим и экологическим уровнями (рисунок 3.2). На качество изделия влияют многие взаимосвязанные технологические процессы, например проектирование, производство, сборка, эксплуатация и др.

Надёжность определяют как свойство изделия, заключающееся в его способности сохранить свои технические параметры во времени.



Рисунок 3.2 – Составляющие качества изделия

Соблюдение технологической дисциплины является гарантией обеспечения заданного качества выпускаемых изделий, а следовательно, и их надёжности.

Надёжность закладывают при проектировании и отработке конструкции на технологичность. Она обеспечивается уровнем и стабильностью технологических

процессов механической и химико-технологической обработки, сборки, контроля и поддерживается в процессе эксплуатации.

Недостаточная надёжность изделий приносит большие материальные и моральные потери. Однако увеличение надёжности требует дополнительных затрат средств и времени.

Учитывая, что надёжность – это свойство сохранять во времени в заданных пределах значения параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в определённом режиме работы, технического обслуживания, ремонта, хранения и транспортирования - необходимо проведение экономического анализа эффективности мероприятий по увеличению надёжности на всех стадиях перехода изделия из исправного состояния в неработоспособное.

Безотказность характеризуется долей выявленных отказов в заданном интервале времени.

Долговечность – возможность сохранять работоспособность до предельного состояния при установленной системе технического обслуживания и ремонта. Чем больше наработка изделия до предельного износа (состояния), тем оно долговечнее. Показателями долговечности являются ресурс и срок службы изделия.

Ремонтопригодность – характеризуется эксплуатационной технологичностью.

Существенное влияние на эксплуатационные и производственные показатели оказывает конструкция изделия. Повышение уровня технологичности конструкции позволяет в значительной мере повысить эффективность производства. Обеспечение технологичности конструкции начинается с первых шагов разработки изделия и заканчивается прекращением его выпуска. Под технологичностью конструкции изделия понимается совокупность свойств конструкции, определяющих её приспособленность к достижению оптимальных затрат при производстве, эксплуатации, техническом обеспечении, ремонте и утилизации для заданных показателей качества, объёма выпуска и условий выполнения работ.

Повышение уровня технологичности конструкции входит в комплексную систему управления качеством продукции. Основные задачи и показатели технологичности конструкции регламентированы нормативно-техническими документами. Технолог обязан осуществлять проверку конструкторской документации, оценивать уровень технологичности на всех этапах проектирования и давать своё заключение о технологичности данного изделия. После того, как технолог принимает чертежи от конструктора, вся ответственность по технологичности конструкции ложится на него. В случае возвращения технологом документов конструктору на доработку с предложениями по изменению конструкции требуются дополнительные затраты средств и времени. Поэтому целесообразно вести эту работу с самого начала совместно, что и практикуется в настоящее время в мировой практике. Считается, что критерием качества является выполнение изделия согласно лучшему мировому стандарту.

Требования покупателя определяют качество продукции. Нельзя создать конкурентоспособные изделия, например коробки перемены передач, станки или автомобили, не зная условий конкуренции на рынке. Маркетингом занимаются практически все машиностроительные предприятия-производители. Деятельность заводов сводится не только к изучению рынка и отдельных его элементов, но и к использованию результатов изучения в обеспечении качества продукции.

Маркетинг – философия бизнеса, это не набор отдельных элементов, а цельная система. Некоторые предприятия машиностроения, ведя маркетинговые исследования, находят рынки сбыта то в одной, то в другой стране, т. е. продолжают продажи даже относительно устаревших изделий. Уровень же конкурентоспособности определяется к конкретному рынку сбыта. Если изделие безнадежно устарело, но реализация продолжается, научные и производственные силы отвлечены на его производство, то это подрывает престиж предприятия. Только изучая спрос, доход, жизненный уровень и запросы потребителя, проводя наблюдения, интервьюирование, пробные продажи своих изделий, можно достичь результата. Исследование рынка на наличие спроса на новый товар является наиболее сложной задачей, с которой сталкивается машиностроительное предприятие.

Предприятие, которое занимается сбытом своей продукции, стремится достигнуть такого качества изделий, чтобы её рекламировал сам потребитель. Многие дочерние машиностроительные предприятия только собирают узлы и агрегаты, получая детали от разных фирм. С поставщиками комплектующих деталей заключаются договора, исключающие дефектные поставки. Если в процессе поставки будет обнаружено изделие, качество которого не соответствует заданному, то производится контроль всех изделий, поступающих от этого предприятия. При этом поставщика обязывают внедрять у себя статистические методы контроля качества. При повторных поставках от этого поставщика некачественных изделий от его услуг отказываются.

Поставщик несёт ответственность за качество поставляемых изделий, поэтому сборочное предприятие не включает в технологический процесс входной контроль. При этом детали должны поставляться точно в срок, что позволяет заказчику практически не хранить эту продукцию на складах. Важным вопросом взаимодействия с поставщиками является их подготовленность к заказу, требованиям по качеству, срокам поставки и т. п.

Перспективнее начинать взаимодействовать с поставщиками на стадии проектирования нового изделия, при этом предприятия-поставщики становятся составной частью предприятия-заказчика и берут на себя функции по обеспечению качества изделий. Если поставщик постоянно совершенствует систему обеспечения качества, повышает производительность обработки и снижает её себестоимость, то ему не придётся участвовать в конкурентной борьбе поставщиков, он будет работать на долгосрочной основе, что даёт наибольший эффект в достижении высшего качества изделий. Крупное машиностроительное предприятие должно направлять своих специалистов, как для контроля уровня качества, так и для ознакомления сотрудников предприятия-поставщика с проблемами совершенствования качества.

Следует учитывать, что затраты на эти мероприятия окупаются. Повышать свой технический уровень весьма престижно, так как высокая квалификация тесно взаимосвязана с положением в обществе и материальным благополучием.

Качество изделий характеризуется обобщенными характеристиками (точностью, качеством поверхностного слоя, долговечностью, надежностью, эстетичностью и т. п.).

Повышение качества является основной задачей машиностроительного производства, но какой ценой оно будет достигнуто – является очень важным вопросом. Существует понятие оптимальное качество ($K_{\text{опт}}$), т. е. самое выгодное для изготовления в конкретных производственных условиях (рисунок 3.3).

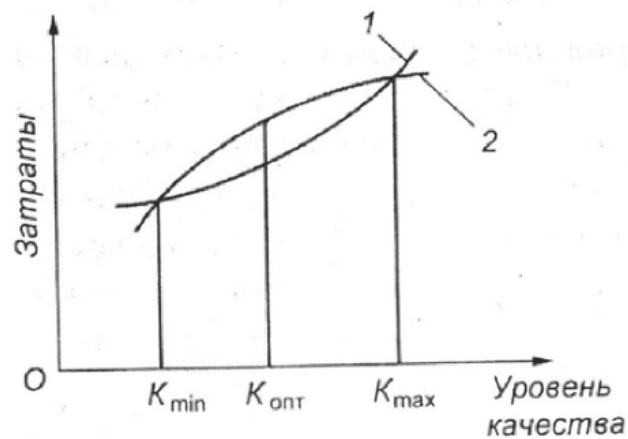


Рисунок 3.3 – Оценка оптимального качества изделия: 1 – производитель; 2 – потребитель

Производитель 1 несет определенные затраты на приобретение, эксплуатацию, ремонт оборудования, обрабатывающего и контрольного инструмента, технологической оснастки, на закупку материала, заготовок и др.

Потребитель 2 затрачивает средства на устранение брака при эксплуатации изделия, покупку запасных частей при выходе их из строя по мере износа, техническое обслуживание и т. д. Целесообразно изготовление изделия с оптимальным уровнем качества $K_{\text{опт}}$, при котором разность между кривой 1 и 2 максимальна. Если же уровень качества будет выше K_{max} или ниже K_{min} , то производство станет убыточным. Только правильно построенный технологический процесс может обеспечить высокое качество изделий при оптимальной стоимости, удовлетворяющей как изготовителя, так и потребителя. Не следует забывать, что методы и средства достижения качества изделия должны оставаться определенное время внутри предприятия как её интеллектуальная собственность.

3. Производственный и технологический процессы.

Производственным процессом называется совокупность всех действий людей и орудий производства, необходимая на данном предприятии для изготовления или ремонта изделий. Производственный процесс завода включает: подготовку средств производства и организацию обслуживания рабочих мест, получение и хранение материалов и полуфабрикатов, все стадии изготовления деталей машин, сборку, транспортировку, технический контроль на всех стадиях производства, упаковку готовой продукции и другие действия.

Технологическим процессом называется часть производственного процесса, связанная с изменением формы, размеров, качества поверхностей деталей и физико-механических свойств.

Средствами выполнения технологического процесса является технологическое оборудование, технологическая оснастка и специальные устройства.

Технологический процесс выполняется на рабочих местах. **Рабочее место** – Это часть производственной площади, предназначенная для выполнения определённой работы и оборудованная в соответствии с этой работой.

Технологический процесс состоит из технологических операций. Технологической операцией называется законченная часть технологического

процесса, выполняемая на одном рабочем месте. Так, в операцию обработки резанием включаются все действия рабочего по управлению станком, автоматические движения механизмов станка и устройств в процессе обработки заготовки до снятия со станка.

Операция принята за основную расчетную единицу при проектировании технологических линий обработки или сборки, технологическом планировании и определении стоимости обработки.

При выполнении операции заготовку обычно устанавливают и закрепляют несколько раз, т.е. выполняют с нескольких установов. Установом называется часть операции, выполняемая при неизменном закреплении обрабатываемых заготовок или собираемой сборочной единицы. Например, обработка центровых отверстий вала на его торцах выполняется с двух установов заготовки в патроне токарного станка.

Обрабатываемая заготовка или собираемая сборочная единица, закрепленные в приспособлении, могут занимать вместе с ним несколько последовательных положений относительно инструмента или неподвижной части оборудования для выполнения определенной части операции. Такое фиксированное положение называется позицией (рисунок 3.4). Например, заготовка из пруткового материала, обрабатываемая на многошпиндельном токарном автомате, каждый раз занимает новую позицию при повороте шпиндельного барабана.

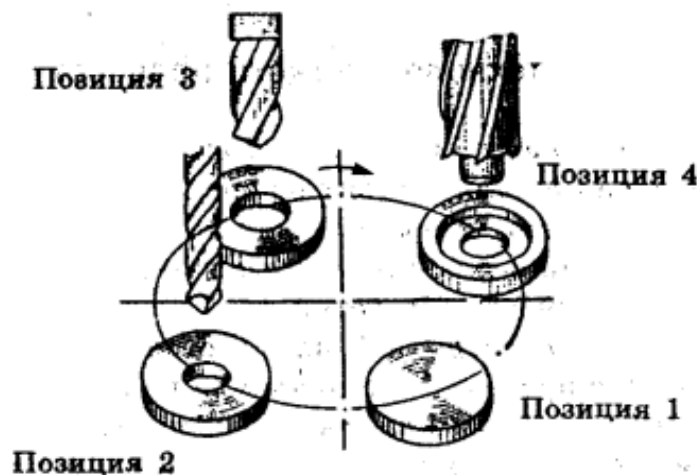


Рисунок 3.4 – Обработка детали на сверлильном станке: позиция 1 – установка заготовки; позиция 2 – сверление; позиция 3 – зенкерование; позиция 4 – развёртывание

Структурным элементом операции является технологический переход. Переходом называется законченная часть операции, характеризующаяся постоянством применяемого инструмента и поверхностей, образуемых обработкой или соединяемых при сборке. Например, точное отверстие у детали обрабатывают последовательно тремя инструментами: сверлом, зенкером и разверткой. Переход может быть выполнен за один или несколько проходов.

Вспомогательным переходом называется законченная часть операции, не сопровождаемая обработкой, но необходимая для выполнения данной операции (например, установка и снятие обработанной заготовки) или перехода и рабочего хода (замена инструмента, установка инструмента, контрольный промер).

Рабочим ходом называется законченная часть перехода, состоящая из однократного перемещения инструмента относительно заготовки и сопровождаемая изменением формы, размеров, шероховатости поверхности или свойств заготовки.

Вспомогательным ходом называется законченная часть перехода, состоящая из однократного перемещения инструмента относительно заготовки, не сопровождаемая изменением формы, размеров и шероховатости поверхности или свойств заготовки, но необходимая для выполнения рабочего хода.

Проход – это часть перехода, осуществляемая при одном рабочем перемещении инструмента в направлении подачи. За один проход снимается один слой металла.

4. Типы и организационные формы машиностроительного производства.

В машиностроении в зависимости от широты номенклатуры, регулярности, стабильности и объёма выпуска различают:

- единичное производство;
- серийное производство (мелкосерийное, среднесерийное, крупносерийное);
- массовое производство.

Единичное производство характеризуется широкой номенклатурой изготавливаемой или ремонтируемой продукции и малыми объёмами выпуска каждого изделия (1-100 шт. в год). Оно характеризуется:

- на одном рабочем месте выполняются разнообразные операции, повторяющиеся крайне редко, или вообще не повторяющиеся;
- используется универсальное оборудование, расставленное по технологическому признаку (токарный, фрезерный участки);
- специальный инструмент и приспособления не применяются;
- используются простейшие заготовки с малой точностью и большими припусками (прокат, поковка, литьё и земляные формы);
- требуемая точность при механической обработке достигается методом пробных ходов и промеров, часто применяется обработка по разметке;
- взаимозаменяемость ограничивается резьбовыми соединениями, поверхностями под подшипники;
- при сборке часто используется пригонка;
- очень высокая квалификация работающих;
- применяется сокращённая и упрощённая технологическая документация;
- опытно-статистическое нормирование.

Единичное производство характеризуется низкой производительностью труда и высокой себестоимостью изделий

Серийное производство характеризуется ограниченной номенклатурой изделий, изготавливаемых или ремонтируемых периодически повторяющимися партиями и сравнительно большим объёмом выпуска (тысячи и десятки тысяч).

Оно характеризуется:

- технологические операции, выполняемые на одном рабочем месте, периодически повторяются;
- используется универсальное, специализированное и специальное оборудование, широко применяются станки с ЧПУ. Оборудование размещают по технологическому

признаку с учётом грузопотоков в цеху или по ходу тех. Процесса в случае применения групповых или переналаживаемых автоматических линий;

- применяется стандартный режущий инструмент и переналаживаемая технологическая оснастка. Специальный инструмент и приспособления применяются при обосновании экономическим расчётом;

- применяются различные заготовки: как точные, так и невысокой точности. Выбор определяется экономическим расчётом;

- требуемая точность достигается различными методами: метод пробных ходов и промеров, метод автоматического получения размеров;

- в зависимости от серийности при сборке применяется полная, неполная, групповая взаимозаменяемость, пригонка и регулировка;

- квалификация работающих средняя: высокая у наладчиков и у тех, кто работает на универсальном оборудовании, низкая у работающих на настроенных станках;

- технологическая документация разрабатывается детально лишь для наиболее сложных и ответственных операций и деталей;

- применяются различные методы нормирования.

Серийное производство является основным в современном машиностроении. В нём выпускается 75-80% всей продукции.

Массовое производство характеризуется узкой номенклатурой и большим объёмом выпуска изделий непрерывно изготавливаемых или ремонтируемых в течение продолжительного времени.

Оно характеризуется:

- на одном рабочем месте выполняется только одна операция;

- используется специальное высокопроизводительное оборудование: агрегатные станки, одношпиндельные и многошпиндельные автоматы и полуавтоматы. При изготовлении особо сложной продукции могут применяться станки с ЧПУ. Оборудование расположено по ходу техпроцесса;

- применяются высокоточные заготовки с минимальными припусками: штамповки, высокоточные методы литья (в кокиль, по выплавляемым моделям), иногда калиброванный прокат;

- применяется высокопроизводительный специальный инструмент и приспособления;

- необходимая точность механической обработки обеспечивается методом автоматического получения размеров на настроенных станках;

- при сборке используется метод полной взаимозаменяемости. Для обеспечения высокой точности селективная (групповая) сборка;

- квалификация работающих низкая, за исключением наладчиков, гидравликов и т. д.;

- технологическая документация разрабатывается самым тщательным образом (операционное описание технологического процесса);

- нормы времени рассчитываются и проверяются экспериментально.

В соответствии с ГОСТ 14.004-83 устанавливается критерий оценки серийности по коэффициенту закрепления операций:

$$K_{3.0} = \frac{\sum O}{\sum P},$$

где $\sum O$ – сумма всех операций, выполняемых за месяц;

$\sum P$ – принятое число рабочих мест, на которых выполняются различные операции.

Для мелкосерийного производства $K_{з.о} = 20...40$; для среднесерийного производства $K_{з.о} = 10...20$; для крупносерийного производства $K_{з.о} = 1...10$; для массового производства $K_{з.о} = 1$.

Также в машиностроении большое значение имеет форма организации производства, которая бывает:

- 1) непоточная – в условиях единичного и мелкосерийного производства;
- 2) поточная – массовое и крупносерийное;
- 3) групповая – в условиях серийного производства.

При поточной форме организации производства за каждым рабочим местом закреплена только одна операция. Длительность выполнения согласована (равны между собой или кратны) с тактом выпуска, рабочие места расположены в последовательности операций. Так происходит обработка заготовок на автоматических линиях, сборка изделия на конвейере.

При групповой форме организации за каждым рабочим местом в течение года закреплено несколько операций. Длительность выполнения операций не согласована. Запуск изделий в производство осуществляется партиями. Оборудование расставляется как по ходу тех. Процесса, так и по технологическому признаку.

Исходя из технико-экономических показателей, наиболее эффективной является поточная форма организации производства, поэтому её стремятся применять и в серийном производстве.

Тема 4: Заготовки деталей машин

1. Общие требования к заготовкам

Выбор способа получения заготовок деталей является важным этапом в разработке технологического процесса изготовления деталей и оказывает большое влияние на экономическую эффективность производства. При изготовлении заготовок деталей требуется максимально снижать их трудоемкость, объем механической обработки и расход материала.

Способ получения заготовки определяется назначением и конструкцией детали, условиями её работы, материалом, техническими требованиями, программой выпуска и экономической целесообразностью.

