В. К. БУЛАХ, И. Г. ДОБРОВОЛЬСКИЙ,
П. С. ОВЧИННИКОВ

Проектирование кузнечно-штамповочных цехов и заводов

Допущено Министерством высшего и среднего специального образования СССР в качестве учебного пособия для студентов вузов, обучающихся по специальности «Машины и технология обработки металлов давлением»

Минск
„Вышэйшая школа"
1978

6П4.2
Б 90
УДК 621.73(075.8)

Рецензенты: кафедра «Технология обработки металлов давлением» Московского авиационного технологического института имени К. Э. Циолковского и докт. техн. наук, проф. Н. М. Золотухин.

Булах В. Н., Добровольский И. Г., Овчинников П. С.
Б 90 Проектирование кузнечно-штамповочных цехов и заводов. Мн., «Вышэйш. школа», 1978.
258 с. с ил.

Учебное пособие предназначено для студентов машиностроительных специальностей вузов. В книге рассматриваются вопросы проектирования кузнечно-штамповочных цехов и заводов. Излагается методика проектирования, приводятся данные для выбора технологического процесса, расчета оборудования и площадей, компоновки технологических линий. Рассматриваются примеры планировок основных отделений, планировки некоторых отечественных и зарубежных цехов.

Пособие может быть использовано инженерно-техническими работниками кузнечно-штамповочных цехов и проектных организаций.— Список лит. на с. 255.

Б $\frac{31205-060}{M\,304(05)-78}$ 92—78 6П4.2

© Издательство «Вышэйшая школа», 1978 г.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Одной из основных задач предлагаемого учебного пособия является определение наиболее экономичных и современных путей решения вопросов проектирования кузнечно-штамповочных цехов и заводов. К числу этих задач относятся развитие специализации и повышение уровня концентрации производства, техническое перевооружение, совершенствование организации, повышение экономических показателей и культуры производства.

Проблемами кузнечно-штамповочного производства в СССР заняты многочисленные научно-исследовательские и проектные организации (МВТУ, ВНИИМЕТМАШ, ЦНИИТМАШ, ЭНИКМАШ, НИИПТМАШ, ГИПРОтяжмаш, ГИПРОавтопром и др.). Технологическое проектирование заводов в течение короткого времени прошло путь от простой систематизации практического опыта в области проектирования до создания научной дисциплины. Этому способствовало небывалое развитие промышленности в годы первых пятилеток, потребовавшее разработки методики проектирования машиностроительных заводов. Масштаб проектных работ в нашей стране настолько возрос, что оказалось целесообразным создать целую сеть специализированных проектных организаций, имеющих возможность шире и обоснованно использовать новейшие достижения науки и техники, применять типовые проекты и т. п.

Включение в учебные планы технических вузов курса «Основы проектирования машиностроительных заводов» способствовало дальнейшему развитию и углублению этой научной дисциплины. В настоящее время применительно к специальности «Машины и технология обработки металлов давлением» читается курс «Проектирование кузнечно-штамповочных цехов и заводов», являющийся завершающим и обобщающим в цикле основных технологических дисциплин.

Настоящее пособие систематизированно излагает современные методы технологического проектирования, оно окажет помощь студентам в выполнении дипломных проектов. Пособие освещает вопросы передовой технологии, создания поточных механизированных (автоматизированных) линий, организации специализированных цехов с высокими технико-экономическими показателями. Основное внимание уделено цехам горячей объемной штамповки сталей и холодноштамповочным цехам, максимально использован опыт

организации кузнечно-штамповочного производства в Белоруссии. При анализе кузнечных цехов ковки рассмотрены только основные вопросы проектирования. В пособии использованы материалы ведущих научно-исследовательских и проектных организаций и современная научно-техническая периодика.

Введение, разделы II и IV написаны канд. техн. наук, доц. И. Г. Добровольским; I и V — канд. техн. наук, доц. В. Н. Булахом; III — канд. техн. наук, доц. П. С. Овчинниковым.

Авторы выражают благодарность докт. техн. наук, проф. А. В. Степаненко, рецензентам: кафедре «Технология обработки металлов давлением» Московского авиационного технологического института имени К. Э. Циолковского, зав. кафедрой заслуженному деятелю науки и техники РСФСР, докт. техн. наук, проф. А. И. Колпашникову и докт. техн. наук, проф. Н. М. Золотухину за ценные предложения по улучшению содержания книги.

ВВЕДЕНИЕ

В решении грандиозных задач коммунистического строительства, предусмотренных XXV съездом КПСС, важная роль отводится машиностроению.

Стержнем экономической стратегии партии, пронизывающим и десятую пятилетку и долгосрочную перспективу развития отечественной промышленности (до 1990 г.), является дальнейшее наращивание экономической мощи страны, расширение и коренное обновление производственных фондов, обеспечение устойчивого сбалансированного роста тяжелой промышленности — фундамента экономики. Наряду с увеличением общего объема машиностроения в текущем пятилетии должна улучшиться, стать более гибкой и восприимчивой к техническим новшествам его структура. Необходимо обеспечить глубокие качественные сдвиги в структуре и техническом уровне народного хозяйства, существенно изменить его облик. Вот что означает на практике установка партии на эффективность и качество продукции.

В процессе решения этой важной задачи необходимо обеспечить максимальную экономию материальных, трудовых и денежных ресурсов. В связи с этим в машиностроении особое внимание должно быть уделено развитию и совершенствованию заготовительной фазы производственного процесса, в том числе и кузнечно-штамповочному производству, поскольку объем затрат на производство машиностроительной продукции существенно зависит от уровня его развития.

В отечественном машиностроении и металлообработке сосредоточено около 75% всех кузнечных цехов, а доля этих цехов в общем выпуске поковок составляет почти 90%, что равно 10,3% (по массе) общего количества произведенных заготовок в машиностроении.

Что касается холодной штамповки, то она является в большинстве случаев единственным способом изготовления современных изделий. Так, только в автомобильной промышленности при помощи холодной штамповки изготавливается около 70% деталей, причем доля трудоемкости штамповки в общей технологии изготовления комплекта автомобильных деталей достигает 15%.

В десятой пятилетке для снижения материалоемкости продукции во всех отраслях предусматривается серьезный поворот в кон-

струкциях и технологии к материалосберегающему направлению. Иными словами, значение кузнечно-штамповочного производства существенно возрастает.

На повестку дня XXV съездом поставлен вопрос перехода от создания и внедрения отдельных машин и технологических процессов к разработке, производству и массовому применению высокоэффективных систем машин, оборудования, приборов, обеспечивающих механизацию и автоматизацию всех процессов производства, особенно вспомогательных, транспортных и складских операций.

Особое внимание уделяется углублению и расширению внутриотраслевой и межотраслевой специализации заготовительной базы машиностроения, внедрению автоматизированных комплексов оборудования для получения высокоточных заготовок, а также значительному повышению производительности и улучшению условий труда в кузнечном и штамповочном производствах.

Состояние кузнечно-штамповочного производства оказывает существенное влияние и на экономику всего народного хозяйства. Только в машиностроении отходы металла в стружку исчисляются миллионами тонн в год. Сокращение отходов за счет приближения формы и размеров поковок к форме и размерам готовой детали позволяет добиться значительной экономии металла, топлива и электроэнергии, высвободить десятки тысяч единиц непроизводительно используемого металлорежущего оборудования.

За последние годы в области совершенствования кузнечно-штамповочного производства достигнуты значительные успехи. Все шире применяются высокопроизводительное оборудование и передовые технологические процессы, повышается уровень механизации и автоматизации производственных процессов, улучшаются технико-экономические показатели производства поковок и штамповок и увеличивается их объем производства.

В машиностроении имеются вполне современные кузнечно-штамповочные и холодноштамповочные цехи, достигшие высоких технико-экономических показателей. За девятую пятилетку проведена значительная работа по реконструкции и расширению действующих предприятий. Среди них такие крупные, как Уральский завод тяжелого машиностроения, Московский имени Лихачева и Горьковский автомобильные заводы, Харьковский и Челябинский тракторные и многие другие.

Вместе с тем состояние кузнечно-штамповочного производства не отвечает полностью современным требованиям. В первую очередь это относится к кузнечному производству, которое отличается относительно низким уровнем концентрации. В машиностроении не только крупные, но и многие средние и даже небольшие предприятия имеют собственные кузнечные цехи. В большинстве случаев это мелкие цехи, располагающие небольшими площадями и использующие малопроизводительное, устаревшее оборудование. Производство поковок в таких цехах отличается низким коэффициентом использования металла, уровень основных технико-экономических показателей производства недостаточно высок.

Указанные недостатки сдерживают темпы роста производства поковок и развития машиностроения в целом.

Кузнечно-прессовое оборудование (КПО) отличается высокой производительностью и требует большого объема производства однотипных поковок и штамповок. Поэтому для полного использования его возможностей требуется высокий уровень специализации и централизации кузнечно-штамповочного производства как в отраслевом, так и межотраслевом планах на базе новейших технологических процессов и оборудования с ограниченным количеством закрепленных за одним штамповочным агрегатом наименований деталей.

При проектировании, реконструкции и строительстве новых производств необходимо использовать современные схемы, апробированные практикой, максимально обеспечивая агрегатирование оборудования и применение средств механизации и автоматизации. Расчеты, проведенные ЭНИКмашем, показывают, что достижение более полного уровня автоматизации и механизации существующих машин по своей эффективности равносильно дополнительному производству кузнечно-прессового оборудования.

Все это позволяет определить важнейшие направления научно-технического прогресса в кузнечно-штамповочном производстве на ближайшие 10—15 лет. Это создание и освоение серийного производства новых эффективных высокопроизводительных видов оборудования на базе наиболее прогрессивных и экономичных технологических процессов; повышение технического уровня кузнечно-прессовых машин и изменение структуры их производства в направлении повышения удельного веса новых групп и видов оборудования, специальных и специализированных, тяжелых и уникальных машин; увеличение в общем выпуске доли автоматизированного и механизированного КПО, автоматических линий, автоматизированных комплексов, машин с программным управлением, промышленных манипуляторов (роботов) и традиционных средств автоматизации и механизации.

За счет сокращения до целесообразного минимума обработки металлов резанием со снятием стружки и замены последней прогрессивными методами обработки металлов давлением, обеспечивающими приближение заготовок по форме, размерам и чистоте поверхности к готовым деталям и требующими только доводочных операций, должно быть достигнуто значительное повышение коэффициента использования металла и существенная экономия металлопродукции. При этом рост производства деталей, получаемых методами пластической деформации, будет обеспечен без существенного увеличения численности промышленно-производственного персонала, в основном за счет повышения производительности труда на базе всесторонней автоматизации и механизации производственных процессов и максимального улучшения условий труда.

Раздел I. ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ЗАВОДОВ И ЦЕХОВ

Глава 1. ПОРЯДОК ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЗАВОДОВ И ЦЕХОВ

1.1. Принципы организации проектных работ в СССР

Проектирование промышленных предприятий, в том числе кузнечных и холодноштамповочных цехов, осуществляется согласно положениям, предусмотренным инструкцией Государственного комитета Совета Министров СССР по делам строительства (Госстрой СССР) СН-202—76. Инструкция является основным документом, определяющим состав, объем, содержание и порядок разработки проектно-сметной документации для строительства новых и реконструкции действующих промышленных предприятий.

На основании инструкции главными проектными институтами разработаны и утверждены Госстроем СССР типовые схемы проектной документации, в которых указаны объем проектной документации и последовательность разработки технологической части проекта.

При проектировании промышленных предприятий должны использоваться наиболее совершенные технологические, строительные и архитектурно-планировочные решения. Проектируемые новые и реконструируемые предприятия к моменту их ввода в действие должны быть технически передовыми, иметь высокие показатели по производительности труда, себестоимости и качеству выпускаемой продукции. Постановление ЦК КПСС и Совета Министров СССР от 28 мая 1969 г. «Об улучшении проектно-сметного дела» требует от министерств и ведомств СССР и советов министров союзных республик не допускать строительства объектов по устаревшим проектам и своевременно вносить в них соответствующие изменения в целях повышения эффективности производства и улучшения технико-экономических показателей.

Директивы XXV съезда КПСС обязывают министерства и ведомства улучшать проектно-сметное дело, повышать ответственность проектных, конструкторских и научных организаций за высокий технический и экономический уровень проектных решений.

Проекты промышленных предприятий нельзя считать отвечающими современным требованиям, если их технико-экономические показатели (эффективность капитальных вложений, рентабельность и т. д.) ниже уровня передовых отечественных и зарубежных заводов.

Для повышения технического уровня и экономической эффективности проектируемых предприятий необходимо использовать

достижения науки и техники, применять современные технологические процессы, типовые решения и т. д. При разработке проектов нужно руководствоваться основными техническими направлениями проектирования предприятий в соответствующей отрасли исходя из ближайшей перспективы развития науки и техники.

Разработка проектов строительства новых и реконструкции действующих машиностроительных заводов включает предпроектный и проектный периоды. В предпроектном периоде разрабатывается технико-экономическое обоснование строительства (реконструкции) предприятия и составляется задание на проектирование. В проектном периоде, согласно действующей инструкции, проектирование зданий и сооружений может осуществляться в две или одну стадию. При двухстадийном проектировании разрабатываются технический проект и рабочие чертежи, а при одностадийном — техно-рабочий проект.

Проектирование промышленных предприятий в Советском Союзе осуществляют проектные организации трех типов: генеральные, специализированные и территориальные.

Генеральные проектные организации (институты ГИПРО) разрабатывают технологическую часть основного производства или проект основных объектов строительства.

Специализированные проектные организации (институты ГПИ) по заданиям генеральных проектных организаций выполняют инженерно-геологические, геодезические, гидрологические изыскания и отдельные части проекта: строительную, санитарно-техническую, электротехническую, транспортную и т. д.

Территориальные проектные организации участвуют в разработке схем генеральных планов промышленных узлов, схем упорядочения застройки существующих промышленных районов в городах и т. д.

Главный инженер проекта, исходя из ввода предприятия в эксплуатацию отдельными пусковыми комплексами и выделяемых на планируемый год капитальных вложений, составляет график разработки рабочих чертежей отдельных объектов.

Технологические отделы генпроектировщика на основании полученных от заказчика данных по заказанному оборудованию составляют уточненные спецификации оборудования, корректируют планировки цехов и корпусов и передают их в специализированные отделы института или специализированным (субподрядным) проектным организациям для разработки рабочих чертежей. Разрабатываются рабочие чертежи зданий, санитарно-технических устройств, силового электрооборудования, монтажные планы цехов, корпусов и т. д.

Генеральный проектировщик в лице главного инженера (главного архитектора) несет ответственность за качество проекта в целом, технико-экономические показатели строящихся объектов, правильность определения сметной стоимости строительства, соблюдение установленных сроков разработки проектно-сметной документации.

Специализированные проектные организации (субподрядчики) несут ту же ответственность за качество отдельных частей проекта, что и генеральная проектная организация.

Заказчиком проекта является директор строящегося предприятия или организации, уполномоченный министерством или ведомством. Он несет ответственность за своевременное предоставление проектной организации исходных данных для проектирования в необходимом объеме и надлежащего качества.

Все проекты подвергаются экспертизе. Целью экспертизы проектов и смет является обеспечение высокого уровня проектных решений, достижение прогрессивных технико-экономических показателей. В составе министерств и ведомств, имеющих в своем подчинении машиностроительные предприятия, находятся экспертные органы — отделы экспертизы проектов. Экспертные отделы дают заключения по каждому разделу проекта и по всему проекту в целом.

Порядок утверждения и переутверждения проектов устанавливается министерствами и ведомствами СССР и советами министров союзных республик.

1.2. Предпроектный и проектный периоды

Технико-экономическое обоснование. Проектирование новых и реконструкция действующих предприятий осуществляется на основе перспективного плана развития данной отрасли промышленности, разрабатываемого Госпланом СССР на каждое пятилетие. Перспективный план должен предусматривать потребность народного хозяйства в определенных видах продукции и рациональное размещение промышленных предприятий на территории страны с учетом приближения их к источникам сырья, топлива, энергии, к районам потребления готовой продукции.

Контрольные цифры развития народного хозяйства на 1976—1980 гг., утвержденные XXV съездом КПСС, предусматривают ряд мероприятий по концентрации производства, повышению уровня специализации и кооперирования, развитию существующих и формированию новых территориально-производственных комплексов и промышленных узлов с общими коммуникациями, инженерными сооружениями и вспомогательными производствами.

Данные перспективного планирования служат основным документом для разработки проектной документации.

Технико-экономическое обоснование (ТЭО) — первичный предпроектный документ, назначением которого является доказательство народнохозяйственной необходимости и экономической целесообразности строительства нового или реконструкции существующего предприятия. Задание на разработку ТЭО осуществляет главное отраслевое управление с привлечением подведомственных предприятий, головных конструкторских, проектно-технологических организаций и проектного института — генпроектировщика.

Проектная организация составляет технико-экономическое обоснование строительства (реконструкции) предприятия в виде до-

кладной записки. В нем приводятся: экономическая характеристика района, в котором намечается строительство; численность населения, площадь, варианты пунктов размещения предприятия, сведения о путях сообщения района; данные о программе выпуска и специализации производства, потреблении продукции предприятия; сведения об энергетических потребностях, объеме капиталовложений и себестоимости продукции, о составе завода, жилищно-гражданском строительстве, об очередности ввода мощностей; примерные сроки строительства, потребности в кадрах строителей и т. д.

При реконструкции действующих предприятий перед разработкой ТЭО производят комплексное обследование их с участием различных специалистов (технологов, энергетиков, строителей и т. д).

В ТЭО реконструируемого завода приводятся основные данные по отчету предприятия за год, предшествующий разработке ТЭО.

В докладной записке указывается: год основания предприятия, его месторасположение, площадь и возможность его расширения, анализ выпускаемой продукции, специализация предприятия, данные о структуре оборудования и применяемой технологии и т. д.

Совместно с работниками предприятия намечаются и согласовываются основные направления предполагаемой реконструкции предприятия. На основании обследования в ТЭО дается общий анализ состояния предприятия с точки зрения условий его дальнейшей реконструкции.

Технико-экономическое обоснование строительства (реконструкции) предприятия утверждается Госпланом СССР, республики или соответствующим министерством. После утверждения оно является основанием для составления задания на проектирование и для организации работ по обследованию и выбору площадки под новое строительство.

Задание на проектирование. Проектирование промышленных предприятий производится на основании задания на проектирование. Оно составляется министерствами, ведомствами совместно с проектной организацией, на которую возлагается проектирование данного предприятия, и является завершающим документом предпроектного периода.