Для изготовления автомобильных деталей применяют различные заготовки, основные требования к которым следующие:

1) форма и размеры заготовки должны приближаться к параметрам готовой детали, что способствует уменьшению расхода материала и снижению трудоемкости изготовления детали;

2) физико-механические свойства материала заготовки не должны вызывать затруднения при механической обработке (для этого производится отжиг поковок и отливок);

3) материал заготовки должен иметь свойства, которые обеспечивают требуемые эксплуатационные качества детали;

4) припуски на обработку должны быть минимальными;

5) поверхности, принимаемые за черновые базы, должны быть по возможности чистыми и гладкими.

Основным показателем, характеризующим экономичность выбранного метода изготовления заготовки, является коэффициент использования металла:

$$K_{\text{им}} = \frac{M_{\text{д}}}{M_3},$$

где $M_{\text{д}}$ – масса готовой детали;

M_3 – масса заготовки.

2. Получение заготовок литьём

Литейное производство является одним из широко распространенных в машиностроении способов получения заготовок. Методом литья можно изготовить изделия весьма сложной конфигурации, которые при помощи других способов получить трудно или невозможно. В современном машиностроении около 60% заготовок для деталей машин производят методом литья.

Литьё в земляные формы машинной формовкой по металлическим или деревянным моделям. Материалом для отливки заготовок в земляные формы служит серый, ковкий и модифицированный чугун, сталь и цветные металлы и сплавы.

Различают опочную и безопочную формовку. При опочной формовке формы для заливки жидким металлом создаются в специальной формовочной смеси с помощью моделей будущих отливок и элементов литниковой системы. На современных поточно-механизированных и автоматизированных линиях засыпка формовочной смеси в верхнюю и нижнюю опоки и её уплотнение производится параллельно. Затем производится извлечение модели из формы, установка литейных стержней, сборка формы и заливка её металлом.

Основным показателем технологических возможностей литья в земляные формы является минимальная толщина стенки заготовки, которая зависит от материала, конструктивных особенностей изделия и качества формы.

Минимальная толщина стенки в среднем соответствует: для серого чугуна – 5 мм, ковкого – 7 мм, для стали – 7 мм, для бронзы – 3 мм.

Этот способ литья не обеспечивает высокой точности размеров и формы заготовки, что требует значительного припуска на обработку резанием, но он позволяет получать детали сложной формы при относительно невысокой стоимости литых заготовок.

На рисунке 4.1 показана опочная форма с горизонтальным разъемом и заливка её металлом.

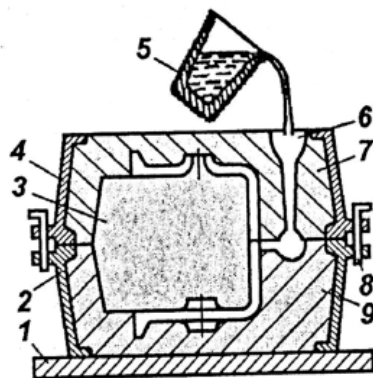


Рисунок 4.1 – Заливка металла в опочную форму: 1 – подопочная плита; 2 – нижняя опока; 3 – стержень; 4 – верхняя опока; 5 – заливочный ковш; 6 – литниковая система; 7 – верхняя полуформа; 8 – скобы для крепления опок; 9 – нижняя полуформа

Литьё в постоянные металлические формы (кокили). Кокиль представляет собой постоянную металлическую разъемную форму, сложность которой зависит от сложности и размеров детали. Конструкции кокилей приведены на рисунке 4.2. Перед заливкой металла кокиль подогревают до температуры 200–400°C, а на рабочую поверхность наносят пульверизатором разделительный слой из огнеупорных материалов (кварцевой муки, графита и др.). Способ эффективен при отливке заготовок сложной конфигурации, так как за счет уменьшения припусков сокращается механическая обработка; производительность в 2-3 раза выше по сравнению с литьем в земляные формы.

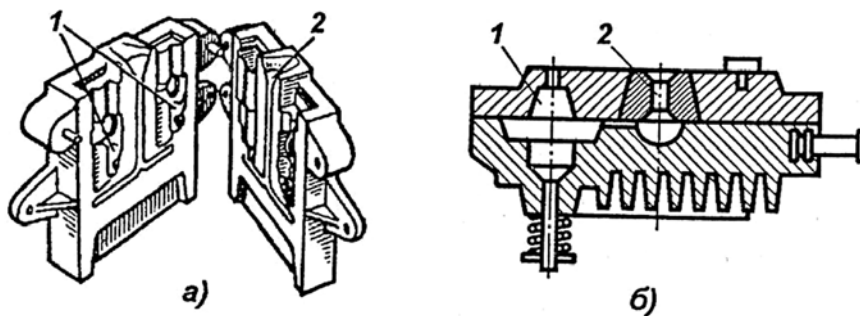


Рисунок 4.2 – Конструктивные формы кокилей: а – с вертикальным разъемом; б – с горизонтальным разъемом; 1 – форма гнезда для отливки детали; 2 – литниковая система

Литьё в кокиль чаще выполняется из цветных сплавов и реже из чугуна и стали, из-за высокой температуры их плавления, что вызывает интенсивное изнашивание кокиля.

Центробежное литьё. Заливка металла производится во вращающуюся форму (рисунок 4.3).

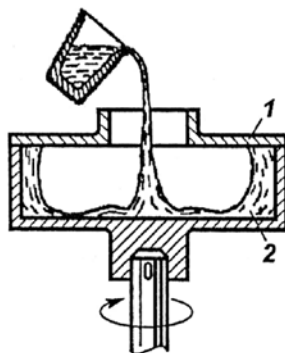


Рисунок 4.3 – Центробежное литьё: 1 – центробежная изложница; 2 – расплавленный металл

Таким способом получают заготовки деталей, имеющих форму тел вращения (гильзы цилиндров, втулки и другие аналогичные детали). Точность заготовок – 13–15 квалитеты. Отливки имеют более высокую плотность металла по наружной поверхности и более точный ее профиль. Способ позволяет снизить расход металла и уменьшить массу заготовки до 40%, вследствие чего снижаются трудоемкость и себестоимость последующей механической обработки.

Отливка заготовок под давлением. Жидкий металл подается в пресс-форму под давлением около 100 МПа.

Этапы технологического процесса отливки заготовок под давлением с холодной камерой прессования приведены на рисунок 4.4.

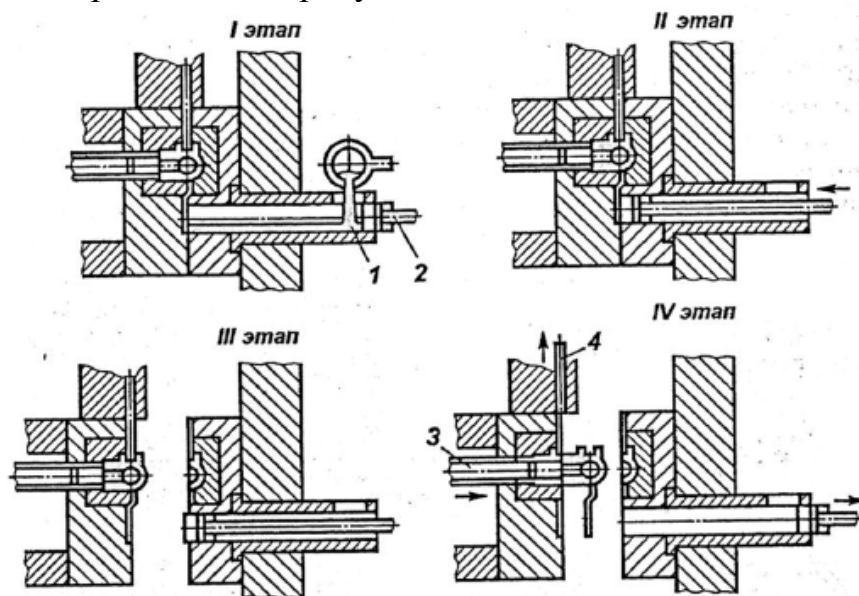


Рисунок 4.4 – Схема процесса изготовления заготовки литьем под давлением: 1 – прессовальная камера; 2 – поршень; 3 – выталкиватель; 4 – стержень

Расплавленный металл подается в прессовальную камеру 1 (этап I), где под действием поршня 2 заполняет полость металлической пресс-формы (II этап). После затвердевания металла извлекается стержень 4 (III этап) и вскрывается пресс-форма, из которой выталкивателем 3 удаляется отливка (IV этап).

Литье под давлением применяют, главным образом, для изготовления заготовок из цветных сплавов со сложными тонкими стенками (блоков цилиндров легковых автомобилей, корпусов масляных насосов и др.). Прочность деталей, полученных литьем под давлением, на 20–30 % выше, чем в земляные формы, производительность – 200–400 отливок в час. Заготовки имеют незначительные припуски, поэтому трудоемкость их обработки на 80 – 90 % меньше, чем литых. Точность – 11–12 квалитеты.

Развитием способа литья под давлением является штамповка заготовок из жидкого металла. При этом методе в 1,5 раза уменьшается расход металла, чем при литье под давлением, т.к. отсутствует литниковая система. Структура металла – плотная, мелкокристаллическая. В зарубежной практике применяется способ непрерывной отливки заготовок гильз автомобильных двигателей.

Отливка в оболочковые формы. Оболочковая форма изготавливается из песчано-смоляной смеси, состоящей из 90–95 % кварцевого песка и 5 – 10 % термореактивной

фенолоформальдегидной смолы. При помещении металлической полумодели, подогретой до температуры 150–200 °С в формовочную смесь, образуется корка толщиной 4–8 мм. Для отверждения корки модель помещают в печь при температуре 340–390 °С. Затем модель извлекают и образуются две полуформы, при соединении которых получают оболочковую форму. Форму изготавливают из двух или более частей.

На рисунок 4. приведен один из вариантов технологического процесса изготовления оболочковой формы. Нагретая до температуры 200 °С модель 1 (рисунок 4.5, а) помещается в бункер 2, в котором находится формовочная смесь 3. После поворота модельной плиты с бункером на 180 ° формовочная смесь насыпается на неё и выдерживается на нагретой модельной плите до образования оболочки толщиной 5 – 15 мм (рисунок 4.5, б). Затем плита возвращается в исходное положение (рисунок 4.5, в), после чего полученная оболочка прокаливается в печи при температуре 300 – 350 °С. Образованная таким образом твердая оболочка 4 снимается с модели специальным выталкивателем 5 (рисунок 4.5, г). Заливка металла в оболочковые формы может производиться при расположении формы как в горизонтальном, так и в вертикальном положении. В последнем случае для предохранения формы от преждевременного разрушения её помещают в опоку 6 и засыпают чугунной дробью 7 (рисунок 4.5, д). Выбивка отливок из формы производится на специальных вибрационных установках.

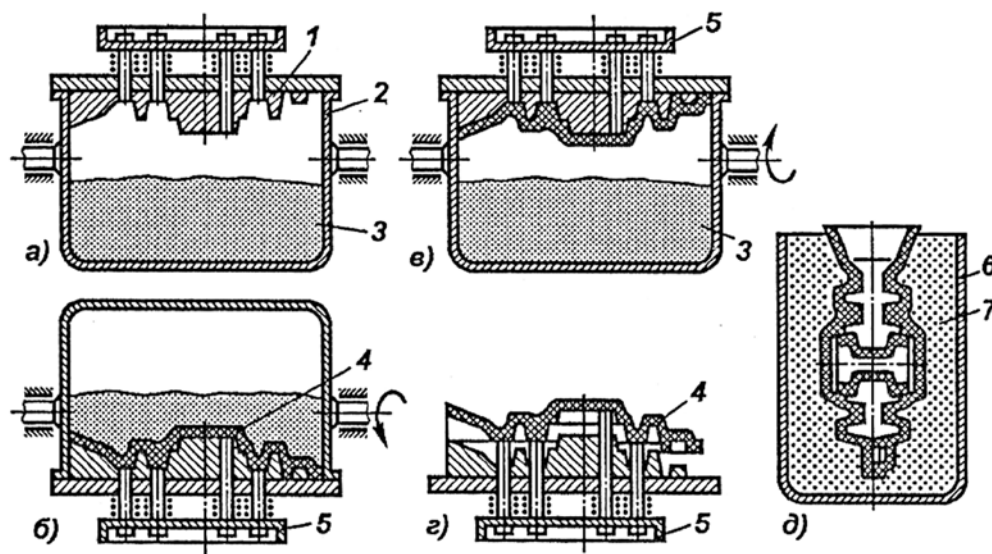


Рисунок 4.5 – Изготовление оболочковой формы: а – исходное положение модели и формовочной смеси в бункере; б - выдерживание формовочной смеси на нагретой модельной плите; в – возвращение плиты в исходное положение и прокаливание оболочковой формы; г – снятие оболочки с модели; д – заливка формы; 1 – модель; 2 – опрокидывающий бункер; 3 – формовочная смесь; 4 – твердая оболочка; 5 – выталкиватель; 6 – опока; 7 – металлическая дробь

Стоимость оболочкового литья в 2 раза выше по сравнению с литьем в земляные формы, но объем механической обработки на 30–50 % меньше, расход формовочных материалов в 10 раз ниже. Процесс литья в оболочковые формы легко автоматизируется, что значительно улучшает условия труда.

Способ применяется для отливок сложных деталей (чугунных коленчатых и распределительных валов автомобилей).

Отливка по выплавляемым моделям. Модели получают прессованием легкоплавких материалов (температура наплавления 50–70 °С) в специальную пресс-форму. После затвердевания модель извлекают, окунают в жидкую огнеупорную массу, обсыпают кварцевым песком и прокаливают в печи при температуре 850–950 °С. После чего из формы выплавляют легкоплавкую модель.

Последовательность процесса формовки при литье по выплавляемым моделям приведена на рисунке 4.6. Формовочная смесь, состоящая из воска, стеарина, специального состава РЗ, содержащего парафин, синтетический церезин, буроугольный воск, а также другие материалы, подается под давлением в пресс-форму 2 (рисунок 4.6, а). После затвердевания состава модели извлекают из пресс-формы и собирают в блоки 3 (рисунок 4.6, б). Блок моделей покрывают жаропрочным слоем 4 при многократном окунании в специальную смесь, состоящую из маршаллита и связующего состава (жидкого стекла или этилсиликата) (рисунок 4.6, в). После чего блок моделей обсыпают в несколько слоев мелким кварцевым песком 5 (рисунок 4.6, г) и просушивают на воздухе или в парах аммиака 6 (рисунок 4.6, д). Затем выплавляют состав из полученной оболочковой формы и производят формовку её в опоке путем засыпки кварцевым песком 5 (рисунок 4.6, е) с последующим прокаливанием в печи 7 при температуре 850–950 °С (рисунок 4.6, ж). Наконец, готовую форму 8 заливают жидким металлом (рисунок 4.7, з). После охлаждения формы отливки извлекают из формы, очищают и отделяют их от элементов литниковой системы.

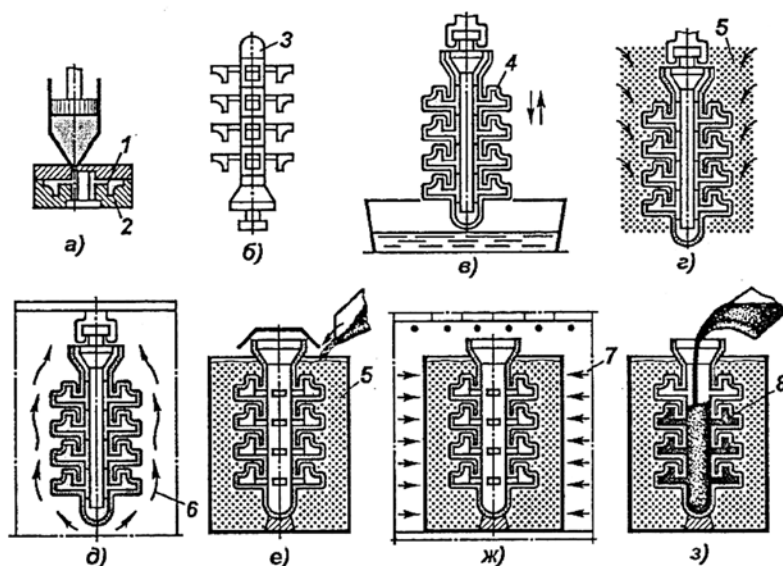


Рисунок 4.6 – Изготовление формы при литье по выплавляемым моделям: 1 – полость для получения модели; 2 – разъемная пресс-форма; 3 – блок моделей; 4 – жаропрочный слой; 5 – кварцевый песок; 6 – пары аммиака; 7 – печь для прокаливания блоков моделей; 8 – прокаленная форма

Способ позволяет получать заготовки сложной формы высокой точности (11–15 квалитет) с шероховатостью поверхности $Ra = 10 - 2,5$ мкм (шлицевые валики, зубчатые колеса, крыльчатки жидкостных насосов и др.). Способ применяется для получения заготовок из высоколегированных сталей и труднообрабатываемых сплавов. Минимально возможная толщина стенки отливки – 0,5 мм.

3. Получение заготовок пластическим деформированием

Обработка давлением основана на использовании пластичности металлов, под которой понимают способность металлов изменять свою форму без разрушения под влиянием внешних сил. Обработкой давлением можно получать заготовки с высокими прочностными свойствами. Улучшение механических свойств металлов при такой обработке позволит повысить воспринимаемость нагрузки деталями, выполненными из этих заготовок.

Основными способами обработки металлов давлением, используемыми при производстве заготовок на машиностроительном предприятии, являются (рисунок 4.7): прессование, свободная ковка, горячая объемная штамповка, листовая штамповка.