В задании на проектирование указываются следующие сведения: наименование предприятия; основание для проектирования; район, пункт и площадки строительства; номенклатура продукции и мощность производства; режим работы предприятия; специализация предприятия и кооперирование; источники снабжения предприятия металлом, топливом, водой, энергией; условия по очистке и сбросу сточных вод; автоматизированные системы управления производством (АСУП); предполагаемое расширение предприятия; сроки строительства, очередность и порядок ввода мощностей, пусковые комплексы; основные технико-экономические показатели; данные для проектирования объектов жилищного и культурно-бытового строительства; требования к промышленной эстетике; требования по разработке вариантов проекта; стадии проектирования; требования по восстановлению (рекультивации) земель; особые

требования по проектированию зданий и сооружений; наименование генеральной проектной организации; исходные материалы.

Задание на проектирование до его утверждения должно быть согласовано с территориальным проектным институтом в части намечаемого кооперирования вспомогательных производств, энергоснабжения, водоснабжения, канализации и транспорта, а также возможности объединения проектируемых предприятий в промышленные узлы.

В том случае, когда предприятия строятся на территориях городов и рабочих поселков проектной организации, дополнительно к заданию на проектирование выдается архитектурно-планировочное задание. Заказчик проекта получает его от местного Совета народных депутатов. В нем указываются требования, предъявляемые к застройке участка, этажности и оформлению зданий и сооружений, выходящих на магистральные проезды, оговариваются условия и места присоединения к городским инженерным сооружениям. Вместе с архитектурно-планировочным заданием выдается строительный паспорт участка, в котором содержатся данные о существующих подземных сооружениях, технические данные по отведенному участку и т. д.

Проектная организация получает от заказчика проекта следующие исходные данные, необходимые для проектирования: вид выделяемого топлива; сведения о месторождении сырья; результаты ранее проведенных изысканий; обмеры существующих зданий, сооружений и т. д.; отчеты о выполненных научно-исследовательских работах, касающихся разработки новых технологических процессов и оборудования.

При разработке проекта реконструкции предприятия проектной организации должны быть переданы следующие данные: основание для разработки проекта реконструкции; подробный состав завода; объем производства и номенклатуры выпускаемой продукции; структура работающих, их квалификационный состав, уровень заработной платы; себестоимость продукции; основные технико-экономические показатели.

Задания на проектирование промышленных предприятий утверждаются министерствами и ведомствами СССР и советами министров союзных республик.

В процессе проектирования генеральный проектировщик может выявить целесообразность внесения в задание на проектирование изменений, улучшающих технико-экономические показатели проектируемого предприятия. Он представляет заказчику проекты и утвердившей задание инстанции предложения о внесении необходимых изменений в утвержденное задание на проектирование.

Выбор площадки строительства. При разработке технико-экономического обоснования и составлении задания на проектирование указывается район или пункт строительства предприятия, устанавливаемый в соответствии со схемой развития производительных сил (по экономическим районам и союзным республикам).

К району или пункту строительства будущего предприятия

предъявляются следующие требования: наличие удобного места для строительства зданий и сооружений; наличие транспортных коммуникаций, связывающих пункт размещения завода с общегосударственной сетью железных и автомобильных дорог и водных путей; наличие и мощность местных источников топлива, сырья; энергетические ресурсы района; наличие свободной рабочей силы в данном пункте и ближайших населенных пунктах; возможность снабжения предприятия водой и месторасположение источников водоснабжения; наличие участка для сброса и очистки сточных вод; возможность использования местных строительных материалов и строительных организаций для строительства предприятия; наличие рынка сбыта для изделий предприятия; возможность кооперирования с другими предприятиями района.

После установления района размещения предприятия для обследования и выбора площадки строительства организуется комиссия, в состав которой входят соответствующие специалисты. Выбор площадки должен быть подтвержден ТЭО путем сравнения нескольких вариантов размещения предприятия на различных площадках данного района.

При выборе площадки строительства предприятия должны учитываться следующие основные факторы: достаточные размеры участка, обеспечивающие создание оптимального генерального плана предприятия и возможность дальнейшего его расширения; топографические условия участка и прилегающей местности, обеспечивающие минимальные затраты при выполнении земляных работ по планировке площадки под здания и транспортные пути; расположение относительно магистральных путей; расположение относительно источников сырья, воды и энергии; незатопляемость площадки во время паводков; удовлетворительные геологические и гидрогеологические условия, от которых зависит не только экономичность строительства, но и сама возможность строительства предприятия; соответствие площадки санитарным нормам и т. д.

Материалы по выбору площадки оформляют в виде пояснительной записки, в которой приводятся основание для выбора площадки, основные данные проектируемого предприятия, характеристики обследованных площадок, обоснование выбора площадки, рекомендуемой к утверждению. К пояснительной записке прилагается акт комиссии о выборе площадки с технико-экономическим обоснованием, ситуационный план района строительства, данные по геологии и гидрологии, стоимости воды, топлива и т. д., а также документы о согласовании с Госгортехнадзором, Госсанинспекцией, Государственным пожарным надзором, местными органами МПС, районным энергетическим управлением и т. д. В результате согласования должно быть получено решение исполкома местного Совета народных депутатов об отводе земельного участка под строительство проектируемого предприятия.

Технический проект. Разработка технического проекта осуществляется на основании документов технико-экономического обоснования, выбора площадки строительства, задания на проектиро-

вание и исходных данных. При двухстадийном проектировании технический проект является первой стадией проектирования.

Технический проект разрабатывается с целью установления основных проектных решений, обеспечивающих наиболее эффективное использование общественного труда, материальных и денежных ресурсов при строительстве проектируемого предприятия.

Технический проект промышленного предприятия состоит из технико-экономической части; генерального плана и транспорта; технологической части; данных об организации труда и систем управления производством; строительной части; проекта организации строительства и очередности ввода мощностей проекта жилищного строительства; сметной части; паспорта строительства.

В зависимости от особенностей отрасли промышленности состав технического проекта может изменяться. По каждой части проекта проектными организациями производятся подробные расчеты.

При проектировании машиностроительных предприятий исключительно важное значение имеет разработка технологической части, так как она в конечном итоге определяет задания и условия для проектирования всех остальных частей проекта. Технологические процессы должны разрабатываться с достаточной полнотой, чтобы в дальнейшем можно было определить типы и количество производственного, вспомогательного и транспортного оборудования, потребное количество основных и вспомогательных материалов, топлива, энергии всех видов и т. д.

К техническому проекту составляется сводный сметно-финансовый расчет стоимости строительства проектируемого предприятия. Он утверждается в составе технического проекта и служит основанием для финансирования строительства.

Технические проекты утверждаются в зависимости от стоимости предприятия Советом Министров СССР или советами министров союзных республик. После утверждения технического проекта составляется спецификация основного оборудования для его заказа и заявочные ведомости на остальное оборудование, приборы, металл для металлоконструкций и строительные материалы.

Техно-рабочий проект. При одностадийном проектировании разрабатывается техно-рабочий проект (технический проект, совмещенный с рабочими чертежами).

Техно-рабочие проекты разрабатываются для предприятий технически несложных, а также для тех, строительство которых намечается осуществлять по типовым и повторно применяемым проектам. В проекте решаются те же вопросы, что и при двухстадийном проектировании, но в них должны приводиться только те чертежи и данные, которых нет в типовых и повторно применяемых проектах.

К техно-рабочему проекту составляется сводный сметно-финансовый расчет, сметно-финансовые расчеты на отдельные виды затрат и сметы к рабочим чертежам.

Рабочие чертежи. При двухстадийном проектировании разработка рабочих чертежей является второй стадией проектирования.

Рабочие чертежи разрабатывают на основе утвержденного технического проекта. В процессе разработки рабочих чертежей уточняются и детализируются решения, принятые в техническом проекте.

Главный инженер проекта составляет подробный график разработки рабочих чертежей, выполняемых головным проектным институтом и привлекаемыми специализированными проектными организациями. График согласовывают со специализированными проектными организациями и заказчиком. Организации — исполнители рабочих чертежей — составляют сметы на их разработку и передают их генпроектировщику для составления генерального договора и отправки его заказчику.

Рабочие чертежи выполняются в составе и объеме, который необходим для производства по ним строительных и монтажных работ индустриальными методами. В случае применения типовых проектов рабочие чертежи выполняются только по привязке этих проектов к местным условиям.

1.3. Состав и содержание проектной документации

В соответствии с «Инструкцией по разработке проектов и мест для промышленного строительства» СН-202—76 [1] в техническом проекте должны быть обоснованы: место строительства, мощность и состав предприятия; ассортимент продукции; источники снабжения сырьем и материалами, топливом и энергией; вопросы кооперирования и специализации; установлена очередность строительства; обеспечение производства кадрами необходимой квалификации; подсчитаны уровень механизации и автоматизации; выбор оптимальных объемно-планировочных, архитектурных и конструкторских решений зданий; применение передовых форм организации производства; себестоимость основной продукции и рентабельность производства; технико-экономические показатели, характеризующие экономическую эффективность капитальных вложений и проектируемого производства; данные, касающиеся обеспечения бытового, жилищного и культурного обслуживания трудящихся; сметная стоимость строительства и сводная смета.

На основании технических и экономических данных, полученных при разработке технического проекта, делается заключение о целесообразности проектируемого производства с заданной программой выпуска или о необходимости внесения изменений в задание на проектирование.

Технический проект комплектуется из ряда пояснительных записок, в которых приведены разработки отдельных частей проекта: транспортной, строительной, технологической и т. д.

Общая пояснительная записка по заводу и технико-экономическая часть могут быть объединены в одной книге. К проекту прилагают задание на проектирование.

Согласно вышеуказанной инструкции, проектная документация должна разрабатываться без излишней детализации, повторений и в сжатом объеме. Общий объем проектных материалов должен

соответствовать эталонам. Материалы эталонов технического проекта состоят из расчетно-пояснительных записок с примерным текстом изложения, унифицированных форм расчетных ведомостей и таблиц, инструктивных указаний по составлению проектов. Эталонами предусматривается максимально возможное сокращение объема проектных материалов. Он должен быть достаточным для решения в проекте основных технических и экономических вопросов и составления сметы, являющейся основным документом технического проекта.

При проектировании промышленных предприятий необходимо максимально использовать типовые проекты. Типовой проект зданий и сооружений состоит из комплекта рабочих чертежей по всем частям проекта с пояснительной запиской и сметной документацией, объем которой достаточен для производства по этим чертежам строительных и монтажных работ. В состав технического проекта не включаются графические и текстовые материалы, приведенные в типовых проектах зданий и сооружений, а только перечень зданий и сооружений, строительство которых будет производиться по типовым проектам, и их паспорта.

При двухстадийном проектировании рабочие чертежи разрабатываются таким образом, чтобы их количество и содержание было минимальным. Рабочие чертежи должны включать: заглавный лист с перечнем чертежей; чертежи генерального плана; чертежи привязанных к участку строительства типовых проектов зданий и сооружений; чертежи зданий и сооружений, строящихся по индивидуальному проекту; чертежи нетиповых несущих и ограждающих конструкций зданий, сооружений и фундаментов; чертежи нетиповых устройств, связанных с охраной труда и техникой безопасности; чертежи планов и разрезов с нанесенным на них технологическим, транспортным, энергетическим и другим оборудованием; чертежи сетей и устройств энергоснабжения, автоматизации, сигнализации и т. д.

При одностадийном проектировании (техно-рабочий проект) составляется краткая пояснительная записка, в которой дается характеристика участка, местных условий строительства, описание принятых технических решений, приводятся данные об организации строительства и объемах строительных и монтажных работ.

К техно-рабочему проекту, кроме основных рабочих чертежей, прикладываются чертежи генерального плана предприятия или сооружений, рабочие чертежи зданий и сооружений, совмещенный план коммуникаций, перечень типовых и повторно применяемых экономичных индивидуальных проектов, материалы по изменениям и дополнениям этих проектов в связи с привязкой их к местным условиям, сметная документация.

Сводный сметно-финансовый расчет стоимости проектируемого предприятия включает следующие пункты: подготовка территории строительства (осушение, планировка, снос строений и т. д.); объекты основного производственного назначения; объекты подсобного производственного и обслуживающего назначения; объекты энер-

гетического хозяйства; объекты транспортного хозяйства и связи; внешние сети и сооружения; благоустройство площадки; временные здания и сооружения; прочие работы и затраты; заработная плата дирекции строящегося предприятия; подготовка эксплуатационных кадров; проектные и изыскательные работы; непредвиденные работы и затраты (к техническому проекту 10% стоимости строительства, техно-рабочему — 5%).

К сводной смете прилагается объяснительная записка, в которой содержатся сведения о принятых способах определения сметной стоимости зданий, сооружений и т. д., о размерах накладных расходов и др.

Сметы к рабочим чертежам составляются с целью уточнения стоимости строительства и строительно-монтажных работ.

Глава 2. ГЕНЕРАЛЬНЫЙ ПЛАН ЗАВОДА

2.1. Состав машиностроительного завода

В состав машиностроительного завода с полным циклом производства входят основные (производственные), вспомогательные цехи и обслуживающие устройства.

Производственные цехи предназначены: 1) для изготовления заготовок, которые необходимы для получения основных изделий завода и подлежат обработке в других цехах или отправляются на сторону (без обработки); 2) для обработки деталей и сборки их в узлы, агрегаты и готовые изделия или для отправки их в виде запчастей другим заводам.

Производственные цехи подразделяются на заготовительные, обрабатывающие и сборочные. К заготовительным цехам относятся литейные, кузнечно-штамповочные, кузнечно-прессовые, раскройно-заготовительные, лесопильные. При создании специализированных заготовительных предприятий, например кузнечных заводов, из состава завода-потребителя исключают заготовительные цехи, что значительно упрощает структуру этого завода и повышает экономическую эффективность производства.

В группу обрабатывающих цехов, организованных по технологическому признаку, входят механические, цехи холодной штамповки, сварочные, металлических конструкций, термические, деревообрабатывающие, котельные, котельно-сварочные, металлопокрытий и окрасочные.

К последнему типу относятся механосборочные, узловой и общей сборки и сварочно-сборочные цехи.

Машиностроительные заводы некоторых отраслей производства, получающие по кооперированию готовые детали и узлы для выпускаемых ими изделий, состоят в основном из сборочных цехов.

Вспомогательные цехи выполняют функции технического обслуживания основного производства или завода в целом. К ним относятся инструментальные, инструментально-штамповые,

ремонтно-механические, модельные, ремонтно-строительные, экспериментальные, упаковочные (тарные) и др.

Особые группы вспомогательных цехов образуют инструментальное и ремонтное хозяйства, энергетические и заводские установки (энергоцехи).

Инструментальное хозяйство завода обеспечивает основное производство оснасткой. В его состав входят инструментальные, инструментально-штамповые, модельные цехи, инструментальные службы в производственных цехах, центральный инструментальный склад (ЦИС), инструментально-раздаточные кладовые, органы технического надзора и контроля за эксплуатацией оснастки.

Ремонтное хозяйство состоит из комплекса вспомогательных ремонтных цехов, цеховых ремонтных и эксплуатационных служб, заводских складов и цеховых кладовых оборудования и запасных частей и т. д.

К энергетическим заводским установкам относят электро- и теплоцентрали, котельные, компрессорные, газогенераторные, кислородные и ацетиленовые станции, устройства водоснабжения и канализации и т. д.

Обслуживающие устройства выполняют функции хозяйственного и частично технического обслуживания завода и объединяются в хозяйства (службы определенного назначения).

В состав транспортного хозяйства входят транспортный цех, рельсовые и безрельсовые дороги, гаражи для автомобилей, авто- и электрокаров, депо, сортировочные станции, мосты и т. д.

Складское хозяйство включает склады металла, материальные, формовочных и шихтовых материалов, жидкого и твердого топлива, покупных изделий и полуфабрикатов, готовой продукции, огнеупоров, металлоотходов и т. д.

К общезаводским устройствам относят заводоуправление, проходные конторы и помещения охраны, машиносчетные станции, АТС, центральную заводскую лабораторию, службу пожарной охраны и т. д.

2.2. Порядок разработки генеральных планов

Под *генеральным планом предприятия* понимается план взаимного расположения на площадке предприятия всех его зданий, сооружений и устройств (транспортных, энергетических, складских, инженерно- и санитарно-технических), зеленых насаждений и ограждений с изображением рельефа территории площадки.

Работу по составлению генплана строительства или реконструкции действующего предприятия проводят отделы генплана института-генпроектировщика с привлечением специализированных проектных организаций. Проектные организации принимают участие в составлении генплана с предпроектного периода. В технико-экономическом обосновании приводится ситуационный план района со схемой возможных площадок для строительства и дается схема генплана предприятия.

Основанием для разработки генплана предприятия служат: задание на проектирование; акт об отводе площадки под строительство предприятия; материалы геодезических и геологических изысканий; архитектурно-планировочное задание; строительный паспорт площадки предприятия; задания на размещение производственных и вспомогательных корпусов, административно-бытовых помещений, теплоэнергетических зданий и сооружений, водоснабжения и канализации, электроснабжения; чертежи внутриплощадочных сетей.

Генеральная проектная организация на основании данных по составу завода, габаритов корпусов, задания по грузообороту предприятия, полученных от главного инженера проекта, разрабатывает технологическую схему генплана. Эта схема используется специализированными проектными организациями для разработки технического проекта архитектурно-строительной и других специальных частей.

После разработки архитектурно-строительной части проекта генеральная проектная организация составляет промежуточный план предприятия. Окончательный генплан выполняется этой же организацией после уточнения габаритов энергетических объектов, сооружений водопровода и канализации, раскладки промышленных сетей.

Одновременно с разработкой генерального плана специализированные проектные организации разрабатывают технический проект рельсового и безрельсового транспорта, автомобильных и железных дорог. В дальнейшем на основании этого проекта генеральный проектировщик наносит на общий чертеж генплана автомобильные и железные дороги.

По окончании строительства предприятия составляется исполнительный генеральный план, который используется при эксплуатации предприятия и разработке проекта его реконструкции и расширения.

2.3. Основные принципы разработки генерального плана и показатели застройки территории

При разработке генерального плана предприятия должны учитываться и решаться вопросы, обусловленные видом производства данного предприятия, местными экономическими и географическими условиями, специальными требованиями, предъявляемыми к данному предприятию и т. д.