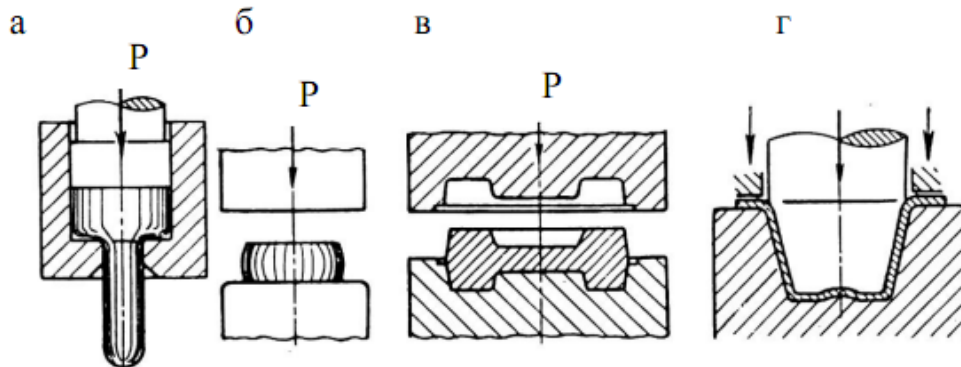


Рисунок 4.7 – Способы получения заготовок обработкой давлением: а – прессование; б – свободная ковка; в – горячая объемная штамповка; г – холодная листовая штамповка

Прессование осуществляют выдавливанием металла из замкнутого пространства, например цилиндра через отверстие; при этом металл будет принимать форму прутка с профилем, соответствующим сечению отверстия (рисунок 4.8). Прессование может происходить как в холодном, так и горячем состоянии заготовок из цветных сплавов и сталей с использованием гидравлических прессов усилием до 10000 т.

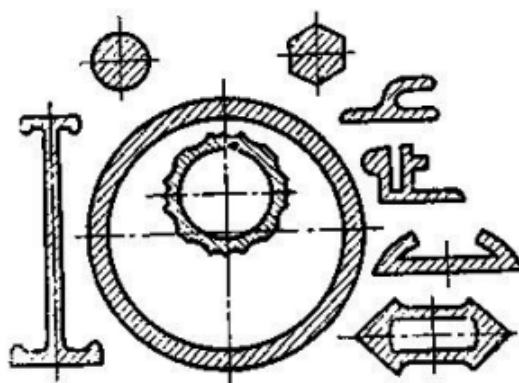


Рисунок 4.8 – Профили заготовок, производимых прессованием

Прессованные заготовки значительно превосходят по точности размеры заготовок, полученные другими методами. Кроме того прессованием можно получить сложные профили, каких нельзя изготовить другими способами.

Свободная ковка. Свободной ковкой называют процесс, при котором формообразование заготовок происходит под действием ударов бойка молота или

нажимом бойка пресса. Деформируемый металл, нагретый до ковочных температур, неограниченно течет во все стороны в пространстве между бойками, принимая форму, приближающуюся к упрощенному очертанию детали. Заготовки, полученные свободной ковкой, могут иметь вес от нескольких сот граммов до 200-300 т.

На рисунке 4.9 представлен общий вид ковочного гидравлического пресса. Гидравлический пресс – машина статического действия, обеспечивающая скорость деформирования $V_g \leq 0,3$ м/с. Усиление для деформирования металла создается рабочей жидкостью под давлением 20-30 МПа, поступающей поочередно в рабочий цилиндр 1, в который входит плунжер 2 и возвратные 4 соответственно для опускания траверсы 5 с верхним бойком и подъема рабочих частей пресса. Обрабатываемая заготовка размещается на нижнем бойке 6.

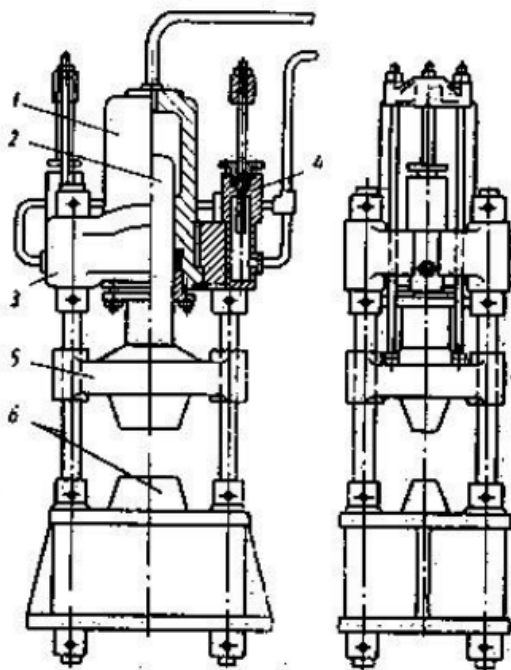


Рисунок 4.8 – Гидравлический ковочный пресс

Заготовки, полученные свободной ковкой, имеют большие припуски, требуют значительных затрат на последующую механическую обработку, и их применяют в условиях единичного и мелкосерийного производства.

Горячая объемная штамповка. Штамповка позволяет получить более точные по форме заготовки с меньшими затратами времени и средств на последующую механическую обработку по сравнению с заготовками, полученными свободной ковкой. При штамповке заготовки получают в штампах – инструментах, имеющих полости, называемые ручьями, формы которых соответствуют требуемой конфигурации. Стенки ручья штампа допускают течение деформируемого металла только в определенном направлении и до определенных размеров.

Штамп состоит из двух частей (рисунок 4.9): неподвижная 1 закрепляется на столе штамповочного пресса или молота, подвижная 2 – на ползуне. Нагретая заготовка 3 помещается в ручей неподвижной части штампа (рисунок 4.9, а) при постепенном нажатии или ударе подвижной (верхней) частью штампа, заполняет ручей (рисунок 4.9, б).

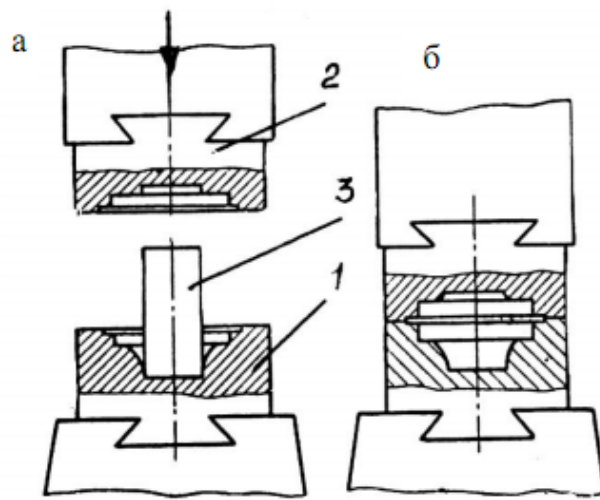


Рисунок 4.9 – Одноручевой штамп для горячей штамповки

Примеры заготовок, полученных горячей объемной штамповкой, представлены на рисунке 4.10.

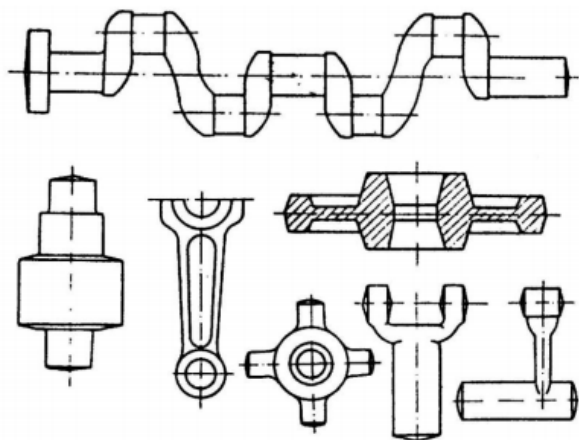


Рисунок 4.10 – Штамповки

Штамповка на горизонтально-ковочных машинах (ГКМ). Конструктивные формы заготовок, изготавливаемых на ГКМ, должны допускать разделение штампов на три части с двумя перпендикулярными плоскостями разъёма $x-x$ и $y-y$. Схема штамповки на ГКМ приведена на рисунке 4.11. Материал подается на расчетную длину, после чего подвижная часть матрицы 2 смыкается с её неподвижной частью 1. После чего пуансон 3 начинает совершать ударные движения в горизонтальной плоскости по выступающей части заготовки до заполнения матрицы металлом по всему контуру. Стойкость штампов составляет 10–20 тыс. заготовок.

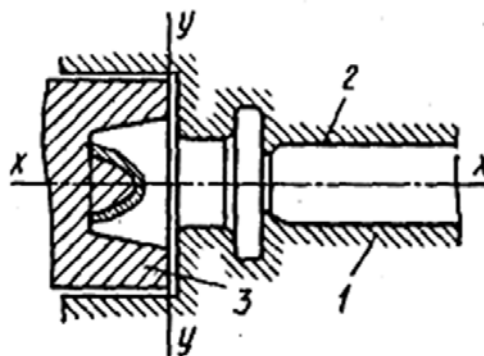


Рисунок 4.11 – Схема штамповки на ГКМ: 1 – неподвижная часть матрицы; 2 – подвижная часть матрицы; 3 – пуансон

Способ является высокопроизводительным при изготовлении заготовок, имеющих форму тел вращения. Точность заготовок – 13 – 14 квалитет.

Вальцовка на ковочных вальцах. Вальцовкой называется процесс обработки давлением, при котором деформирование заготовки происходит во вращающихся секторах – штампах, расположенных на валиках. Схема вальцовки приведена на рисунке 4.12. Валики вращаются синхронно и при замыкании образуют профиль заготовки (рис. 3.9, б). Вальцовка применяется для предварительного или окончательного обжатия заготовок из прутка или полосы (шатуны, ключи, вилки, рычаги).

Процесс вальцовки длится 4 – 5 с, поэтому после вальцовки можно выполнять последующую штамповку без дополнительного подогрева.

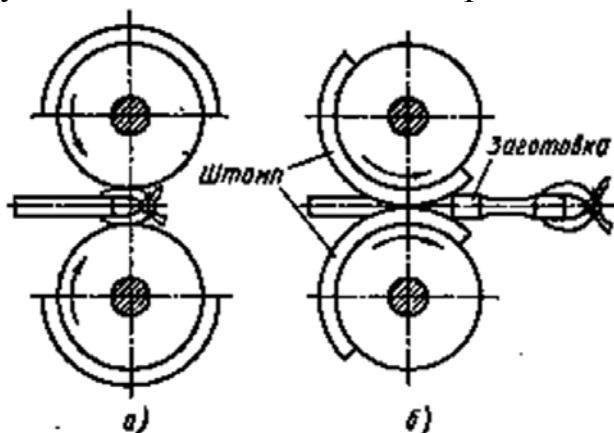


Рисунок 4.12 – Схема вальцовки на ковочных вальцах: а – исходное положение; б – вальцовка

Такое сочетание вальцовки и штамповки повышает производительность, снижает расход металла на 10–15 % и обеспечивает более благоприятное расположение волокон металла, чем при штамповке на молотах и прессах.

Холодная объемная штамповка (высадка). Применяется в основном для получения заготовок крепежных деталей и других мелких деталей (толкателей, клапанов) на специальных холодно-высадочных прессах-автоматах (производительность – 400 шт./мин).

Холодная листовая штамповка. Листовую штамповку применяют при производстве заготовок из листа, полосы, ленты. Далее из штампованных заготовок сваркой получают металлоконструкции: стрелы, ходовые и поворотные рамы экскаваторов, кузова легковых автомашин, корпуса морских судов и т.п.

Штамповку выполняют на прессах (рисунок 4.13) с установленными на них штампами. Такие прессы имеют кривошипный вал с шатуном 1. На один конец кривошипного вала устанавливают маховик 2, вращаемый от электродвигателя с помощью ременной передачи. Шатун 1 передает возвратно-поступательное движение ползуну 3 прессы. На столе 4 устанавливают штамп. Для управления прессом служит педаль 5. Быструю остановку кривошипно-шатунного механизма прессы осуществляют тормозом 6.

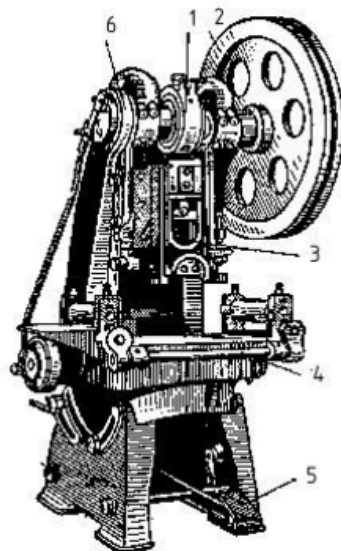


Рисунок 4.13 – Двустоечный кривошипный пресс

Основными рабочими частями штампа являются пуансон и матрица. Пуансон вдавливают в деформируемый материал и совместно с матрицей формируют конфигурацию заготовки.

Операции листовой штамповки:

- разделительные, при которых одна часть металла отделяется от листа или полосы;
- формоизменяющие, в результате которых деформируемая часть металла изменяет свои формы и размеры.

Примеры операций листовой штамповки приведены на рисунке 4.14.

Разделительные операции: отрезка – отделение части металла на листовых (рисунок 4.14, а) или дисковых (рисунок 4.14, б) ножницах; вырубка (рисунок 4.14, в) – отделение заготовки с замкнутым контуром и некоторые другие.

Формоизменяющие операции: гибка (рисунок 4.14, г) – изгиб одной или нескольких частей заготовки; вытяжка – штамповка из плоской заготовки полового изделия (рисунок 4.14, д) или из большего меньшего (рисунок 4.14, е) и т.п.

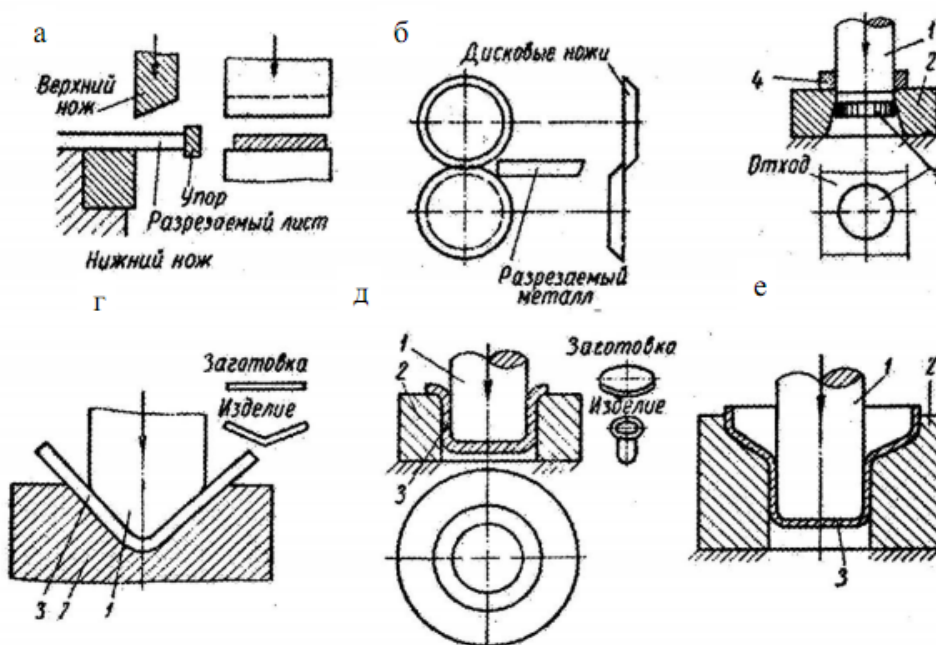


Рисунок 4.14 – Операции листовой штамповки: 1 – пуансоны; 2 – матрица; 3 – изделие; 4 – отход

4. Заготовки из проката, сварные заготовки, и из неметаллических материалов

Заготовки из круглого проката для валов в большинстве случаев более целесообразны, чем кованные или штампованные заготовки. Однако если масса заготовки из проката превышает массу штамповки более чем на 15%, лучше применять штампованные заготовки.

Изготовление заготовок из труб также является одним из рациональных способов. Несмотря на то, что тонна горячего проката стоит в среднем в 1,5 раза меньше, чем тонна труб, тем не менее, экономия металла при производстве деталей из труб по сравнению с изготовлением из круглого проката может покрыть разницу в стоимости.

Исключение может быть сделано только для деталей, которые подвергают дальнейшей неоднократной обработке (сверлению, фрезерованию и др.), и если коэффициент использования материала ниже 0,5.

Максимального подобия конструктивных форм и размеров заготовок готовым деталям можно достигнуть применением специальных профилей металла. Применение периодического проката, т. е. проката с максимальным подобием заготовки и детали, обеспечивает повышение коэффициента использования металла при штамповке в среднем на 10...15% благодаря сокращению потерь на облой, содействуя одновременно повышению производительности труда как в заготовительных, так и в механообрабатывающих цехах.

Из готового профильного проката заготовки изготовляют преимущественно в массовом производстве. Во многих случаях этот способ требует применения механической обработки или ограничивается отделочными операциями.

Сварные заготовки позволяют получать изделия такой конфигурации, которая обычно получается в результате литья или обработки резанием. В современном машиностроении часто применяют штампосварные заготовки. Замена деталей, полученных из отливок и изготовленных обработкой резанием, штампосварными значительно снижает себестоимость.

Наряду со штампосварными применяют также и сварно-литые заготовки, например при изготовлении заготовок для корпусных деталей, отличающихся большим разнообразием конструктивных форм, размеров, массы и материалов. Заготовку делят на ряд простейших частей, получаемых литьем, а затем соединяют их сваркой. Так изготовляют траверсы прессов, статоры турбин, станины станков и др. Этот вид заготовок резко снижает трудоемкость изготовления и металлоемкость изделия.

Заготовки из неметаллических материалов. К неметаллическим материалам, широко применяемым в машиностроении, относятся: пластические массы, древесина, резина, бумага, асбест, текстиль, кожа и др. Неметаллические материалы, обеспечивая необходимую прочность при небольшой массе изготавливаемых из них деталей, придают деталям необходимые свойства: химическую устойчивость (к воздействию растворителей), водо-, газо- и паронепроницаемость, высокие изоляционные свойства и др.

В зависимости от химических свойств исходных смолообразных веществ пластические массы, получаемые на их основе, делят на две основные группы: 1) термореактивные пластические массы на основе термореактивных смол,

отличающиеся тем, что при действии повышенных температур они претерпевают ряд химических изменений и превращаются в неплавкие и практически нерастворимые продукты; 2) термопластичные массы (термопласты), получаемые на основе термопластичных смол и отличающиеся тем, что при нагревании они размягчаются, сохраняя плавкость, растворимость и способность к повторному формованию.

Разнообразие физико-химических и механических свойств и простота переработки в изделия обуславливают широкое применение различных видов пластических масс в машиностроении и других отраслях народного хозяйства. Сравнительно небольшая плотность ($1000\ldots 2000 \text{ кг/м}^3$), значительная механическая прочность и высокие фрикционные свойства позволяют в ряде случаев применять пластические массы в качестве заменителей, например цветных металлов и их сплавов — бронзы, свинца, олова, баббита и т. п., а при наличии некоторых специальных свойств (например, коррозионная стойкость) пластмассы можно использовать и в качестве заменителей черных металлов.