Производственные здания и сооружения должны располагаться по схеме: сырьевые базы и склады — заготовительные цехи — обрабатывающие цехи — сборочные цехи — склады готовой продукции.

Цехи и устройства, выделяющие дым, газ, пыль, неприятный запах, необходимо располагать по отношению к другим цехам и жилым районам с подветренной стороны, учитывая направление господствующих ветров.

Особое внимание при разработке генеральных планов предприятий уделяется зонированию территории. Цехи и обслуживающие устройства по их назначению, характеру выполняемых в них процессов, вредности производства, пожароопасности объединяются в отдельные группы. Объекты, входящие в ту или иную группу, необходимо располагать компактно в пределах обособленного участка — зоны. На машиностроительных предприятиях могут быть предусмотрены следующие зоны расположения цехов и устройств: зона заготовительных цехов (кузнечные, литейные, термические

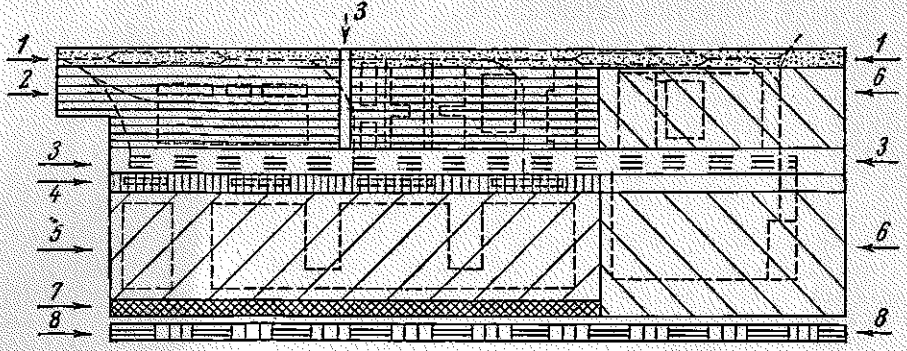


Рис. 2.1. Схема зонирования промплощадки автомобилестроительного завода:
1 — зона путевого железнодорожного хозяйства; *2* — зона заготовительных цехов (литейных, кузнечных, прессового); *3* — зона энергетических объектов и инженерного обеспечения завода; *4* — зона вспомогательных производств главного корпуса; *5* — зона главного сборочного корпуса; *6* — зона складов готовой продукции; *7* — административная зона завода; *8* — автопроезд

цехи), зона обрабатывающих цехов (цехи холодной штамповки, механической обработки и сборки), зона вспомогательных, деревообделочных цехов, энергетических устройств. В практике проектирования машиностроительных предприятий применяется следующий порядок расположения зон: зона общезаводского обслуживания, основных производственных цехов, вспомогательных цехов, складов и баз.

Принципы зонирования территории машиностроительного завода иллюстрирует рис. 2.1.

Цехи с однородным характером производства необходимо располагать в одном здании, создавая блоки цехов, что является целесообразным как в экономическом, так и техническом отношении и, кроме того, способствует уменьшению заводской территории.

Генеральный план предприятия должен быть увязан с проектами планировки прилегающих жилых районов и соседних предприятий, а также ближайшими железнодорожными, автомобильными и водными путями.

При разработке генерального плана взаимное расположение зданий и сооружений и разрывы между ними, другими близлежащими предприятиями и жилыми массивами должны приниматься в со-

ответствии с санитарными нормами проектирования промышленных предприятий и противопожарными требованиями.

Для оценки степени использования застройки машиностроительного предприятия служат два технико-экономических показателя: коэффициент застройки и коэффициент использования площади.

Площадь застройки — это сумма площадей, занятых зданиями, сооружениями, навесами, открытыми технологическими, энергетическими, санитарно-техническими установками, открытыми складами или площадками для хранения готовой продукции, эстакадами, галереями, подземными сооружениями, погрузочно-разгрузочными площадками.

Коэффициент застройки представляет собой отношение площади застройки к общей площади предприятия в ограде. Для новых заводов он составляет 0,35—0,45.

Коэффициент использования площади — это отношение площади застройки с добавлением площади под рельсовые и безрельсовые дороги и под мощеными, бетонированными или асфальтированными площадками к общей площади участка предприятия в пределах его ограды. Для новых заводов он составляет 0,45—0,55.

2.4. Грузооборот завода и его транспорт

Разработка технического проекта транспорта и смет является завершением разработки технологической части технического проекта предприятия. Технический проект транспорта машиностроительного предприятия выполняется специализированными проектными организациями в период разработки генплана предприятия.

Основными данными для проектирования заводского транспорта являются грузооборот и план расположения пунктов отправления и прибытия грузов.

Грузооборотом называется количество грузов, которое необходимо переместить за определенный период времени (год, месяц, сутки, час), в тоннах, кубических метрах, штуках и т. д.

Расчет необходимого количества транспорта обычно производится по максимальному суточному грузообороту. Вид транспорта, применяемого на машиностроительных предприятиях, зависит от размеров предприятия, выпускаемой продукции, грузооборота и местных условий.

Железнодорожный транспорт нормальной колеи применяется на машиностроительных заводах для перевозки массивных и тяжелых (5—10 т и более) грузов, доставки сырья к складам и вывоза готовой продукции с грузооборотом не менее пяти вагонов в сутки. Этот вид транспорта применяется на автомобильных и тракторных, а также на заводах тяжелого машиностроения, где он предназначается для межцеховых перевозок. Железнодорожный транспорт узкой колеи используют для доставки топлива со складов к местам его потребления, для уборки отходов производства и внутрицеховых перевозок.

Автомобильный транспорт применяют для внешних и межцеховых перевозок грузов при грузообороте до 100 т в сутки, а также при большем грузообороте, когда прокладка железнодорожного пути к заводской площадке требует значительных земляных работ и постройки искусственных сооружений.

На автомобильных и тракторных заводах с массовым производством для межцеховых перевозок полуфабрикатов, запасных частей, поковок, штампов могут применяться тягачи с прицепными тележками (трейлерный транспорт) грузоподъемностью до 14 т.

Для перевозки горюче-смазочных и различных вспомогательных материалов на машиностроительных заводах широко используются автомобили различной грузоподъемности, автопогрузчики, электро- и автокары.

Электро- и автокары, имеющие большую маневренность, применяются для доставки и уборки заготовок и деталей непосредственно от рабочих мест и складов.

Автопогрузчики и автокары используют в основном для перемещения грузов по территории завода. При использовании их для внутрицеховых перевозок необходимо предусматривать в цехах дополнительную вентиляцию.

Конвейерный транспорт применяется для транспортировки из одного цеха в другой заготовок и деталей. Достоинства этого вида транспорта в том, что он не стесняет заводской территории, может перемещать грузы как в горизонтальном, так и в вертикальном положении.

Однорельсовые подвесные дороги используют для межцеховых перевозок грузов при их объеме свыше 25 000 т в год и расстояниях до 300 м.

На отдельных предприятиях применяется гидро- и пневмотранспорт и подвесные канатные дороги. Для ускорения перевозок, снижения их стоимости, уменьшения порчи и потерь материалов и изделий на машиностроительных заводах широко применяются контейнерные и пакетные перевозки.

Глава 3. ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ЦЕХОВ

3.1. Методы проектирования цехов

При проектировании необходимые типоразмеры и количество оборудования, численность рабочих, энергетические потребности цехов и ряд других данных, которые входят в состав проекта цеха и завода, определяют одним из двух методов.

Метод укрупненного проектирования основан на использовании так называемых укрупненных показателей: например, масса падающих частей молотов может выбираться в зависимости от развеса обрабатываемых поковок, а для определения количества производственного оборудования необходимо иметь данные их средней часовой производительности.

Укрупненные показатели берут из опыта работы передовых заводов и цехов. В ряде случаев используют также показатели, вы-

веденные на основе детально разработанных проектов заводов и цехов, выпускаемых продукцию, сходную с продукцией проектируемого цеха или завода.

Метод укрупненного проектирования является преобладающим при разработке технических проектов. Основанный на применении обобщенных показателей, он не может претендовать на особую точность результатов. Этот метод не отражает полностью характерных черт технологического процесса изготовления отдельных деталей и не применяется, когда проект разрабатывается для какого-либо нового производства, на которое не могут быть распространены существующие обобщенные показатели.

Метод детального проектирования основан на углубленной разработке отдельных частей проекта. При детальном проектировании ведут подробную разработку технологических процессов для всех или большинства деталей, входящих в производственную программу, так как правильно и подробно разработанный технологический процесс определяет правильность разработок остальных частей проекта.

Метод детального проектирования применяется при проектировании предприятий с новой, неосвоенной или особо сложной технологией производства. Подробная разработка технологического процесса при использовании этого метода производится для всех деталей (при небольшом количестве их в номенклатуре) или же для деталей-представителей. По детали-представителю производится выбор оборудования, на котором будут обрабатываться детали данной группы, инструмент и т. д. Метод детального проектирования можно применять для определения количества рабочих, различных видов энергии, площадей цеха и т. д.

3.2. Режим работы и фонды времени оборудования и рабочих

Режим работы включает следующие составляющие: прерывное или непрерывное производство; число праздничных дней в году; число рабочих дней в неделю; продолжительность рабочей недели (в часах); число смен работы в сутки; продолжительность рабочей смены (в часах); принятый график работы.