Высокие электроизоляционные свойства способствуют применению пластических масс в электро- и радиопромышленности в качестве заменителей таких материалов, как фарфор, эбонит, шеллак, слюда, натуральный каучук и многие другие. Хорошая химическая стойкость при воздействии растворителей и некоторых окислителей, водостойкость, газо- и паронепроницаемость позволяют применять пластические массы как технически важные материалы в автотракторной, судостроительной и других отраслях промышленности.

Детали из пластических масс получают прессованием, литьем под давлением и литьем в формы. Наиболее распространенным способом получения деталей из пластических масс является способ горячего прессования при необходимом давлении и температуре. В качестве основного оборудования для прессования пластмасс обычно применяют гидравлические прессы. Однако в некоторых случаях можно применять и другие типы прессов, например фрикционные, винтовые.

Прессование производят в металлических пресс-формах, устанавливаемых на прессах. Пресс-формы являются основным видом оснастки в производстве изделий из пластических масс. Во время прессования пресс-формы находятся в очень неблагоприятных эксплуатационных условиях. Они воспринимают многократные силовые нагрузки (давление пресса достигает $20\ldots 30 \text{ МПа}$, а иногда $60\ldots 80 \text{ МПа}$), систематическое воздействие высоких температур (до 190°C) и агрессивное коррозионное воздействие выделяющихся в процессе прессования продуктов химических превращений.

Важным промышленным способом производства деталей из пластмасс является способ литья под давлением. Он во многом сходен со способом литья под давлением металлов. Сущность его заключается в следующем: в загрузочные приспособления специальных машин помещают пластическую массу, затем подают их в обогревающее устройство, где пластмасса расплавляется и под действием поршня (плунжера), передающего давление, впрыскивается в пресс-форму. Машины для литья под давлением пластмасс высокопроизводительны: до $12\ldots 16$ тыс. шт. за смену. Этим способом можно изготавливать различные детали со сложными резьбами и профилями, тонкостенные детали и т. п. Литье в формы применяют в тех случаях, когда детали изготавливают из связующего без наполнителя. Этот способ применяют также для получения различных литых деталей из термореактивных пластмасс.

Детали из слоистых пластиков широко распространены в машиностроении. Например, текстолитовые зубчатые колеса отличаются от металлических бесшумностью работы и устойчивостью против влияния различных агрессивных сред. В ряде случаев текстолитовые зубчатые колеса почти совсем вытеснили зубчатые колеса из цветных металлов. Их применяют для передачи вращения от электродвигателей в быстроходных металлообрабатывающих станках, устанавливают на распределительных валах двигателей внутреннего сгорания. В химической промышленности текстолитовые зубчатые колеса применяют в различных аппаратах и приборах, где они гораздо лучше, чем зубчатые колеса из бронзы и латуни, сопротивляются различным агрессивным воздействиям. Помимо зубчатых колес из текстолита изготавливают ролики, кольца и т. п.

5. Производство заготовок из порошковых материалов

Технология производства заготовок методами порошковой металлургии включает в себя этапы: получение металлических порошков, формообразование заготовок, их спекание и механическая обработка.

Детали, полученные из таких материалов, обладают высокой плотностью и прочностью, приближающейся к прочности и плотности деталей, изготовленных из проката или литья. Промышленность выпускает порошки железа, меди, никеля, кобальта, серебра, вольфрама, титана и других материалов.

Формообразование представляет собой процесс получения из порошка полуфабриката заготовок определенных формы и размеров, обладающих прочностью, достаточной для извлечения из пресс-форм. Формообразование, как правило, осуществляют с приложением внешних сил (давления). Наибольшее распространение получили процессы статического, гидростатического, вибропрессования. Самое широкое применение находит способ статического прессования, что связано с простотой процесса и возможностью его механизации и автоматизации.

Статическое прессование представляет собой процесс уплотнения порошковой массы, насыпанной в пресс-форму (рисунок 4.15).

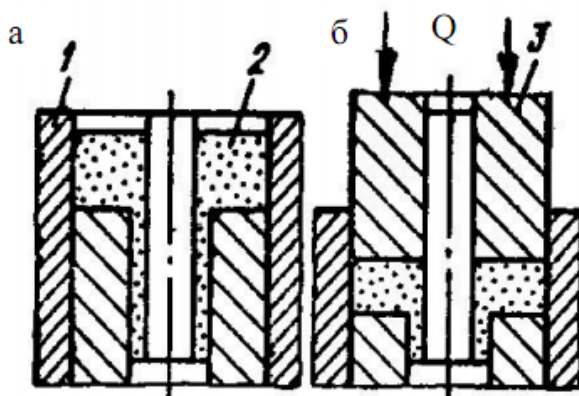


Рисунок 4.15 – Схема статического прессования: а – заполнение пресс-формы 1 порошком 2; б – уплотнение порошка пуансоном 3

Для обеспечения требуемых механических свойств после прессования заготовку спекают. Этот процесс, как правило, осуществляют в среде защитного газа или

вакууме, что предохраняет частицы порошка от окисления при нагреве. Температура при спекании заготовок на железной основе составляет 1000 – 1200 °С, а цветных металлов – 700–800 °С.

Далее заготовки, если это требуется, обрабатывают теми же методами, что и полученные литьем или обработкой давлением.

Тема 5: Припуски на механическую обработку

1. Основные понятия и определения припусков на обработку

Припуском на обработку называется слой металла, последовательно удаляемый с заготовки для получения заданной точности размеров и качества поверхности готовой детали.

В ряде случаев при обработке резанием заготовок деталей до 50% их массы удаляется в стружку. На автомобильных заводах отход металла в стружку составляет в среднем 20% для литых и 30% для кованных деталей.

Внедрение обоснованных припусков на обработку резанием сокращает отходы металла в стружку и снимает трудоемкость обработки. Уменьшение припусков на обработку достигается применением методов получения точных заготовок. Недостаточные припуски также нежелательны. Они не обеспечивают при обработке резанием удаление дефектного слоя, получения необходимой точности и качества, увеличивают вероятность брака при обработке. Следовательно, установление оптимальных припусков на обработку резанием является важной технико-экономической задачей.

Оптимальным будем называть такой припуск, который обеспечивает получение высококачественной продукции с наименьшей себестоимостью.

При проектировании технологических процессов изготовления деталей определяют промежуточные и общее припуски на обработку резанием.

Промежуточным припуском называют слой металла, удаляемый при выполнении технологического перехода обработки резанием. Он равен разности размеров, полученных после предшествующего и после выполняемого переходов.

Слой металла, удаляемый при выполнении технологической операции, называют операционным припуском. Он представляет собой сумму припусков на отдельные переходы при обработке резанием поверхности на данной операции. Общим припуском называется слой металла, удаляемый в процессе обработки резанием с рассматриваемой поверхности заготовки для получения готовой детали. Это разность размеров исходной заготовки и готовой детали.

Если обрабатываются наружные и внутренние цилиндрические поверхности вращения или одновременно противоположащие поверхности заготовки с одинаковыми припусками на каждую поверхность, то такой припуск называется симметричным. При обработке противоположащих поверхностей припуск называется асимметричным.

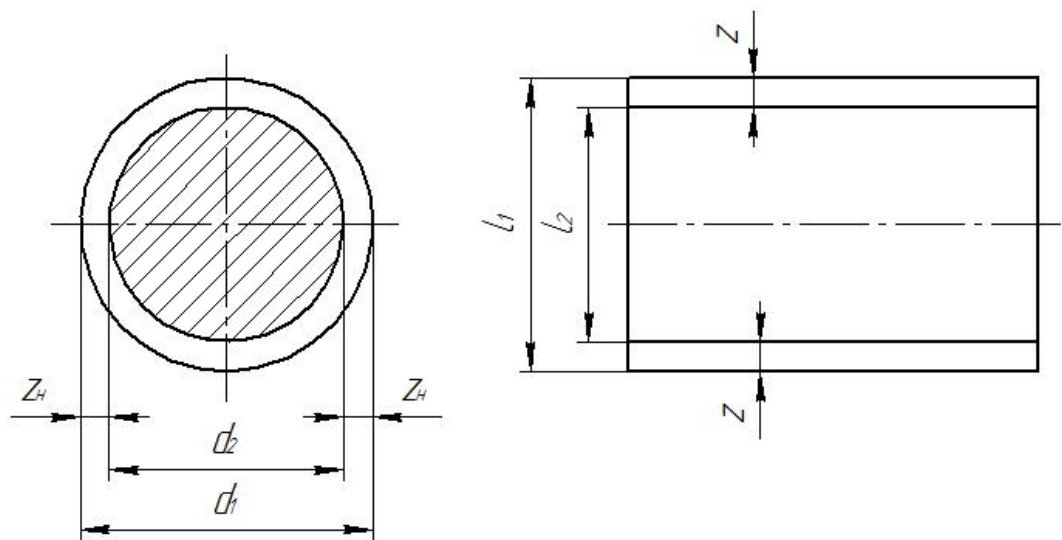


Рисунок 5.1 – Схема для определения припусков

$$z_H = (d_1 - d_2)/2 \text{ или } 2z_H = d_1 - d_2;$$

$$z = (l_1 - l_2)/2 \text{ или } 2z = l_1 - l_2.$$

Общий припуск z_0 на обработку резанием определяется суммированием промежуточных припусков для всех технологических переходов процесса от исходной заготовки до готовой детали.

$$z_0 = \sum_{i=0}^n z_i;$$

где n – число технологических переходов.

На припуск задают допуск. Весьма важным мероприятием построения технологического процесса является установление допусков на промежуточные (операционные) размеры. Малый допуск удорожает обработку резанием и может привести к браку из-за оставшегося на обработанной поверхности дефектного слоя. Большие допуски на операционные размеры усложняют наладку станка на размер, значительно изменяется глубина резания, а это приводит к большим колебаниям размеров.

2. Методы определения припусков, составляющие припусков

Припуск на обработку резанием определяется опытно-статистическим и расчетно-аналитическим методами.

Опытно-статистический метод широко используется в машиностроении. Припуск по этому устанавливается суммарно, на полную обработку резанием поверхности заготовки с использованием опытных данных припусков на обработку аналогичных деталей (по таблицам).

Расчётно-аналитический метод основан на анализе погрешностей обработки резанием, присущих каждому способу обработки и закономерностей уменьшения производственных погрешностей предшествующей обработки.

При расчётно-аналитическом методе определения припуска основным расчётным параметром является минимальный операционный припуск Z_{imin} .

Z_{imin} – слой металла, который необходимо удалить для полного устранения погрешностей обработки и дефектов поверхностного слоя, полученных на предшествующих технологических операциях, а также погрешности установки, имеющей место на данной операции.

Величину минимального припуска определяют следующие факторы:

1) Высота неровностей (шероховатости) обрабатываемой поверхности $Rz_{(i-1)}$, полученная на предшествующей операции технологического процесса. При выполнении первой операции рассматривается шероховатость исходной заготовки.

2) Глубина дефектного поверхностного слоя $h_{(i-1)}$, полученная на предшествующем переходе механической обработки.

Для стальных поковок дефектным слоем является обезуглероженная зона, для отливок – корка, иногда с частицами формовочного песка, при обработке резанием дефектный слой – зона наклепа и перенаклепа, образующаяся на обрабатываемой поверхности в результате интенсивного силового и температурного воздействия.

3) Сумма погрешностей формы и погрешностей расположения обрабатываемой поверхности относительно поверхности, используемой в качестве технологической базы при выполнении рассматриваемого перехода обработки $\rho_{см(i-1)}$.

4) Погрешность установки ϵ_i при выполнении данного перехода (операции). Данная погрешность приводит к отклонению от требуемого положения технологической базы, а следовательно и обрабатываемой поверхности заготовки.

Следует отметить, что при расчете припусков не учитывается такая составляющая погрешности установки как погрешность схемы базирования (она влияет на положение измерительной базы выдерживаемого размера относительно его измерительной базы, а не на положение обрабатываемой поверхности заготовки относительно настроенного на размер инструмента).

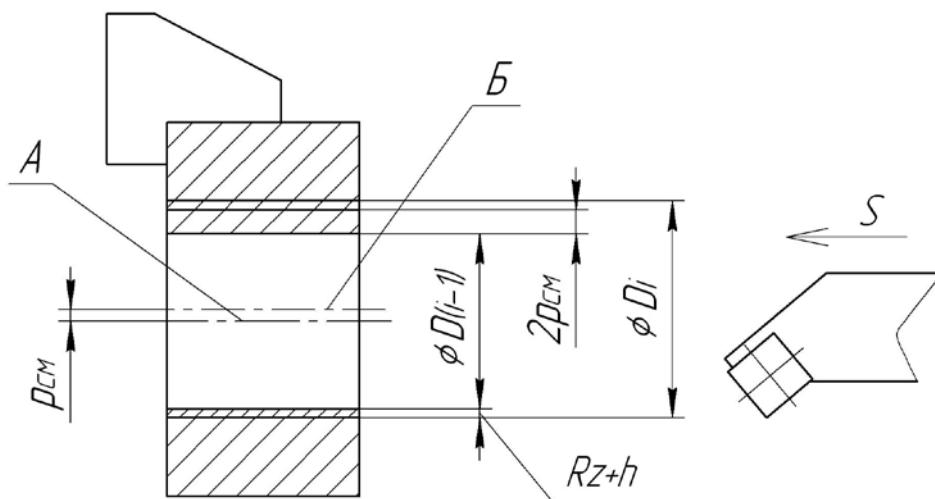


Рисунок 5.2 – Влияние погрешности $\rho_{см}$ на величину минимального припуска

Все вышеперечисленные составляющие минимального припуска кроме погрешности установки относятся к предыдущему переходу (или операции) обработки рассматриваемой поверхности, поэтому имеют индекс $(i-1)$.

В качестве примера рассмотрим влияние на величину минимального припуска погрешности расположения обрабатываемой поверхности относительно поверхности, используемой в качестве технологической базы. Выполняется растачивание центрального отверстия заготовки, при ее установке в самоцентрирующий патрон.

В соответствии с рисунком, при обработке отверстия из-за смещения оси отверстия в заготовке (А) относительно оси наружной цилиндрической поверхности, используемой в качестве базы (Б), возникает необходимость в удалении с обрабатываемой поверхности не только шероховатости и дефектного слоя, но и качественного металла, с целью компенсации смещения ρ_{cm} .

Для определения величины минимального припуска используют следующие формулы:

Припуск на сторону при односторонней обработке поверхности (фрезерование, шлифование плоскостей, точение или шлифование торцевых поверхностей у деталей вращения).

$$Z_{imin} = R_{z(i-1)} + h_{(i-1)} + \varepsilon_i + \rho_{(i-1)} ,$$

Припуск на диаметр (двухсторонний припуск) при обработке наружных и внутренних поверхностей вращения (точение, растачивание, рассверливание, зенкерование, шлифование).

$$2Z_{imin} = 2(R_{z(i-1)} + h_{(i-1)} + \sqrt{\varepsilon_i^2 + \rho_{(i-1)}^2}) ,$$

В зависимости от конкретных условий выполнения операции те или иные составляющие расчетных формул могут отсутствовать:

- 1) При обработке в центрах погрешность установки отсутствует $\varepsilon_i = 0$.
- 2) Лезвийная или абразивная обработка после термической или химико-термической обработки заготовок из стали (после закалки, цементации и закалки, нитроцементации и тому подобное) $h_{(i-1)} = 0$, поскольку дефектные поверхностные слои заготовки претерпевают перекристаллизацию и становятся качественным металлом.
- 3) Обработка самоустанавливающимся инструментом (развертывание, протягивание), в этом случае смещение и увод оси обрабатываемого отверстия не устраняются $\rho_{cm(i-1)} = 0$, погрешность установки также отсутствует $\varepsilon_i = 0$.
- 4) При полировании и суперфинишировании, когда в процессе обработки происходит изменение лишь шероховатости обрабатываемой поверхности, при расчете минимального припуска учитывает лишь шероховатость $Rz_{(i-1)}$.

Тема 6: Нормирование точности в машиностроении

1. Поверхности, размеры, отклонения и допуски

Поверхности деталей бывают цилиндрические, плоские, конические, эвольвентные, сложные (шлицевые, винтовые) и др. Кроме того поверхности бывают сопрягаемые и несопрягаемые. Сопрягаемые – это поверхности, по которым детали соединяются в сборочные единицы, а сборочные единицы в механизмы.

Несопрягаемые или свободные – это конструктивно необходимые поверхности, не предназначенные для соединения с поверхностями других деталей.

Внутренние цилиндрические поверхности, а также внутренние поверхности с параллельными плоскостями (отверстия в ступицах, шпоночные пазы и пр.) являются охватывающими. Их условно называют отверстиями. Диаметр отверстий обозначают D . Наружные поверхности являются охватываемыми. Их условно называют валами и обозначают d .

Размеры выражают числовые значения линейных величин (диаметров, длин и т.д.) и делятся на номинальные, действительные и предельные. В машино- и приборостроении все размеры в технической документации задают и указывают в миллиметрах.

Номинальный размер (обозначают D) – размер относительно которого определяют предельные размеры и отсчитывают отклонения. Номинальные размеры являются основными размерами деталей или их соединений. Их назначают в результате расчётов деталей на прочность, жёсткость, износостойкость и по другим критериям работоспособности, или исходя из конструктивных, технологических и эксплуатационных соображений. Сопрягаемые поверхности имеют общий номинальный размер. Значения номинальных размеров округляют обычно в большую сторону.

Действительный размер (D_r, d_r) – размер, установленный измерением с допустимой погрешностью. Погрешность измерения, а следовательно, и выбор измерительных средств необходимо согласовывать с точностью, которая требуется для данного размера.

Предельные размеры – два предельно допустимых размера, между которыми должен находиться или которым может быть равен действительный размер. Больший из двух предельных размеров называют наибольшим предельным размером (D_{max}, d_{max}), а меньший – наименьшим предельным размером (D_{min}, d_{min}). Предельные размеры позволяют оценивать точность обработки деталей.

Отклонением называют алгебраическую разность между размером (действительным, предельным) и соответствующим номинальным размером. Отклонения отверстий обозначают E , валов e .

Действительное отклонение (E_r, e_r) равно алгебраической разности действительного и номинального размеров.

$$E_r = D_r - D,$$

$$e_r = d_r - d.$$

Предельное отклонение равно алгебраической разности предельного и номинального размеров. Различают верхнее, нижнее и среднее отклонения.

Верхнее отклонение (E_s, e_s) равно алгебраической разности наибольшего предельного и номинального размеров

$$E_s = D_{max} - D,$$

$$e_s = d_{max} - d.$$

Нижнее отклонение (E_i, e_i) равно алгебраической разности наименьшего предельного и номинального размеров

$$E_i = D_{min} - D,$$

$$e_i = d_{min} - d.$$

Среднее отклонение (E_m, e_m) равно полусумме верхнего и нижнего отклонений

$$E_m = 0,5(ES + EI),$$

$$e_m = 0,5(es + ei).$$

Отклонения являются алгебраическими величинами и могут быть положительными, если предельный или действительный размер больше номинального; отрицательными, если предельный или действительный размер меньше номинального, и равными нулю – при равенстве указанных размеров.

Значения верхних и нижних предельных отклонений на чертежах и в других технических документах проставляют в миллиметрах и с их знаками непосредственно после номинального размера. Если отклонения имеют разные абсолютные значения, то их помещают одно над другим (верхнее над нижним) и пишут меньшими цифрами, чем те, которые приняты для номинальных размеров. Например $\varnothing 20^{+0,015}_{+0,002}$.

Если отклонения имеют одинаковые абсолютные значения, но разные знаки, то указывают только одно отклонение со знаком $\pm$, например $\varnothing 40 \pm 0,008$.

Предельные отклонения, как и предельные размеры, характеризуют точность действительных размеров и погрешности обработки деталей.

Разброс действительных размеров неизбежен, но при этом не должна нарушаться работоспособность деталей и их соединений, т.е. действительные размеры годных деталей должны находиться в допустимых пределах, которые в каждом конкретном случае определяются предельными размерами или предельными отклонениями. Отсюда и происходит такое понятие как допуск размера.

Допуск (T – общее обозначение, TD – отверстия, Td – вала) равен разности наибольшего и наименьшего предельных размеров.

$$TD = D_{\max} - D_{\min},$$

$$Td = d_{\max} - d_{\min}.$$

или абсолютной величине алгебраической разности верхнего и нижнего отклонений

$$TD = ES - EI,$$

$$Td = es - ei.$$

Допуск всегда является положительной величиной независимо от способа его вычисления. На чертежах допуск указывают только через предельные отклонения, например $\varnothing 20^{+0,015}_{+0,002}$.

2. Общие сведения о посадках

Соединения двух деталей могут быть подвижными или неподвижными. В первом случае между сопрягаемыми поверхностями деталей должен быть зазор, во втором – натяг.

Посадка – характер соединения деталей, определяемый величиной получающихся в нем зазоров или натягов. В зависимости от сложности

относительного перемещения сопрягаемых деталей или степени сопротивления их взаимному перемещению посадки разделяют на 3 типа: с зазором, натягом и переходные. Ту или иную посадку можно получить как за счет изменения размеров вала, так и за счет изменения размеров отверстия. Систему, в которой различные посадки достигаются путем изменения предельных отклонений валов, а предельные размеры отверстия остаются неизменными, называют системой отверстия (рисунок 6.1,а). В системе вала, наоборот, предельные размеры вала сохраняют постоянными и различные посадки обеспечивают за счет изменения размеров отверстия (рисунок 6.1,б). В машиностроении, в основном, применяют систему отверстия по экономическим соображениям.

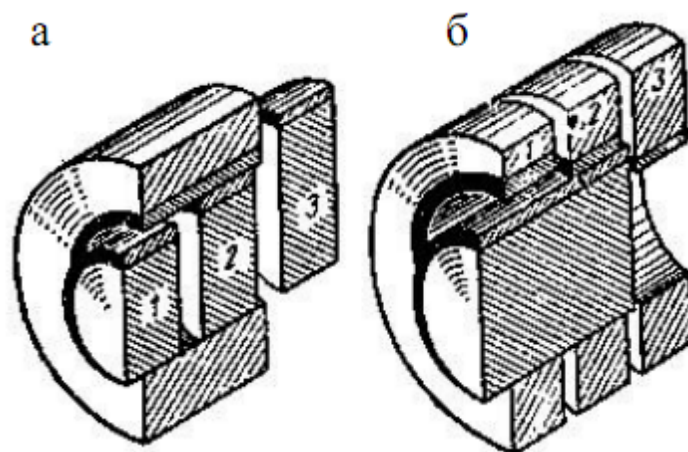


Рисунок 6.1 – Система отверстия а и система вала б

В Единой системе допусков и посадок (ЕСДП) установлено по 28 условных обозначений полей допусков для отверстия и вала. Поле допуска в ЕСДП обозначают основным отклонением и номером квалитета, например: для вала – $h6$, $g8$, $p7$, а для отверстия – $H6$, $F8$ или $JS6$.

Набор полей допусков отверстий и валов больше, чем это практически необходимо, поэтому можно обойтись гораздо меньшим набором. В стандарты введены так называемые предпочтительные поля допусков (таблица 6.1).

В практической деятельности необходимо всегда стремиться к использованию предпочтительных полей допусков, что будет способствовать повышению экономической эффективности производства, так как только для этих полей допусков предусмотрен выпуск различных видов обрабатывающих и измерительных инструментов.

Величина допуска характеризует степень точности изготовления деталей. Точность является важнейшей характеристикой их качества.

Таблица 6.1 – Предпочтительные поля допусков

Квалитет точности	Валы	Отверстия
6	$g6, h6, js6, k6, n6, p6, r6, s6$	-
7	$f7, h7$	$H7, JS7, K7, N7, P7$
8	$e8, h8$	$F8, H8$
9	$d9, h9$	$E9, H9$
11	$d11, h11$	$H11$

Степени точности в ЕСДП названы квалитетами – ступенями градации значений допусков системы. Допуски в каждом квалитете возрастают с увеличением номинальных размеров. В ЕСДП установлено 20 квалитетов точности от 01 до 20. Квалитеты с 5 по 13 предназначены для сопрягаемых поверхностей деталей машин, с 14 по 20 – для несопрягаемых. В машиностроении для размеров точных сопрягаемых поверхностей наиболее часто используют 7-й и 8-й квалитеты. Допуски размеров в квалитетах обозначают буквами IT с числовым значением квалитета: IT7, IT8, IT12 и т.д.

Квалитет точности поверхности детали устанавливается конструктором и достигается в процессе окончательной обработки этой поверхности. В таблице 6.2 приведены методы финишной обработки деталей для обеспечения 7, 8, 12 и 13 квалитетов точности.

Таблица 6.2 – Соответствие квалитетов точности методам обработки поверхностей

Квалитет точности	Методы обработки
IT7	Чистовое обтачивание и растачивание, чистовое шлифование, чистовое протягивание, развертывание двумя развертками, полирование, холодная штамповка с зачисткой и калибровкой
IT8	Чистовое обтачивание и растачивание, развертывание одной - двумя развертками, шлифование, хонингование, обкатывание роликом или шариком, тонкое строгание, тонкое фрезерование, тонкое шабрение
IT12 IT13	Черновое обтачивание и растачивание, сверление без кондуктора, строгание, долбление, черновое фрезерование, литье в оболочковые формы, холодная штамповка в вырубных штампах, рассверливание

3. Отклонения формы и расположения поверхностей

Поверхности детали должны иметь заданную номинальную геометрическую форму (плоскость, цилиндр, конус, сферу и т.д.). Допускаемые искажения формы по сравнению с номинальной представляют требования к точности формы. Допускаемые отклонения формы должны находиться в заданных пределах (рисунок 6.2).

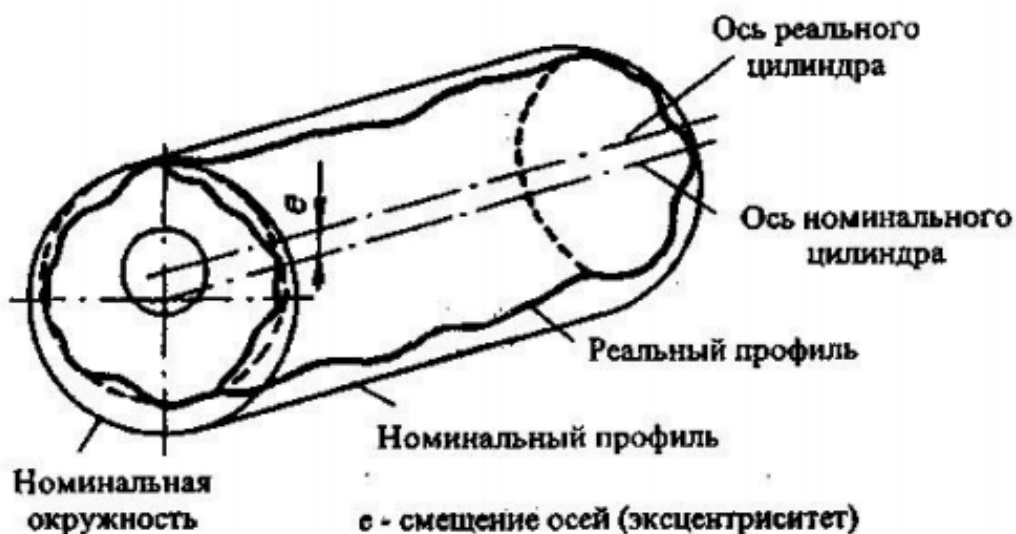


Рисунок 6.2 – Искажение формы цилиндра после обработки

Нормируемые отклонения формы и их условные обозначения на рабочем чертеже детали представлены в таблице 6.3.

Таблица 6.3 – Условные обозначения отклонений

№	Вид допуска и его обозначение по ГОСТ 24642-81	Изображение на чертеже
	допуск цилиндричности	
	допуск круглости	
	допуск профиля продольного сечения цилиндрической поверхности	
	допуск плоскостности	
	допуск прямолинейности	

На чертеже указывают условное обозначение того или иного вида отклонения формы и его численное значение.

Изготовить деталь так, чтобы её поверхности были расположены абсолютно точно относительно друг друга, невозможно. Поэтому возникает необходимость нормировать требования к точности взаимного их расположения.

Отклонением расположения называют отклонение реального расположения рассматриваемой поверхности от номинального. Нормируют семь видов отклонения расположения, условные обозначения которых указаны в таблице 6.4.

Таблица 6.4 – Условные знаки отклонения расположения

Наименование нормируемого параметра	Условное обозначение
Отклонение от параллельности	
Отклонение от перпендикулярности	
Отклонение наклона	
Отклонение от соосности	
Отклонение от симметричности	
Позиционное отклонение	
Отклонение от пересечения осей	

4. Шероховатость и волнистость поверхностей

Шероховатость поверхности представляет совокупность неровностей с относительно малыми шагами, которые формируют микрорельеф. Образуется в результате взаимодействия обрабатываемой поверхности с элементами режущего инструмента. Отношение шага к высоте неровностей не превышает 50.

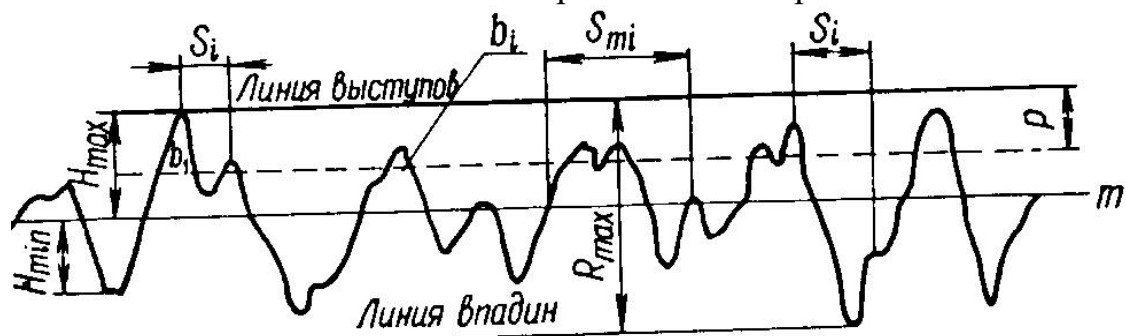


Рисунок 6.3 – Схема для определения параметров шероховатости поверхности

Количественная оценка шероховатости может производиться по следующим показателям:

R_a – среднее арифметическое отклонение профиля

$$R_a = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i|,$$

где n – количество точек профиля на базовой длине;

y – расстояние между данной точкой профиля и средней линией.

R_z – высота неровностей профиля по десяти точкам

$$R_z = \frac{1}{5} \left(\sum_{i=1}^5 |H_{i\max}| + \sum_{i=1}^5 |H_{i\min}| \right),$$

где $H_{i\max}$ и $H_{i\min}$ – соответственно отклонения пяти наибольших максимумов и минимумов профиля.

$R_{\max}$ – наибольшая высота неровностей профиля – расстояние между линией выступов профиля и линией впадин профиля в пределах базовой длины;

S_m – средний шаг неровностей профиля – среднее арифметическое значение шага неровностей профиля в пределах базовой длины;

S – средний шаг неровностей профиля по вершинам – среднее арифметическое значение шага неровностей профиля по вершинам в пределах базовой длины;

t_r – относительная опорная длина профиля.

Как правило, нормируется R_a или R_z .

В ряде случаев большое значение имеет направление неровностей на поверхности обработанной детали, которое устанавливается в технических условиях и обозначается на чертежах.

Необходимо иметь в виду, что требования к шероховатости поверхности должны быть обоснованными и устанавливаться с учетом функционального назначения деталей.

Увеличение шероховатости приводит к снижению:

- сопротивления усталости;
- коррозионной стойкости;
- прочности соединений с натягом;
- контактной жесткости;
- гидроплотности соединений.

Волнистость поверхности – представляет совокупность периодически повторяющихся неровностей на поверхности детали с отношением шага волны к её высоте 50...1000.

Причина появления – недостаточная жёсткость и колебания элементов технологической станочной системы.

Волнистость поверхностей деталей влияет на контактную жёсткость, точность сопряжений, снижает износостойкость деталей. Волнистость желобов подшипников качения увеличивает уровень вибраций.

5. Методы и средства измерения

Измерить какой-либо параметр детали – значит сравнить его с заданным на рабочем чертеже. При измерении находят числовое значение величины и устанавливают годность контролируемого параметра в пределах заданных отклонений. Контроль является информационным процессом, характеризующим качество проверяемых деталей.

Для контроля размеров используют различные инструменты и приборы, которые можно разделить на две группы: для абсолютных измерений и относительных.

Абсолютный метод измерения состоит в непосредственном определении измеряемой величины. Приборы, используемые при этом, снабжены штриховыми шкалами. Простейшим инструментом является обычная металлическая линейка. Повышение точности отсчета, связанное с оценкой доли деления шкалы, производят при помощи специальных устройств, называемых нониусами. К подобным средствам измерения можно отнести штангенинструменты, имеющие линейный нониус: штангенциркули, штангенрейсмусы и штангенглубиномеры. Эти инструменты снабжены линейными шкалами, отсчет по которым производится с помощью дополнительной шкалы – нониуса.

Штангенциркуль (рисунок 6.4) состоит из штанги 1 с нанесенной на ней основной миллиметровой шкалой и перемещаемой от руки каретки 2 со шкалой нониуса. На штанге и каретке имеются нижние губки 3 и 4 (для наружных измерений) и верхние 5 и 6 (для внутренних измерений). Винт 7 служит для фиксации каретки на штанге.

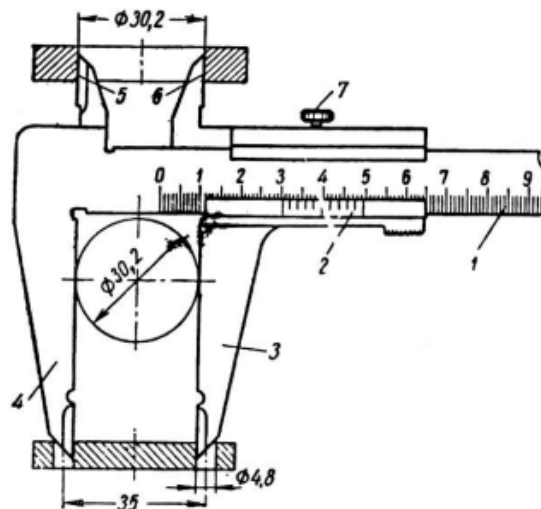


Рисунок 6.4 – Штангенциркуль

Более точными штриховыми приборами с нониусом являются микрометрические инструменты-микрометры. Микрометры с помощью винтовой пары преобразуют вращательное движение в поступательное. Основная шкала расположена на стебле прибора. Дробную часть измеряемого размера определяют по дополнительной шкале, нанесенной на барабане. Микрометром измеряют размеры с точностью до 0,01 мм (рисунок 6.5).

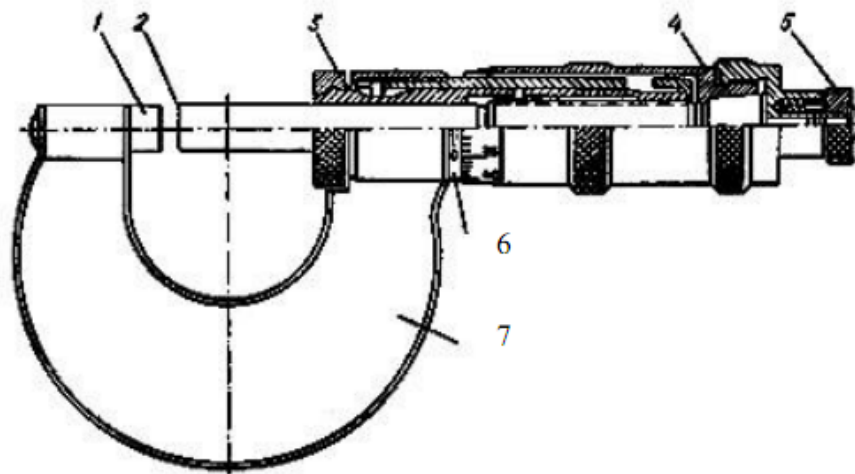


Рисунок 6.5 – Микрометр: 1 – пята; 2 – микрометрический винт; 3 – стопор; 4 – барабан; 5 – головка трещотки; 6 – стебель; 7 – скоба

Относительный метод измерения заключается в определении отклонений измеряемой величины от заданного значения. Данный метод является более точным по сравнению с абсолютным.