Количество рабочих дней в году зависит от того, является ли производство предприятия непрерывным или прерывным. Машиностроительные заводы, как правило, характеризуются прерывным производством, но на них имеются участки и агрегаты, которые по производственно-техническим условиям должны работать непрерывно: участки с уникальным дорогостоящим оборудованием, термические печи с длительным циклом обработки и т. д.

Различают участки и агрегаты с круглогодичной и круглосуточной непрерывной работой (365 рабочих дней по 24 часа); с круглогодичной работой непрерывно, кроме праздничных дней (357 рабочих дней по 24 часа); с круглосуточной работой непрерывно, кроме выходных и праздничных дней (число рабочих дней — в зависимости от принятого графика работы).

Фактическое количество праздничных дней подсчитывается для каждого конкретного года, так как возможны совпадения праздничных и выходных дней. Средняя фактическая продолжительность рабочего времени при пятидневной рабочей неделе должна составлять 41 час (для работы с вредными условиями труда 36 часов).

На машиностроительных заводах работают по графикам, утвержденным администрацией предприятия по согласованию с заводским местным комитетом профсоюзов.

Как правило, на таких заводах принят двухсменный режим работы цехов. Кузнечно-штамповочные цехи и цехи холодной штамповки обычно работают в две смены, исключение составляют отдельные участки и агрегаты, где недопустим перерыв в технологическом процессе. Так, термические отделения, не входящие в общий технологический поток, работают в три смены. Кузнечно-прессовые цехи и их отделения, ведущие обработку тяжелых слитков на крупных прессах, работают в три смены. Трехсменный режим работы может быть принят для уникального дорогостоящего оборудования (крупные прессы кузнечных и прессовых цехов), когда для выполнения программы при двухсменной работе требуется установка дополнительных единиц оборудования, что экономически не оправдывается.

При проектировании предприятий различают три вида годовых фондов времени: календарный, номинальный (режимный) и действительный (расчетный).

Календарный годовой фонд времени работы единицы оборудования равен произведению числа календарных дней в году на число часов в сутки, т. е. $365 \times 24 = 8760$ ч.

Номинальный (режимный) годовой фонд времени работы единицы оборудования определяется путем исключения из полного календарного фонда времени количества часов, которые приходятся на выходные и праздничные дни, на нерабочие смены, обеденные и межсменные перерывы, на сокращение смены в предпраздничные дни. Этот фонд времени работы рабочих независимо от принятого графика работы является одинаковым: для производств с 41-часовой рабочей неделей он равен 2070, а для производств с 36-часовой рабочей неделей — 1830 ч.

Действительный (расчетный) фонд времени — это время, которое в проектных расчетах может быть полностью использовано для загрузки оборудования и рабочих производственной работой. Он определяется путем исключения из номинального фонда затрат времени, которые неизбежны для производства.

При определении действительного годового фонда времени рабочих учитываются потери времени, связанные с невыходом на работу по следующим причинам: очередной и профессиональный отпуск; отпуск для учебы; заболевания; отпуск женщинам по беременности и родам; время на кормление грудных детей; сокращение продолжительности рабочего дня подростков (в возрасте от 16 до 18 лет); выполнение государственных обязанностей (народные заседатели, депутаты и т. п.).

При определении действительного (расчетного) годового фонда времени работы оборудования из номинального фонда исключают затраты времени, связанные с плановыми ремонтами, которые устанавливаются на основании утвержденных норм системы планово-предупредительных ремонтов.

Малые ремонты, профилактические работы по осмотру и проверке оборудования, а также часть среднего ремонта выполняют в выходные дни, а при двухсменном режиме работы оборудования — в третью смену. Другие простои оборудования при расчете действительного годового фонда времени его работы не учитываются. Действительные (расчетные) годовые фонды времени работы оборудования кузнечно-штамповочного производства и цехов холодной штамповки приведены в соответствующих главах данного пособия.

Раздел II. ПРОЕКТИРОВАНИЕ КУЗНЕЧНЫХ ЦЕХОВ И ЗАВОДОВ

Глава 4. ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ КУЗНЕЧНЫХ ЗАВОДОВ

4.1. Основные технические направления проектирования кузнечных заводов

В современных условиях кузнечное производство СССР развивается двумя основными путями — строительство отраслевых кузнечных заводов и цехов и организация производств для продукции общемашиностроительного применения.

Во многих отраслях машиностроения, особенно с мелкосерийным типом производства, в связи с небольшой потребностью в поковках наиболее целесообразно обеспечивать ими предприятия путем организации централизованных специализированных заводов (центрокузов) [5].

Такие заводы создаются в основном как межотраслевые. Они обслуживают машиностроительные предприятия, находящиеся в экономическом районе, независимо от их ведомственной принадлежности. Кузнечный завод (центрокуз) является самостоятельным централизованным предприятием по производству поковок для поставки их другим (обрабатывающим) предприятиям непосредственно или через централизованные базы снабжения. Его мощность определяется потребностью самых крупных машиностроительных заводов.

Основным признаком специализации этих заводов является общность параметров технологических процессов, массы и габаритов поковок. Кузнечные заводы могут быть классифицированы следующим образом [2]: а) заводы по производству штампованных поковок малого развеса, крупного развеса и широкого диапазона развесов (универсальные по развесу); б) заводы по производству кованых поковок из слитков, проката и из слитков и проката; в) заводы по производству штампованных и кованых поковок.

Кузнечный завод может иметь высокий уровень специализации даже в том случае, если он является в целом универсальным предприятием. При этом кузнечные цехи, входящие в его состав, должны быть узко специализированы по оборудованию, технологическим процессам, развесам и номенклатуре выпускаемой продукции. Так, крупный центрокуз широкой номенклатуры и развесов штампованных поковок может иметь в своем составе цехи штамповочных молотов для изготовления крупных поковок, горячештамповочных кривошипных прессов для изготовления поковок средних развесов, ковочных машин и мелких прессов, поточных автоматизированных линий.

В развитии межотраслевого кузнечно-штамповочного производства (межотраслевых центрокузов) можно условно выделить три этапа: строительство универсальных центрокузов дискретно-поточного производства; строительство центрокузов смешанного типа, имеющих в составе как цехи с дискретно расположенными агрегатами, так и цехи комплексно-поточных линий; строительство заводов, состоящих из цехов, укомплектованных исключительно комплексно-поточными технологическими линиями. Таковы тенденции и основные технические направления в проектировании центрокузов межотраслевого назначения на ближайшие 10—15 лет.

Другой путь предопределяет совершенствование отраслевой специализации. В крупносерийном машиностроении, где потребность в поковках велика, оправдывает себя создание централизованных базовых кузнечных заводов с широкой номенклатурой поковок. Производство последних организуется либо в пределах определенной отрасли (например, автомобильной — Токмакский кузнечно-штамповочный завод), либо для нужд одного крупного промышленного комплекса отрасли (кузнечный завод КамАЗа).

Наряду с самостоятельными кузнечными заводами (отраслевыми и межотраслевыми) возможна другая форма специализации кузнечного производства — создание централизованных заготовительных предприятий, в состав которых входит отдельный кузнечный цех или их комплекс. Это кузнечно-прессовые заводы однородных видов производств — кузнечного, прессового и т. д.— и заготовительные заводы — кузнечно-литейные, кузнечно-сварочные, кузнечно-механические, комплексные (три и более видов производств). Самостоятельные кузнечные заводы имеют более высокий уровень специализации, чем комплексные заготовительные.

Организация широкой сети специализированных кузнечных производств обеспечит решение целого комплекса задач: создаст возможности для развития производства на базе новейшей техники, позволит прекратить производство в мелких нерентабельных цехах с неудовлетворительными условиями труда, обеспечит опережающее развитие мощностей кузнечного производства по сравнению с мощностями механообрабатывающих цехов в машиностроении.

4.2. Мощность и организационная структура специализированных предприятий

Организация централизованных кузнечных предприятий требует тщательного технико-экономического обоснования их строительства и размещения. Важнейшим вопросом при этом является определение оптимальных объемов производства специализированных центрокузов, которые являются экономическим критерием целесообразности создания таких заводов. Необходимо помнить, что сокращение удельных накладных расходов завода может быть достигнуто прежде всего за счет увеличения его мощности.

Оптимальной мощностью кузнечного завода будет являться мощность, обеспечивающая достижение наивысших производствен-

ных показателей, практическое улучшение которых не может быть достигнуто дальнейшим увеличением объема производства. Величина оптимальной мощности зависит в первую очередь от серийности производства и развеса штампуемых поковок (табл. 4.1).

Табл. 4.1. *Оптимальные мощности кузнечных заводов по производству штампованных поковок* [2]

Серийность производства	Оптимальная мощность (тыс. т) при средней массе поковок, кг		
	до 2,5	2,5—6,3	свыше 6,3
Крупносерийное	100	100—200	200—300
Серийное		100—150	150—200

Серьезным фактором, ограничивающим мощность централизованных специализированных предприятий, является радиус производственных связей, т. е. расстояние до заводов-потребителей. Оптимальным расстоянием централизованных перевозок штампованных поковок является радиус до 1000 км

При организации специализированного производства тяжелых поковок необходимо исходить из мощности уникального прессового и молотового оборудования. Объем такого производства, как правило, должен обеспечить потребность предприятий группы экономических районов. Радиус рационального кооперирования при этом увеличивается. Так, при производстве поковок развесом до 320 кг радиус перевозок достигает 1500 км; поковками массой до 4500 кг специализированный цех (завод) с годовым выпуском не ниже 35 000 т может успешно снабжать машиностроительные заводы в радиусе до 2000 км [5].

Концентрация производства однотипных поковок приводит к наиболее полному использованию всех ее преимуществ и обеспечивает значительную экономию материальных и трудовых ресурсов. Повышение уровня концентрации кузнечного производства улучшает его технико-экономические показатели (рис. 4.1).

Каждый кузнечный завод состоит, как правило, из нескольких кузнечных и вспомогательных цехов, комплекса энергетических сооружений, складов и служб. Определяющими принципами при характеристике производственных подразделений являются общий объем кузнечного производства, численность работающих в нем и общая площадь (табл. 4.2).

Общими требованиями при проектировании централизованных кузнечных заводов являются выделение заготовительных подразделений в единый цех и совмещение его со складами металла и заготовок. В этом случае создаются наиболее благоприятные условия для централизованного снабжения всех кузнечных цехов завода. При этом склады черных металлов следует проектировать закры-

тыми, что уменьшит потери от коррозии и исключит необходимость подогрева металла перед резкой в зимнее время.

Отклонение от этих требований возможно в тех случаях, когда заготовительное оборудование входит в состав автоматизированных или механизированных линий кузнечной обработки и размещается в составе этих линий в кузнечных цехах, а также в отдельных технически обоснованных случаях.

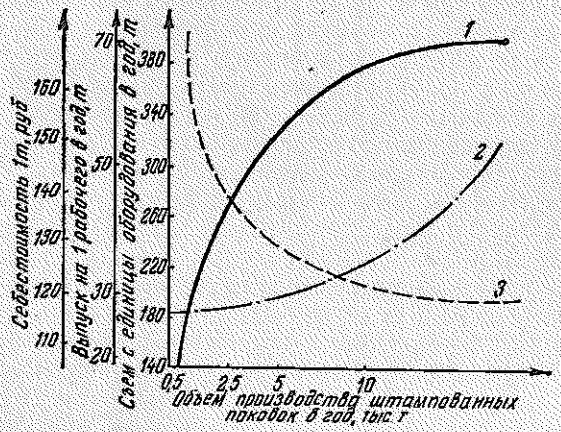


Рис. 4.1. Изменение технико-экономических показателей в зависимости от объема производства штампованных поковок из углеродистых сталей:
1 — съем с единицы оборудования; *2* — выпуск на одного рабочего; *3* — себестоимость 1 т

Табл. 4.2. *Признаки производственных подразделений кузнечного производства* [2]

Наименование подразделения	Выпуск поковок в год, тыс. т	Численность работающих, чел.	Общая площадь, м²
Завод	100 —500	1000—5000	50 000—200 000
Корпус	20 —200	400—2000	10 000—75 000
Цех	10 —100	200—1000	5 000—30 000
Отделение	1 —10	40—200	1 000—5 000
Участок	0,1—1	8—40	200—1 000

Кузнечные цехи завода комплектуются однотипным оборудованием, желательно более узкого диапазона типоразмеров, и располагаются в отдельно стоящих зданиях, что позволяет обеспечивать специализацию производства по следующим основным признакам: а) по основному технологическому оборудованию (например, цех КГШП); б) по развесу поковок (узкий диапазон типоразмеров оборудования); в) по конфигурации поковок (изготовление группы по-

ковок на одном агрегате); г) по технологическим процессам (осуществление штамповки группы поковок на каждом агрегате по единой технологии).

При наличии оборудования для ковки последнее должно быть вынесено в отдельный самостоятельный корпус (цех). Если объем производства недостаточен для организации отдельного цеха, ковочное оборудование может быть как исключение расположено в одном корпусе с другими цехами, но в отдельном пролете.

При проектировании централизованных специализированных кузнечных предприятий термическую обработку поковок следует производить в отдельном термическом цехе, обслуживающем все кузнечные цехи завода. Он должен иметь отделения очистки, правки-чеканки, консервации поковок (во избежание коррозии) и единый для всего завода склад готовой продукции.

Собственные термические отделения в кузнечных цехах рекомендуются в тех случаях, когда термическое оборудование входит в состав автоматизированных (механизированных) кузнечных линий; когда оно предназначено для обработки поковок, существенно отличающихся от поковок других кузнечных цехов завода (например, цех, оснащенный мощным ковочным оборудованием, и др.); наконец, когда централизация термической обработки не позволяет унифицировать оборудование или использовать агрегаты большой производительности.

При организации производства поковок из слитков возможно расположение в одном промышленном узле двух крупных централизованных заводов — литейного и кузнечного — с учетом организации поставок на центрокуз горячих слитков (производство поковок из холодных слитков нерентабельно в связи с большим перерасходом топлива).

При проектировании центрокузов следует предусматривать железнодорожные вводы на склады металла и готовой продукции. При этом для отправки поковок необходимо использовать унифицированную тару или специальные поддоны. Тара и поддоны предназначены для погрузки и разгрузки автопогрузчиками и складирования в несколько (3—4) этажей на складах.

В такой же таре осуществляется перевозка и складирование грузов между цехами и внутри цехов завода, за исключением случаев, когда грузы перемещаются на транспортных конвейерах. Необходимые производственные заделы изделий и полуфабрикатов хранятся, как правило, в этой же таре. Такой способ транспортировки грузов позволяет полностью механизировать погрузочно-разгрузочные работы, однако требует большого количества тары и возврата ее отправителю.

Все межцеховые транспортные операции осуществляются транспортным цехом завода. Наиболее эффективными видами транспорта являются [2]: однорельсовая подвесная дорога с автоматическим адресованием и дистанционным управлением; подвесной конвейер с автоматическим адресованием при массовом малономенклатурном производстве; электропогрузчики с вилочным или специальным за-

хватом при незначительной протяженности грузопотоков; авто- и электроплатформы грузоподъемностью 10 тс и более.

Все внутрицеховые операции осуществляются цеховым транспортом.

4.3. Организация производства поковок

Быстрые темпы развития машиностроения требуют значительного повышения удельного веса обработки металлов давлением в промышленности, особенно объемной штамповки. Представление о постоянном изменении структуры выпуска поковок дает табл. 4.3.

Табл. 4.3. *Изменение структуры выпуска поковок* [5], %

Виды поковок	1965 г.	1970 г.	1975 г.
Кованые из слитков	9	8	7
Кованые из проката	32	24	20
Штампованные	59	68	73

Широкое внедрение прогрессивной технологии на базе комплексной механизации и автоматизации производственных процессов, использование современного кузнечного оборудования позволяет существенно улучшить и структуру технологии производства поковок (табл. 4.4).

Табл. 4.4. *Совершенствование структуры технологии производства поковок (по данным Гипроавтопрома)*

Способы изготовления	Поковки от общей массы, %		
	1965 г.	1970 г.	1975 г.
Ковка:			
на гидравлических прессах	15	17	18
на молотах	24	15	9
Горячая штамповка:			
на молотах	28	26	21
на горизонтально-ковочных машинах (ГКМ)	19	12	11
на кривошипных горячештамповочных прессах (КГШП) и прессах-автоматах	10	20	30
на прочем универсальном оборудовании	8,7	6,5	4,5
Вальцовка и прокатка на специальном оборудовании	1	3	5
Холодная объемная штамповка на механических прессах	0,3	0,5	1,5

Задачи дальнейшего значительного увеличения производства поковок в ближайшие 5—10 лет могут быть эффективно решены путем дальнейшей специализации и концентрации производства.

Основные направления совершенствования технологии и организации производства поковок можно проследить на примере проекта строительства кузнечного завода на выпуск 300 тыс. т поковок в год [6].

Применение поточных технологических и автоматических линий, а также использование современных типов штамповочного и нагревательного оборудования определяет технический уровень указанного кузнечного завода и характеризуется следующим соотношением способов изготовления поковок (табл. 4.5) и объемов производства последних на определенных группах оборудования (табл. 4.6).

Табл. 4.5. *Структура технологии производства кузнечного завода на 300 тыс. т поковок в год* [6]

Вид технологических процессов	Число типоразмеров деталей	Годовой выпуск, % к массе поковок
Нагрев заготовок под штамповку:		
в пламенных печах	54	29
в индукционных нагревателях	270	71
Штамповка:		
из периодического проката	3	5,6
с применением вальцовки	33	5,9
штамповка шестерен со штампованным зубом	10	4
методом выдавливания	25	9
методом поперечно-клиновой прокатки	14	3
штамповка с малым облоем	50	12
Термообработка:		
в линиях с использованием ковочного тепла	17	27
изотермический отжиг	108	29
улучшение	120	26.7
нормализация	79	30,9
нормализация с высоким отпуском	8	12,6

Табл. 4.6. *Объем производства поковок по группам оборудования* [6]

Ведущее оборудование	Число типоразмеров деталей	Годовой выпуск, % к массе поковок
Штамповочные молоты	41	26
Горизонтально-ковочные машины	21	4,7
Кривошипные горячештамповочные прессы	171	34
Автоматические линии	26	25
Гидровинтовые пресс-молоты	41	2,6
Станы поперечно-клиновой прокатки	14	3
Прочие машины	10	4,7

Табл. 4.7. *Распределение трудоемкости изготовления поковок по видам обработки при горячей объемной штамповке [2]*

Наименование операции	Трудоемкость изготовления поковок, %
Подготовка исходного материала	0,5
Резка материала на заготовки мерной длины	6
Итого:	6,5
Нагрев заготовок под штамповку	9
Штамповка	29
Обрезка облоя	15
Правка	4
Заточка заусенцев	3
Чеканка и калибровка	2
Исправление дефектов	1
Итого:	63
Термическая обработка	18
Очистка от окалины	8
Правка	2
Итого:	28
Защитное покрытие поковок	2,5
Всего:	100

Трудоемкость изготовления поковок при проектировании кузнечных заводов (цехов) определяется расчетом, методика которого будет рассмотрена ниже. При разработке технико-экономических обоснований данные примерного распределения трудоемкости изготовления поковок по видам технологической обработки можно взять из табл. 4.7 и 4.8. Численность работающих определяется укрупненным расчетом в зависимости от серийности, объема производства и развеса поковок (табл. 4.9—4.11).