При использовании приборов для измерения этим методом определяют отклонения от заданного размера, на который предварительно настроен прибор по соответствующему эталону.

Измерение наружных поверхностей при этом можно осуществлять индикаторными скобами (рисунок 6.6). При охвате измеряемой поверхности пяткой 2 и упором 6 измерительная пятка 3, перемещаясь вдоль своей оси передает отклонения размера на стрелку 8 индикатора 4. Измерительное усилие создается пружиной индикатора и индикаторной скобы 7. Настройку скобы на размер осуществляют по эталону (или концевым мерам) перемещением пятки 2 с последующей фиксацией винтом 5. Рычаг 1 служит для отвода измерительной пятки при установке скобы на измеряемую деталь.

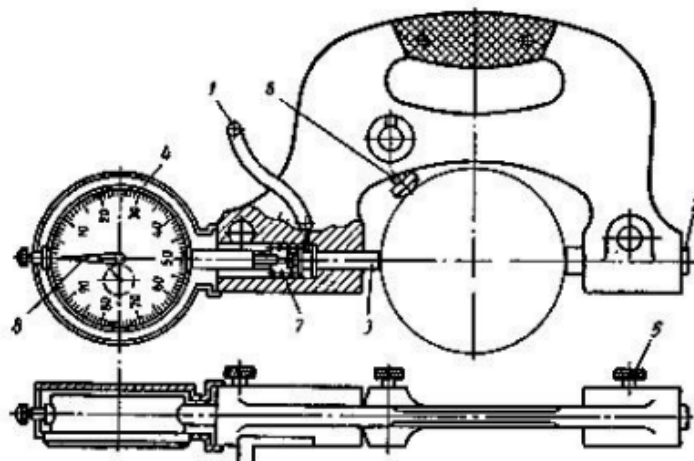


Рисунок 6.6 – Индикаторная скоба

Измерение диаметров внутренних цилиндрических поверхностей относительным методом производят индикаторным нутромером (рисунок 6.7), глубины – индикаторным глубиномером.



Рисунок 6.7 – Нутромер индикаторный

Предельные калибры. Калибрами называют безшкальные инструменты, предназначенные для проверки размеров, формы поверхностей детали и их взаимного расположения. Они являются наиболее распространенным средством контроля в условиях серийного и массового производств.

При использовании калибров не измеряют численные значения отклонений от заданных размеров, а лишь устанавливают факт нахождения размера поверхности детали в пределах между допускаемыми наибольшими и наименьшими размерами. Предельный калибр для валов называют калибр-скоба, а для отверстий – калибр-пробка.

Калибры должны иметь две поверхности – проходную и непроходную. Проходная сторона калибра скобы (ПР) должна соответствовать наибольшему допускаемому предельному размеру поверхности, непроходная (НЕ) – наименьшему.

Разница между размерами проходной и непроходной сторон калибра соответствует допуску на контролируемый размер поверхности детали. На рисунке 6.8 представлены конструкции предельных калибров и схемы измерения ими.

Для контроля резьбы используют резьбовые калибры. Проходные резьбовые калибры должны свинчиваться с годной резьбовой поверхностью детали, а непроходные нет.

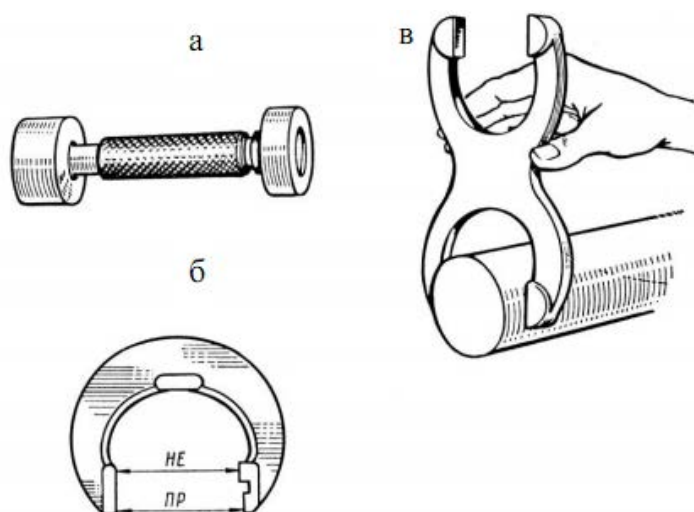


Рисунок 6.8 – Предельные калибры: а – пробка двусторонняя, б – скоба односторонняя; в – измерение вала скобой двусторонней

Широкое распространение получили измерительные приборы специального назначения, например, для контроля взаимного положения поверхностей детали.

Механизация и автоматизация измерений обеспечивает значительное повышение производительности и позволяет управлять технологическим процессом обработки детали. В частности это возможно с использованием средств активного контроля. При контроле можно непосредственно измерять обрабатываемую деталь.

Современные многоцелевые металлорежущие станки (МЦС) с числовым программным управлением (ЧПУ) могут иметь средства контроля обрабатываемой детали непосредственно на станке. Для этого используют датчики касания, смонтированные в инструментальной оправке, установленной в гнезде магазина инструментов станка.



Рисунок 6.9 – Измерительная головка Renishaw PH10M PLUS

В автоматизированном производстве целесообразно использование координатно-измерительной машины (КИМ), включающей датчик касания, систему управления, и программное обеспечение.



Рисунок 6.10 – Координатно-измерительная машина ZEISS CONTURA

Тема 7: Проектирование технологических процессов

1. Принципы и задачи проектирования технологических процессов.

Основой проектирования технологических процессов в машиностроении служат два принципа – технический и экономический. Технический принцип предусматривает полное обеспечение технологическим процессом всех требований рабочего чертежа и технических условий на изготовление заданного изделия,

экономический – минимальные затраты труда и издержки производства. Основное условие и требование к технологическому процессу – выполнение обработки изделия с наиболее полным использованием технических возможностей средств производства при наименьших затратах времени и наименьшей себестоимости изделий.

Технологические процессы разрабатывают при проектировании новых и реконструкции существующих промышленных предприятий, а также при организации новых производственных объектов на действующих заводах. Кроме того, технологические процессы корректируют или разрабатывают новые на действующих заводах при выпуске освоённой продукции. Это вызвано непрерывным текущим усовершенствованием объектов производства и необходимостью внедрения в действующее производство новейших достижений производственной техники.

Проектирование технологических процессов механической обработки имеет целью дать подробное описание процессов изготовления детали с необходимым технико-экономическим обоснованием принятого варианта обработки. В результате оформления технологической документации инженерно-технический персонал и рабочие-исполнители получают необходимые данные и инструкции для осуществления спроектированного технологического процесса на предприятии. Технологические разработки позволяют выявить необходимую номенклатуру обрабатываемого оборудования, инструментов, технологической оснастки для выпуска изделий, трудоёмкость и себестоимость изготовления изделий.

2. Классификация технологических процессов.

Технологические процессы в зависимости от своего назначения и условий производства могут иметь различные виды и формы. Вид технологического процесса определяется числом изделий, охватываемых процессом (одно изделие, группа однотипных или разнотипных изделий).

В соответствии с ГОСТ 3.1109-82 технологические процессы подразделяют на единичные, унифицированные, типовые, групповые, перспективные, рабочие, проектные, временные и стандартные.

Единичный технологический процесс – это технологический процесс изготовления изделия одного наименования, типоразмера и исполнения независимо от типа производства. Разработка такого процесса характерна для оригинальных изделий, не имеющих общих признаков с изделиями, ранее изготовленными на предприятии.

Унифицированный технологический процесс – это технологический процесс, относящийся к группе деталей, характеризующихся общностью конструктивных и технологических признаков. Унифицированные технологические процессы подразделяются на типовые и групповые и находят широкое применение во всех видах серийного производства.

Типовой технологический процесс – это технологический процесс изготовления группы деталей с общими конструктивными и технологическими признаками, характеризуется общностью содержания и последовательности большинства технологических операций для группы таких деталей и используется как информационная основа при разработке рабочего технологического процесса.

Групповой технологический процесс – это технологический процесс изготовления группы деталей с разными конструктивными, но общими технологическими признаками.

В соответствии с этим определением групповой технологический процесс представляет собой процесс обработки деталей различной конфигурации, состоящий из комплекса групповых технологических операций, выполняемых на специализированных рабочих местах в последовательности технологического маршрута изготовления определённой группы деталей (ГОСТ 14.316-75). Групповые процессы, применяемые в промышленности, разрабатывают на конструктивно и технологически сходные детали для всех типов производства не только на уровне предприятия.

Перспективный технологический процесс – это технологический процесс, соответствующий современным достижениям науки и техники, методы и средства осуществления которого полностью или частично предстоит освоить на предприятии.

Рабочий технологический процесс – это технологический процесс, выполняемый по рабочей технологической документации, разрабатывается только на уровне предприятия и применяется для изготовления конкретной детали.

Проектный технологический процесс выполняется по предварительному проекту технологической документации.

Временный технологический процесс применяется на предприятии в течение ограниченного периода времени из-за отсутствия надлежащего оборудования или в связи с аварией до замены на более современный.

Стандартный технологический процесс – это технологический процесс, установленный стандартом и выполняемый по рабочей технологической документации, оформленной стандартом (ОСТ, СТП), и относящийся к конкретному оборудованию, режимам обработки и технологической оснастке.

Комплексный технологический процесс – это процесс, в состав которого включаются не только технологические операции, но и транспортно-накопительные, контрольные, моечные, загрузочно-разгрузочные и др. Такие процессы проектируются при создании АЛ и ГПС.

Классификация технологических процессов в зависимости от их видов, характера производства, технологических и других признаков показана на рисунке 7.1.

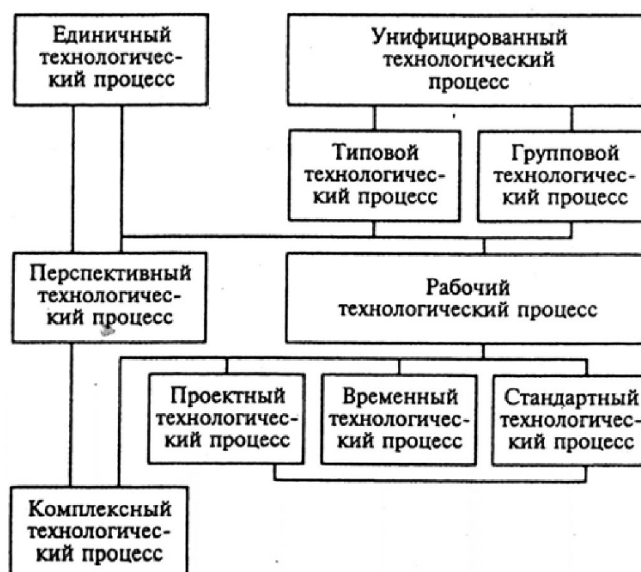


Рисунок 7.1 – Классификация технологических процессов

3. Этапы проектирования технологических процессов.

В целом проектирование технологических процессов обработки деталей и сборки узлов представляет собой сложную, трудоёмкую и многовариантную задачу. Поэтому его выполняют в несколько последовательных этапов.

Вначале делают предварительный проект технологического процесса; на последующих стадиях его уточняют и конкретизируют на основе детальных технологических расчётов. Последовательным уточнением предварительного проекта получают законченные разработки технологического процесса. Правильное решение удастся получить только после разработки и сравнения нескольких технологических вариантов.

Степень проработки технологического процесса в деталях зависит от типа производства. В условиях массового производства технологические процессы разрабатывают подробно для всех деталей изделия. Такие процессы называют операционными. Технологическая документация на них содержит подробную информацию об операциях и переходах, режимах обработки и межоперационных размерах деталей, инструменте, оснастке и т.д. В единичном производстве ограничиваются сокращённой разработкой технологических процессов, так как подробная разработка их в данных условиях экономически не оправдывается. Эти технологические процессы называют маршрутными.

Процесс проектирования содержит взаимосвязанные и выполняемые в определённой последовательности этапы, к которым относятся:

- определение типа производства и методов работы;
- выбор метода получения заготовки и установление предъявляемых к ней требований;
- выбор и обоснование технологических баз;
- назначение маршрута обработки отдельных поверхностей и составление маршрута обработки детали в целом;
- расчёт припусков, установление технологических допусков и предельных размеров заготовки на отдельных стадиях обработки;
- уточнение степени концентрации операций технологических переходов;
- выбор обрабатывающего оборудования, технологической оснастки и инструментов;
- расчёт режимов резания;
- определение настроечных размеров;
- установление норм времени и квалификации рабочих на операциях;
- оформление технологической документации.

Взаимосвязь этапов проектирования и многовариантность частных и общих решений поставленной задачи хорошо видна из рассмотрения укрупнённой схемы (рисунок 7.2) последовательного выполнения этапов проектирования технологии механической обработки заготовки применительно к условиям массового производства.



Рисунок 7.2 – Основные этапы проектирования технологических процессов механической обработки

Общие и частичные варианты (выполнения отдельных этапов) показаны штриховыми разветвляющимися линиями. Отдельные этапы, например расчёт темпа и определение типа производства, расчёт режимов резания, установление нормы времени на обработку, решаются однозначно по предварительно установленным условиям и исходным данным.

При проектировании технологических процессов обработки сложных деталей суммарное число возможных вариантов может быть весьма значительным. Оптимизацию проектируемых и действующих технологических процессов производят по различным целевым функциям (минимальной себестоимости изготовления детали, максимальной производительности обработки, по заданному сроку окупаемости дополнительных капитальных вложений в производство).

Исходными данными для проектирования технологических процессов механической обработки являются:

- рабочий чертёж обрабатываемой детали с указанием её материала, конструктивных особенностей и размеров;
- технические условия на изготовление детали, характеризующие точность и качество обрабатываемых поверхностей, а также особые требования к твёрдости и структуре материала, термической обработке, балансировке и т.п.;
- объём выпуска изделий, в состав которых входит изготавливаемая деталь, с учётом выпуска запасных частей;
- планируемый интервал времени (обычно в годах) выпуска изделий.

При проектировании технологических процессов для действующего производства необходимо располагать информацией о имеющемся оборудовании, площадях и других местных производственных условиях. При проектировании используют

справочные и нормативные материалы, каталоги и паспорта оборудования, альбомы приспособлений; ГОСТы и нормали на режущий и измерительный инструменты, нормативы точности, шероховатости, расчёта припусков, режимов резания и технического нормирования времени; тарифно-квалификационные справочники и другие материалы. Оформление технологических разработок производится на бланках технологической документации.

Проектированию технологического процесса предшествует подробное изучение рабочего чертежа детали, технических условий на её изготовление и условий её работы в изделии. Особое внимание уделяется возможности улучшения технологичности конструкции детали, так как в результате может быть получен значительный эффект от снижения трудоёмкости и себестоимости выполнения процессов обработки.

Разработанные технологические процессы оформляются на соответствующих технологических документах.

Тема 8: Аддитивные технологии в машиностроении

1. Исторические предпосылки для появления аддитивных технологий.

Предшественниками современных АФ-технологий (Additive Fabrication – аддитивные технологии) считают две оригинальные технологии, появившиеся в XIX в. В 1890 г. Josef E. Blather предложил способ изготовления топографических макетов – 3-х мерных карт поверхности местности. Суть метода заключалась в следующем: из тонких восковых пластин по контурным линиям топографической карты вырезались фрагменты, соответствующие воображаемому горизонтальному сечению объекта, затем эти пластины укладывались друг на друга в определенном порядке и склеивались. Получался «послойный синтез» холма или оврага. После этого поверх полученных фигур накладывали бумагу и формировали макет отдельного элемента ландшафта, который затем уже в «бумажном» виде располагали в соответствии с исходной картой (рисунок 8.1).

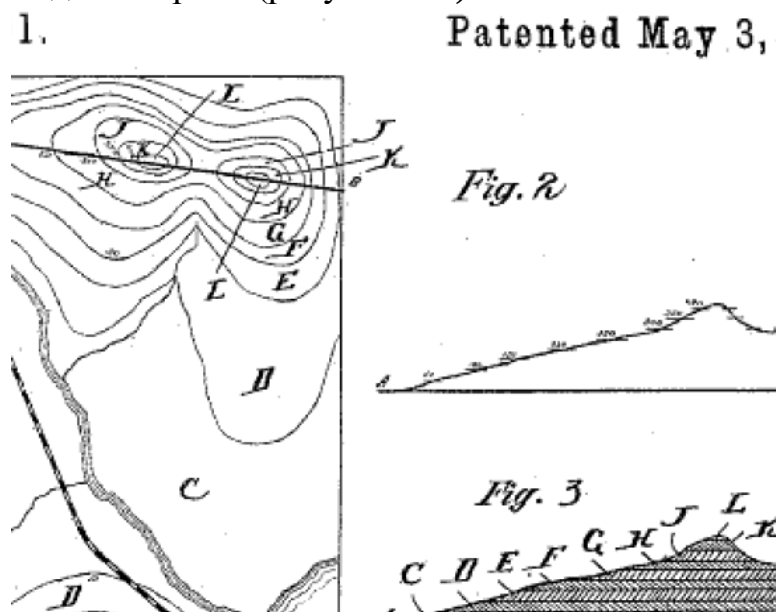


Рисунок 8.1 – Blather J.E. Патент США 473901, выдан 03.05.1892 г.

Практическое применение эта идея нашла в LOM-технологии – Lamination Object Manufacturing – послойном ламинировании или склеивании тонких листовых материалов, толщина листов при этом составляет 0,051-0,25 мм. В 1979 г. профессор Nakagawa из Токийского университета предложил использовать эту технологию для быстрого изготовления пресс-форм, в частности, со сложной геометрией охлаждающих каналов.

Вторая технология – фотоскульптура (Photosculpture) была предложена французом François Willème в 1890 г. (рисунок 8.2). Суть ее состояла в следующем: вокруг объекта или субъекта располагали фотокамеры (Willème использовал 24 камеры с шагом 15 градусов) и производили одномоментное фотографирование на все камеры. Затем каждое изображение проецировали на полупрозрачный экран, и оператор с помощью пантографа обрисовывал контур. Пантограф был связан с режущим инструментом, который удалял модельный материал – глину – в соответствии с профилем текущего контура. Для уменьшения трудоёмкости процесса Willème немец Carlo Baese в 1904 г. предложил использовать фоточувствительный желатин, который при обработке водой расширяется в зависимости от степени засветки – экспозиции (Пат. США 774549, Photographic process for the reproduction of plastic objects, 08.11.1904).

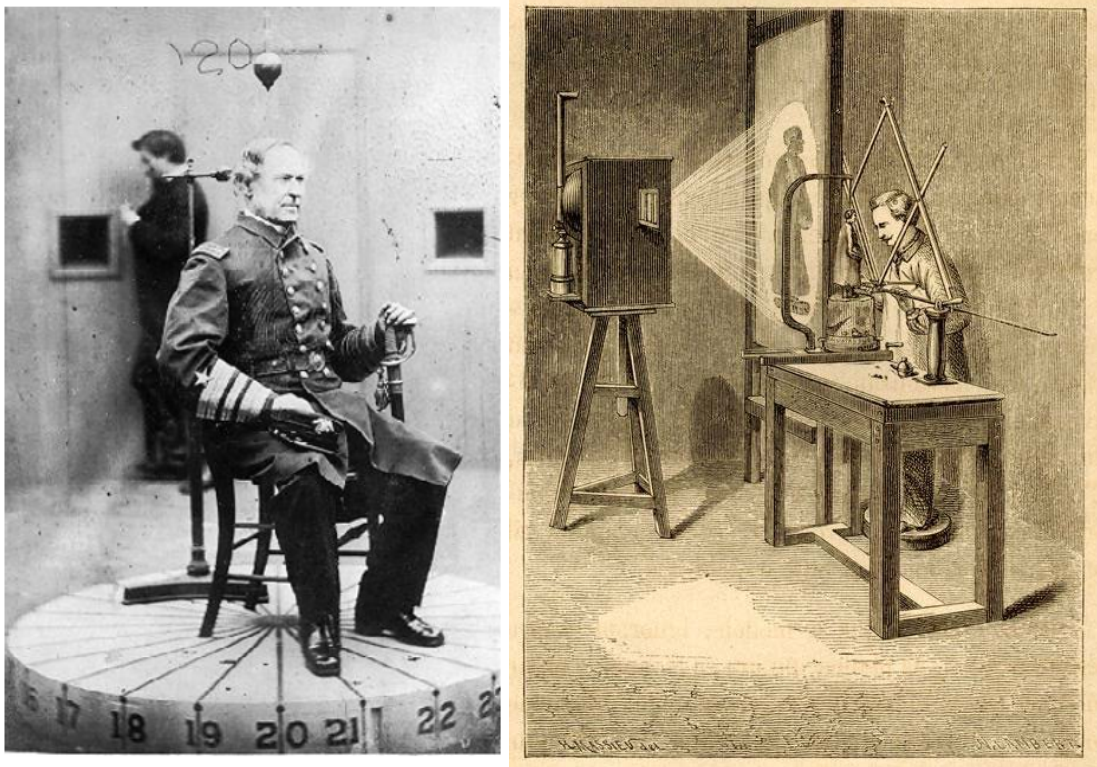


Рисунок 8.2 – Фотоскульптура по технологии François Willème

В 1935 г. Isao Morioka предложил способ, сочетающий в себе топографию и фотоскульптуру (рисунок 8.3). Этот способ предполагал использование структурированного света (сочетание черных и белых полос) для создания топографической «карты» объекта – набора контуров.

Контурные затем вырезались из листового материала, укладывались в определенном порядке и таким образом формировался трехмерный образ объекта. Или же, как и у François Willème, контуры могли быть спроецированы на экран для дальнейшего создания трехмерного образа с помощью режущего инструмента.

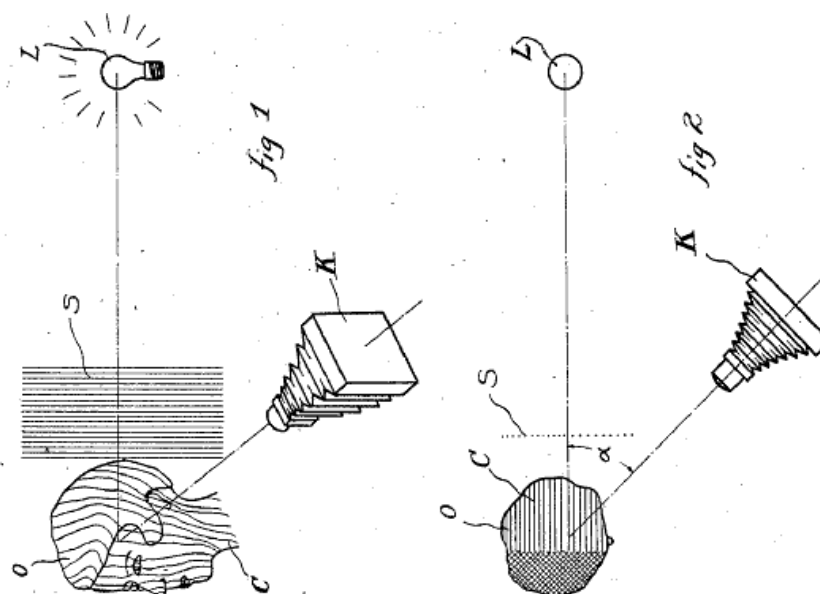


Рисунок 8.3 – Process for manufacturing a relief by the aid of photography. Пат. США 2015457

Первым приближением к стереолитографии в современном понимании стала идея Otto Munz (1956 г.), который предложил способ селективной (послойной) экспозиции прозрачной фотоэмульсии. На этот слой проецировался контур (сечение) объекта. В качестве платформы, на которой производилась экспозиция, использовался поршень, установленный в цилиндре с возможностью перемещения. Поршень перемещали на определенную величину (т.е. с определенным шагом) и сверху наносили слой эмульсии, проецируя на него изображение, после чего наносили слой фиксирующего реагента. И так каждый шаг: поршень перемещали вниз, наносили фотоэмульсию, засвечивали, наносили слой фиксирующего реагента и т.д.

Фиксирующий состав наносился на весь слой – и на засвеченные участки, и на не засвеченные, в результате внутри затвердевшего прозрачного материала, сформированного в виде цилиндра, оказывался заключенным образ трехмерного объекта (рисунок 8.4). На патент (Пат. США № 2775758) Otto Munz, как на предшественника современной стереолитографии, ссылаются практически все авторы новых изобретений в области аддитивных технологий.

В 1977 г. Wyn Kelly Swainson (Пат. США № 4041476) предложил способ получения трехмерных объектов посредством отверждения фоточувствительного полимера в точке пересечения двух лазерных лучей. Примерно в это же время начинают появляться технологии послойного синтеза из порошковых материалов (P.A. Ciraud, 1972).

В 1981 г. R.F. Housholder (Пат. США № 4247508) предложил способ формирования тонкого слоя порошкового материала путем нанесения его на плоскую платформу. Далее производилось разравнивание до определенной величины с последующим спеканием слоя. В том же году Hideo Kodama опубликовал результаты работы с первых функциональных систем фотополимеризации с помощью ультрафиолетовой (УФ) лампы и лазера. В 1982 г. была опубликована работа A.J. Herbert по созданию трехмерных моделей с помощью X-Y-плоттера, УФ-лампы и системы зеркал (рисунок 8.5).

Процесс патентования новых технических решений по АФ-технологиям приобрел лавинообразный характер. В 1986 г. Charles W. Hull предложил способ послойного

синтеза посредством ультрафиолетового излучения, сфокусированного на тонкий слой фотополимерной смолы. Он же и ввел в оборот термин «стереолитография».

Charles W. Hull стал основателем фирмы 3D Systems – компании, первой приступившей к коммерческой деятельности в области послойного синтеза.

С этого момента началась новая эпоха в индустрии – эпоха AF- технологий.

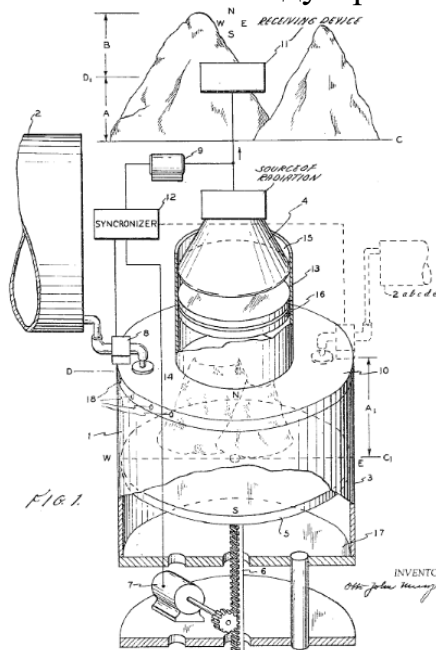


Рисунок 8.4 – Otto John Munz, Photo-Glyph recording, Пат. США № 2775758, выдан 25.12.1956 г.

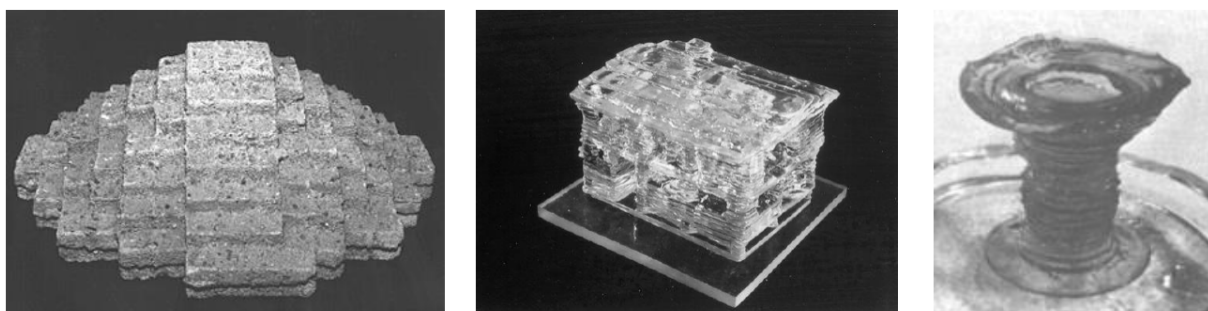


Рисунок 8.5 – Образцы моделей из фотополимеров, полученные Housholder, Kodama и Herbert

2. Терминология и классификация.

Вопрос терминологии рассматривался в рамках деятельности организации ASTM International (American Society for Testing and Materials), занимающейся разработкой технических стандартов для широкого спектра материалов, изделий, систем и услуг. В стандарте ASTM F2792.1549323-1 аддитивные технологии определены как «process of joining materials to make objects from 3D model data, usually layer upon layer, as opposed to subtractive manufacturing technologies» («процесс объединения материалов с целью создания объекта из данных 3D-модели, как правило, слой за слоем, в отличие от «вычитающих» производственных технологий»).

Под «вычитающими» технологиями подразумевается механообработка – удаление («вычитание») материала из массива заготовки. Таким образом, сообщество американских инженеров прибегло к понятию (subtractive) «вычитание», чтобы определить новое понятие (additive) «добавление», т.е. в самом определении

«аддитивные технологии» трактуются как противоположность технологиям механообработки. Но не всякие технологии соединения материала, а только те, которые создают объект по данным 3D-модели или из CAD-данных, т.е. на основе трехмерной компьютерной модели. Это второе ключевое слово – CAD. Третье ключевое слово здесь – «послойно». Можно отметить, что американцы используют в определении «usually» (обычно), по-видимому, допуская, по меньшей мере, теоретическую возможность и непослойного построения.

Рекомендованы два основных термина – Additive Fabrication (AF), Additive Manufacturing (AM), а также их синонимы – additive processes, additive techniques, additive layer manufacturing, layer manufacturing и freeform fabrication. Все они могут быть переведены как «аддитивные технологии», их также можно называть технологиями послойного синтеза.

В интернет-сообществе, популярной научно-технической литературе и разговорной речи профессионалов встречаются сочетания слов «3D-печать», «3D-принтер» или «3D-принтинг», которые также можно принять в качестве синонимов.

Термин Rapid Prototyping, или Быстрое прототипирование, рекомендовано изъять из обращения, поскольку прототипирование – это лишь часть аддитивных технологий, уже далеко не доминирующая.

В международном сообществе устоявшейся классификации аддитивных технологий пока не принято. Различные авторы подразделяют их:

- по применяемым строительным (модельным) материалам (жидкие, сыпучие, полимерные, металлопорошковые и т.д.);
- по наличию или отсутствию лазера;
- по методам подвода энергии для фиксации слоя построения (с помощью теплового воздействия, облучения ультрафиолетовым или видимым светом, посредством связующего состава и т.д.);
- по методам формирования слоя.

По методам формирования слоя различают два вида аддитивных технологий: Bed Deposition и Direct Deposition.

При использовании технологии Bed Deposition (рисунок 8.6) сначала формируют слой, например, насыпают на рабочую платформу дозу порошкового материала и разравнивают порошок с помощью ролика или «ножа», формируя ровный слой материала определенной толщины. Затем выборочно (селективно) обрабатывают порошок в сформированном слое лазером или иным способом, скрепляя частички порошка (сплавляя или склеивая) в соответствии с текущим сечением исходной CAD-модели.

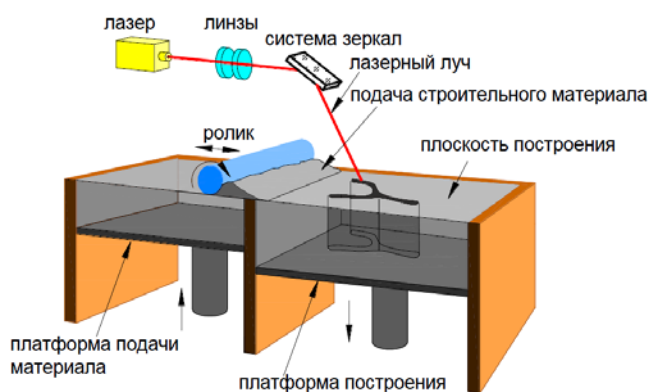


Рисунок 8.6 – Bed Deposition

Эта технология, называемая в англоязычной традиции «Bed Deposition», предполагает наличие некой платформы, на которой сначала формируют слой, а затем в этом слое выборочно отверждают строительный материал. Положение плоскости построения неизменно. При этом часть строительного материала (в данном случае – порошка) остается в созданном слое нетронутой. Этой технологии достаточно точно соответствует термин «селективный синтез» или «селективное лазерное спекание» (SLS – Selective Laser Sintering), если «отверждающим» инструментом является лазер, который здесь, в отличие от лазерной стереолитографии (SLA-технологии), является источником тепла, а не ультрафиолетового излучения.

В технологии Direct Deposition материал подается непосредственно в место подведения энергии и построения в данный момент фрагмента детали. Direct Deposition можно перевести как «прямое или непосредственное осаждение» материала, т.е. осаждение в конкретную точку (рисунок 8.7).

Кроме SLS- и SLA-технологий, к первому виду (Bed Deposition) аддитивных технологий относят такие известные технологии как:

- SLM – Selective Laser Melting (компания SLM Solutions, Германия);
- DMLS – Direct metal laser sintering (компания EOS, Германия);
- EBM – Electron Beam Melting (компания Arcam, Швеция);
- LaserCusing (компания Concept Laser, Германия);
- SPLS – Solid Phase Laser Sintering (компания Phenix Systems, Франция);
- Ink-Jet или Binder jetting (компании ExOne, 3D Systems, США) и др.

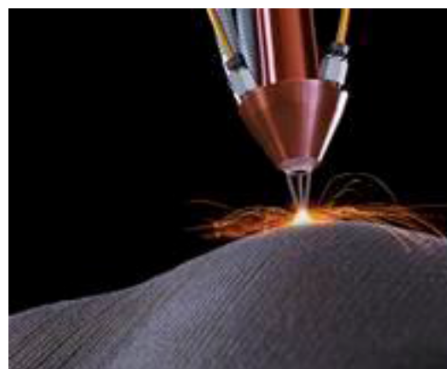
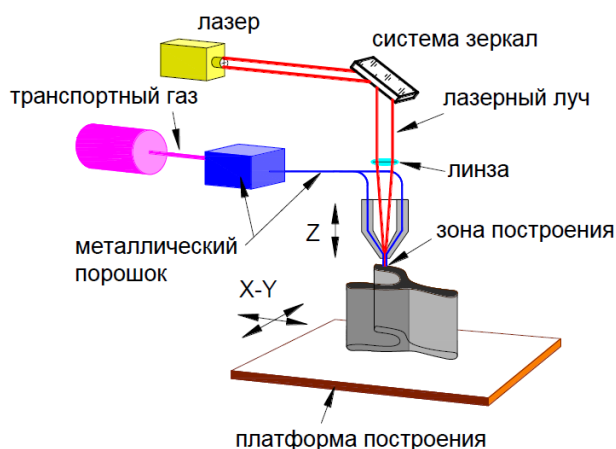


Рисунок 8.7 – Direct Deposition

Ко второму виду (Direct Deposition) относят технологии:

- DMD – Direct Metal Deposition (компания POM, США);
- LENS – Laser Engineered Net Shape (компания Optomec, США);
- DM – Direct Manufacturing (компания Sciaky, США),
- MJS – Multiphase Jet Solidification (компании Fraunhofer IFAM, Германия; FDM, США) и др.

По классификации ASTM в версии 2012 г. аддитивные технологии разделены на 7 категорий:

1. Material Extrusion – «выдавливание материала»;

2. Material Jetting – «разбрызгивание материала», «струйные технологии»;
3. Binder Jetting – «разбрызгивание связующего»;
4. Sheet Lamination – «соединение листовых материалов»;
5. Vat Photopolymerization – «фотополимеризация в ванне»;
6. Powder Bed Fusion – «расплавление материала в заранее сформированном слое»;
7. Directed energy deposition – «прямой подвод энергии непосредственно в место построения».

К первой категории – Material extrusion – относится, например, технология MJS, в соответствии с которой в место построения модели через подогреваемый экструдер выдавливается пастообразный строительный материал – смесь металлического порошка и связующего-пластификатора. Построенную таким образом грин-модель («green» – в значении «сырая») помещают в печь для удаления связующего и дальнейшего спекания, так же как это делается в традиционных МІМ-технологиях (Metal Injection Molding).

Примером технологии Material Jetting может быть технология Polyjet, согласно которой модельный материал – обычно фотополимер или воск, подается в зону построения через многоструйную головку. В технической литературе эту технологию иногда называют как Multi Jetting Material.

К категории Binder Jetting относятся струйные технологии или Ink-Jet-технологии, в которых в отличие от технологии Material jetting в зону построения впрыскивается не модельный материал, а связующий реагент (например, технология ExOne).

К Sheet Lamination категории относят технологии, использующие в качестве строительного листового материал в виде полимерной пленки, металлической фольги, листов бумаги и т.д. Примером может быть технология UAM (Ultrasonic additive manufacturing, Fabrisonic), сущность которой заключается в том, что тонкие металлические пластины сваривают с помощью ультразвука и затем «лишний» металл удаляют фрезерованием (рисунок 8.8). Эта технология представляет собой сочетание аддитивной и «вычитающей» технологии.

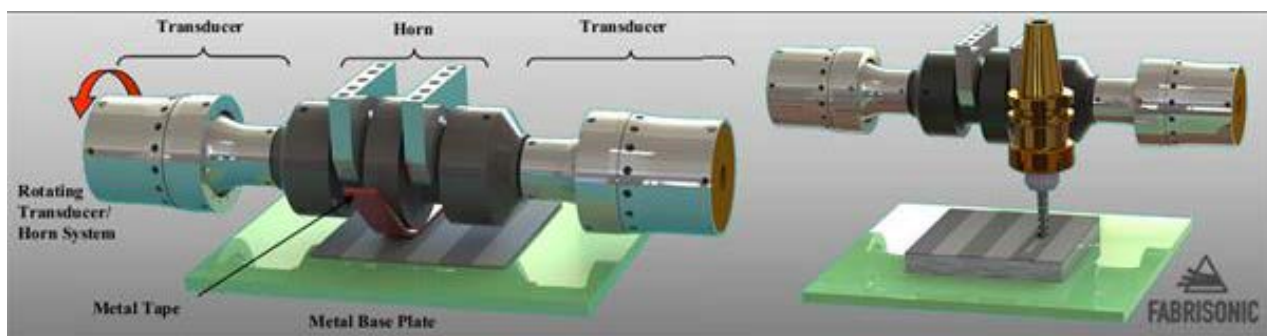


Рисунок 8.8 – UAM-технология

К категории Vat Photopolymerization относят технологии, использующие жидкие модельные материалы – фотополимерные смолы, например SLA-технология (3D Systems) и DLP-технология (Digital Light Proccession, Envisiontec).

В категорию Powder Bed Fusion входит группа SLS-технологий, в которых в качестве источника тепла применяется лазер. Это такие технологии, как Arcam

технология, использующая электронный луч, и технология SHS (Selective Heat Sintering (Blueprinter)), в которой источником тепла являются ТЭНы.

В категорию Directed energy deposition входят технологии, согласно которым строительный материал и энергия для его сплавления подводятся одновременно к месту построения изделия. Эти технологии предполагают применение машин, оснащенных системами подвода модельного (строительного) материала и энергии, обычно в виде сфокусированного лазерного излучения (Optomes, POM) или электронного луча (Sciaky). В ряде случаев рабочий орган – головку устанавливают на роботизированной «руке».

Критерии оценки. Выбор АF-технологий осуществляют исходя из оценки следующих критериев:

- стоимость приобретения;
- производительность;
- качество поверхности модели;
- степень детализации (способность построить мелкие фрагменты);
- точность построения;
- трудоемкость пост-обработки;
- стабильность модельного материала;
- срок службы машины до замены основных узлов;
- стоимость модельных материалов;
- стоимость текущего технического обслуживания машины;
- стоимость сервисного контракта (в пост-гарантийный период);
- надежность и долговечность машины; время жизни основных узлов до замены или капремонта;
- требуемая квалификация и, соответственно, стоимость обслуживающего персонала, а также требуемая площадь инсталляции и инженерная инфраструктура.

РАЗДЕЛ КОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ

Перечень вопросов к зачёту по дисциплине «Введение в специальность»

1. Система образования Республики Беларусь.
2. Профессиональное образование в Республике Беларусь.
3. Характеристика профессиональной деятельности инженера.
4. Основные этапы развития машиностроительной отрасли.
5. Этапы жизненного цикла продукции.
6. Информационные технологии в машиностроении.
7. Определение и классификация изделий.
8. Качество изделий.
9. Производственный и технологический процессы.
10. Типы и организационные формы машиностроительного производства.
11. Общие требования к заготовкам.
12. Получение заготовок литьём.
13. Получение заготовок пластическим деформированием.
14. Заготовки из проката, сварные заготовки, и из неметаллических материалов.
15. Производство заготовок из порошковых материалов.
16. Основные понятия и определения припусков на обработку.
17. Методы определения припусков, составляющие припусков.
18. Поверхности, размеры, отклонения и допуски.
19. Общие сведения о посадках.
20. Отклонения формы и расположения поверхностей.
21. Шероховатость и волнистость поверхностей.
22. Методы и средства измерения.
23. Принципы и задачи проектирования технологических процессов.
24. Классификация технологических процессов.
25. Этапы проектирования технологических процессов.
26. Исторические предпосылки для появления аддитивных технологий.
27. Терминология и классификация.

ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЙ РАЗДЕЛ

Учреждение образования
«Брестский государственный технический университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
_____ М.В. Нерода
_____ 2024

Регистрационный № УД-24-1-101/уч.

Введение в специальность

Учебная программа учреждения высшего образования по учебной дисциплине
для специальности

6-05-0722-05 Производство изделий на основе трёхмерных технологий

Профилизация: Технология производства изделий для машиностроения

Учебная программа составлена на основе образовательного стандарта *ОСВО 6-05-0722-05-2023*, и учебных планов специальности.

СОСТАВИТЕЛЬ:

Сокол В.А., старший преподаватель кафедры машиностроения и эксплуатации автомобилей.

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

Ларченко Д.С., технический директор ООО «Машиностроительное предприятие «КОМПО»»;

Горбунов В.П., доцент кафедры машиноведения учреждения образования «Брестский государственный технический университет», кандидат технических наук, доцент.

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой машиностроения и эксплуатации автомобилей
Заведующий кафедрой С.В. Монтик
(протокол №_____ от _____ 2024);

Методической комиссией машиностроительного факультета
Председатель методической комиссии В.П. Горбунов
(протокол №_____ от _____ 2024);

Научно-методическим советом БрГТУ (протокол №_____ от _____ 2024)

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Место учебной дисциплины

Выбор профессии – важнейший этап в жизни любого человека. От правильного, а главное осознанного, выбора зависит материальное и моральное удовлетворение результатами своего труда.

Дисциплина «Введение в специальность» входит в число факультативных дисциплин учебного плана подготовки инженеров по специальности 6-05-0722-05 «Производство изделий на основе трёхмерных технологий», преподается в первом семестре первого курса обучения, базируется на знаниях и умениях среднего (школьного), начального профессионального или среднего профессионального образования и является предшествующей для дисциплин профессионального цикла и учебных практик.

Основные положения дисциплины «Введение в специальность» развиваются при изучении последующих дисциплин профессионального цикла, таких как, «Технология формообразования изделий конструкционного назначения», «Нормирование точности и технические измерения», «Аддитивные технологии в производстве», «Технология машиностроения» и других.

Целями преподавания учебной дисциплины являются:

- приобретение студентами знаний, позволяющих осознавать социальную значимость своей будущей профессии и обеспечивающих высокую мотивацию к выполнению профессиональной деятельности;
- формирование целостного и системного понимания целей, задач и ожидаемых результатов компетентностно-ориентированного высшего образования;
- развитие самостоятельности и самоорганизации при достижении ожидаемых результатов высшего образования;
- начальная подготовка к изучению дисциплин профессионального цикла и прохождению учебных практик. Данные знания будут использоваться студентами при проектировании технологических процессов механической обработки, и решении многих проблем, связанных с автоматизацией и механизацией машиностроения.

Задачи учебной дисциплины:

- приобретение и осмысление представлений о специфике будущей специальности;
- в изучении этапов развития техники и машиностроения в Республике Беларусь; основных направлений и путей развития техники и технологии; особенностей профессии инженера современного машиностроительного производства; основных сведений об изделии и производстве, качестве поверхности деталей машин, точности обработки, стандартизации и техническом нормировании, методах производства изделий и применяемом оборудовании.

В результате изучения учебной дисциплины студент должен:

знать:

- социальную значимость своей будущей профессии;

- перспективы развития производства изделий на основе трёхмерных технологий;
- основные понятия, термины и определения своей будущей профессии; уметь:
- самостоятельно планировать и достигать ожидаемых результатов освоения основной образовательной программы подготовки специалистов;
- применять полученные знания при изучении дисциплин профессионального цикла и при прохождении учебных практик;
- владеть:
- профессиональной терминологией и основными понятиями дисциплины;
- навыками самостоятельного решения технологических и экономических задач при проектировании и производстве изделий на основе трёхмерных технологий.

Для освоения дисциплины «Введение в специальность» необходимы знания следующих дисциплин: «Информатика». Знания и навыки, полученные при изучении дисциплины «Введение в специальность» будут использоваться студентами в ходе изучения последующих дисциплин профессионального цикла.

Освоение учебной дисциплины «Введение в специальность» должно обеспечить формирование универсальных компетенций:

УК-5: быть способным к саморазвитию и совершенствованию в профессиональной деятельности.

УК-6: проявлять инициативу и адаптироваться к изменениям в профессиональной деятельности.

План учебной дисциплины для дневной формы получения высшего образования

Код специальности (направления специальности)	Наименование специальности (направления специальности)	Курс	Семестр	Всего учебных часов	Количество зачетных единиц	Аудиторных часов (в соответствии с учебным планом УВО)					Академических часов на курсовой проект (работу)	Форма текущей аттестации
						Всего	Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	Семинары		
6-05-0722-05	Производство изделий на основе трёхмерных технологий	1	1	16	-	16	16	-	-	-	-	Зачёт в 1 семестре

1 СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Учебная дисциплина «Введение в специальность» включает в себя восемь основных тем. Темы лекционных занятий приведены в следующих пунктах содержания учебного материала.

ЛЕКЦИОННЫЕ ЗАНЯТИЯ, ИХ СОДЕРЖАНИЕ

Тема 1. Профессиональное образование в Республике Беларусь.

Система образования Республики Беларусь. Профессиональное образование в Республике Беларусь. Характеристика профессиональной деятельности инженера.

Тема 2. Технология как основа развития производства.

Основные этапы развития машиностроительной отрасли. Этапы жизненного цикла продукции. Информационные технологии в машиностроении.

Тема 3. Основные понятия и положения.

Определение и классификация изделий. Качество изделий. Производственный и технологический процессы. Типы и организационные формы машиностроительного производства.

Тема 4. Заготовки деталей машин.

Общие требования к заготовкам. Получение заготовок литьём. Получение заготовок пластическим деформированием. Заготовки из проката, сварные заготовки, и из неметаллических материалов. Производство заготовок из порошковых материалов.

Тема 5. Припуски на механическую обработку.

Основные понятия и определения припусков на обработку. Методы определения припусков, составляющие припусков.

Тема 6. Нормирование точности в машиностроении.

Поверхности, размеры, отклонения и допуски. Общие сведения о посадках. Отклонения формы и расположения поверхностей. Шероховатость и волнистость поверхностей. Методы и средства измерения.

Тема 7. Проектирование технологических процессов.

Принципы и задачи проектирования технологических процессов. Классификация технологических процессов. Этапы проектирования технологических процессов.

Тема 8. Аддитивные технологии в машиностроении

Исторические предпосылки для появления аддитивных технологий. Терминология и классификация.

2 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов				Количество часов самост. ра- боты	Форма кон- троля знаний
		Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	Семинарские занятия		
	1 семестр						
1	Профессиональное образование в Республике Беларусь						Зачёт
1.1	Система образования Республики Беларусь	0,5					Зачёт
1.2	Профессиональное образование в Республике Беларусь	0,5					Зачёт
1.3	Характеристика профессиональной деятельности инженера	0,5					Зачёт
2	Технология как основа развития производства						Зачёт
2.1	Основные этапы развития машиностроительной отрасли	0,5					Зачёт
2.2	Этапы жизненного цикла продукции	0,5					Зачёт
2.3	Информационные технологии в машиностроении	0,5					Зачёт
3	Основные понятия и положения						Зачёт
3.1	Определение и классификация изделий	0,5					Зачёт
3.2	Качество изделий	0,5					Зачёт
3.3	Производственный и технологический процессы	0,5					Зачёт
3.4	Типы и организационные формы машиностроительного производства	0,5					Зачёт
4	Заготовки деталей машин						Зачёт
4.1	Общие требования к заготовкам	0,5					Зачёт
4.2	Получение заготовок литьём	0,5					Зачёт
4.3	Получение заготовок пластическим деформированием	0,5					Зачёт
4.4	Заготовки из проката, сварные заготовки, и заготовки из неметаллических материалов	0,5					Зачёт
4.5	Производство заготовок из порошковых материалов	0,5					Зачёт
5	Припуски на механическую обработку						Зачёт
5.1	Основные понятия и определения припусков на обработку	0,5					Зачёт
5.2	Методы определения припусков, составляющие припусков	1					Зачёт
6	Нормирование точности в машиностроении						Зачёт
6.1	Поверхности, размеры, отклонения и допуски	0,5					Зачёт

6.2	Общие сведения о посадках	0,5					Зачёт
6.3	Отклонения формы и расположения поверхностей	0,5					Зачёт
6.4	Шероховатость и волнистость поверхностей	0,5					Зачёт
6.5	Методы и средства измерения	0,5					Зачёт
7	Проектирование технологических процессов						Зачёт
7.1	Принципы и задачи проектирования технологических процессов	1					Зачёт
7.2	Классификация технологических процессов	1					Зачёт
7.3	Этапы проектирования технологических процессов	0,5					Зачёт
8	Аддитивные технологии в машиностроении						Зачёт
8.1	Исторические предпосылки для появления аддитивных технологий	1					Зачёт
8.2	Терминология и классификация	1					Зачёт
	Всего часов в 1 семестре	16					Зачёт
	Всего часов по дисциплине	16					Зачёт

3 ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

3.1 Перечень литературы (учебной, учебно-методической, научной, нормативной, др.)

Основная

1. Технологическое обеспечение машиностроительного производства: учебное пособие/ В.А. Логвин и др.; под ред. Ж.А. Мрочека. – Минск: РИВШ, 2021. – 560с. ил.

2. Маталин, А.А. Технология машиностроения: учебник / А.А. Маталин. – 5-е изд., стер. – Санкт-Петербург: Лань, 2020. – 512с.: ил.

3. Жолобов А.А. Технология машиностроения: учебное пособие: в 2 частях / А.А. Жолобов, А.М. Федоренко. – Минск: РИВШ, 2020. – Часть 1: Формообразования деталей и сборка узлов машин. 520с. ил.

4. Антимонов А.М. Основы технологии машиностроения: Учебник/ А.М. Антимонов, 2-е изд., стер. – Москва: ФЛИНТА, 2020, – 176с.

5. Ковшов А.Н. Технология машиностроения учебник. Санкт-Петербург: Лань, 2021. – 320с.

6. Зленко М.А. Аддитивные технологии в машиностроении / М.В. Нагайцев, В.М. Довбыш // пособие для инженеров. – М. ГНЦ РФ ФГУП «НАМИ» 2015. – 220с. ил.

Дополнительная

7. Электронный ресурс [https://president.gov.by/ru/belarus/social/ education](https://president.gov.by/ru/belarus/social/education).

8. Справочник технолога-машиностроителя. В 2 т. Т.2/ под ред. А.С. Васильева, А.А. Кутина. 6-е изд., перераб. и доп. М.: Инновационное машиностроение, 2018. – 818с.: ил.

9. Козловский Н.С., Виноградов А.Н. Основы стандартизации, допуски, посадки и технические измерения. Учебник для учащихся техникумов. 2-е издание перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1982. – 284с.: ил.

10. Справочник технолога: справочник / А.Г. Суслов, В.Ф. Безъязычный, Б.М. Базров / под. ред. А.Г. Суслова. – М.: Машиностроение, 2019. – 800с. ил.

3.2. Перечень средств диагностики результатов учебной деятельности:

- контрольный опрос в письменной форме.

В семестре предусмотрена одна текущая аттестация.

Обучающиеся допускаются к промежуточной аттестации по учебной дисциплине при условии успешного прохождения текущей аттестации.

Результаты текущей аттестации учитываются при проведении промежуточной аттестации по учебной дисциплине.

Промежуточная аттестация по учебной дисциплине проводится в форме письменного зачета.

3.3. Методические рекомендации по организации и выполнению самостоятельной работы обучающихся учебной дисциплине

При изучении дисциплины используются следующие формы самостоятельной работы в соответствии с п. 3 Положения о самостоятельной работе студентов учреждения образования «Брестский государственный технический университет», утвержденного ректором БрГТУ №56 от 01.06.2020:

– самостоятельное изучение тем лекционного курса по литературным источникам, имеющимся в библиотеке БрГТУ и указанным в разделе 3.1 настоящей программы:

– самостоятельная подготовка к зачёту.

Самостоятельное изучение тем лекционного курса выполняется по следующим литературным источникам:

Номер темы	Название раздела, темы	Номер литературного источника
1	Профессиональное образование в Республике Беларусь	[1, 2, 3, 6]
2	Технология как основа развития производства	[1, 2, 3, 6]
3	Основные понятия и положения	[1, 2, 3, 6]
4	Заготовки деталей машин	[1, 2, 3, 6]
5	Припуски на механическую обработку	[1, 2, 3, 6]
6	Нормирование точности в машиностроении	[1, 2, 3, 6]
7	Проектирование технологических процессов	[1, 2, 3, 6]
8	Аддитивные технологии в машиностроении	[1, 2, 3, 6]

ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ

Название учебной дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы учреждения высшего образования по учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
1. Технология машиностроения	Машиностроение и эксплуатация автомобилей		Рекомендовать к утверждению (протокол № от . 2024) Зав. кафедрой МЭА С.В. Монтик
2. Аддитивные технологии в производстве	Машиностроение и эксплуатация автомобилей		

Содержание учебной программы
согласовано с выпускающей кафедрой
Заведующий выпускающей кафедрой,
кандидат технических наук, доцент

С.В. Монтик