4.4. Планировочные решения

Из-за значительного дефицита в поковках межотраслевого применения, в настоящее время (по данным МИСПа) для универсальных центрокузов дискретно-поточного производства принята следующая организационная схема: отдельно стоящий заготовительно-термический цех и несколько однопролетных с боковыми открылками кузнечно-штамповочных.

Подобная схема обеспечивает сравнительно низкие капиталовложения в строительную и сантехническую части при обеспечении оптимальных условий рабочих мест. Преимуществом ее является также гибкость технологии, необходимая в многономенклатурном

78 i063655 ФБ Таш

Табл. 4.8. *Распределение трудоемкости изготовления поковок по видам обработки при ковке* [2]

Наименование операции	Трудоемкость изготовления поковок, %	
	ковка из проката	ковка из слитков
Подготовка исходного материала	3	2
Резка или ломка проката на заготовки мерной длины	15	—
Итого:	18	2
Нагрев заготовок и слитков под ковку (включая подогревы)	12	10
Ковка (включая разделку слитков)	40	60
Промежуточный контроль	2	3
Исправление дефектов	2	2
Итого:	56	75
Термическая обработка	14	8
Очистка от окалины	4	—
Правка	2	2
Промежуточный контроль	2	3
Исправление дефектов	1	1
Обдирка поковок	—	5
Итого:	23	19
Контроль и приемка поковок	1	1
Защитное покрытие поковок	2	3
Всего:	100	100

Табл. 4.9. *Выпуск поковок на одного работающего по кузнечным заводам (горячая объемная штамповка)*, т,* [2]

Средняя масса поковки (не более), кг	Крупносерийное производство			Серийное производство		
	объем производства поковок (не более), тыс. т/год					
	100	200	300	100	200	300
2,5	50	60	70	40	50	60
4,0	60	70	80	50	60	70
6,3	70	80	90	60	70	80
10,0	80	90	100	70	80	90
16,0	90	100	110	80	90	100
25,0	100	110	120	90	100	110
40,0	110	120	130	100	110	120

* Для заводов, оснащенных прессовым оборудованием и поточными линиями. При отсутствии последних следует применять коэффициент 0,85; для молотового оборудования — 0,65.

Табл. 4.10. *Выпуск поковок на одного работающего по кузнечным заводам (ковка), т* [2]

Средняя масса поковки (не более), т	Число поковок в партии, до 20 шт.			Число поковок в партии, более 20 шт.		
	объем производства поковок (не более), тыс. т/год					
	100	200	300	100	200	300
0,25	65	70	75	80	85	90
0,4	70	75	80	85	90	95
0,63	75	80	85	90	95	100
1,0	80	85	90	95	100	105
1,6	85	90	95	100	105	110
2,5	90	95	100	105	110	115
4,0	95	100	105	110	115	120
6,3	100	105	110	115	120	125
10	105	110	115	120	125	130
16	110	115	120	125	130	135

Табл. 4.11. *Соотношение категорий работающих на кузнечных заводах* [2]

Категория работающих	Численность работающих, %	
	горячая объемная штамповка	ковка*
Производственные рабочие	40	50
Вспомогательные рабочие	40	35
ИТР	12	8
Служащие	6	5
МОП	2	2

* Без сталелитейного производства.

производстве, и возможность пуска цехов очередями без перепланировки оборудования.

По мере развития кузнечных мощностей межотраслевого назначения в результате перераспределения номенклатуры появляется возможность перейти к созданию центрокузов смешанного типа, в которых наряду с цехами дискретно-поточного производства имеются и цехи комплексно-поточных линий. Это позволяет, сохраняя на первой очереди строительства все преимущества завода первого типа, уже во второй очереди перейти к специализации производства по детальному принципу.

В перспективе при дальнейшей широкой унификации, нормализации и стандартизации продукции возможно строительство центрокузов третьего типа, укомплектованных исключительно комплексно-поточными технологическими линиями.

Потребность в общих площадях указанных заводов, включая цехи основного и вспомогательного производства, склады и эстакады, энергетические и инженерные службы, можно определить по приближенным данным (табл. 4.12—4.14).

Табл. 4.12. *Выпуск поковок на 1 м² общей площади по кузнечным заводам (горячая объемная штамповка), т* [2]

Средняя масса поковки (не более), кг	Крупносерийное производство			Серийное производство		
	объем производства поковок (не более), тыс. т/год					
	100	200	300	100	200	300
2,5	1,2	1,3	1,4	1,1	1,2	1,3
4,0	1,3	1,4	1,5	1,2	1,3	1,4
6,3	1,4	1,5	1,6	1,3	1,4	1,5
10,0	1,5	1,6	1,7	1,4	1,5	1,6
16,0	1,6	1,7	1,8	1,5	1,6	1,7
25,0	1,7	1,8	1,9	1,6	1,7	1,8
40,0	1,8	1,9	2,0	1,7	1,8	1,9

Табл. 4.13. *Выпуск поковок на 1 м² общей площади по кузнечным заводам (ковка), т* [2]

Средняя масса поковки (не более), т	Число поковок в партии, до 20 шт.			Число поковок в партии, более 20 шт.		
	объем производства поковок (не более), т/год					
	100	200	300	100	200	300
0,25	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9
0,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0
0,63	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1
1,0	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2
1,6	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3
2,5	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4
4,0	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5
6,3	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6
10,0	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7
16,0	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8

Табл. 4.14. *Распределение площади, занимаемой кузнечным заводом [2] (развернутая общая площадь застройки)*

Наименование цехов и служб	Площадь, %	
	горячая объемная штамповка	ковка
Кузнечные цехи	35	50
Термический цех (отделение) с участками очистки, правки-чеканки, консервации	20	10
Заготовительный цех со складом заготовок	14	2
Обдирочный цех	—	6
Штампо-инструментальный цех	6	1
Ремонтно-механический цех с отделением нестандартизированного оборудования	3	4
Электроремонтный цех	1	1
Ремонтно-строительный цех	0,5	1
Транспортный цех	0,5	2
Склад металла	5	2
Склад готовой продукции	4	2
Крановые эстакады	3	7
Энергетические службы	3	4
Инженерный корпус с ЦЗЛ и вычислительным центром	3	3
Прочие службы	2	5
Итого:	100	100

Рациональное использование площадей обеспечивается четким соблюдением принципа зонирования территории при разработке генерального плана завода, позволяющего осуществить блокирование цехов и площадей в одном здании. Примером подобного решения является компоновка кузнечного завода, приведенная на рис. 4.2.

Общие тенденции планировки межотраслевых центрокузов характеризует схема генерального плана кузнечного завода (рис. 4.3), размещаемого в составе отдельного промышленного узла [2].

Кузнечный завод состоит из четырех производственных цехов: заготовительного *1* со складом металла с общезаводской крановой эстакадой *2* для приемки и хранения поступающих грузов; цеха крупных поковок *3*; поточных механизированных и автоматических линий *4*; цеха мелких и средних поковок *8*; корпуса вспомогательных цехов *10*. В предлагаемом решении бытовые помещения *6* производственных цехов сблокированы и расположены между цехами; бытовые помещения вспомогательных цехов сблокированы с инженерно-административным корпусом *9*. Работающие из бытовых помещений в цехи переходят по подвесным переходным галереям *7*. Уборка металлоотходов из цехов на общезаводской склад производится подземной системой конвейеров *5*.

На схеме отсутствуют объединенные в общеузловой комплекс энергетические и транспортные сооружения. Система подъездных путей *11* также является общеузловой. Термические отделения размещены при каждом кузнечном цехе. Заготовки в кузнечные цехи

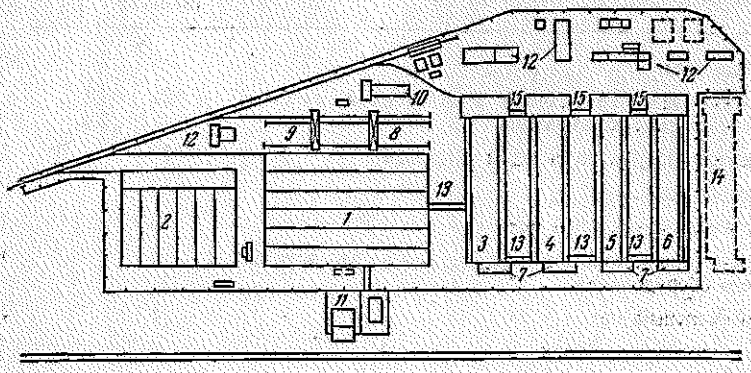


Рис. 4.2. Генеральный план кузнечного завода:

1 — заготовительно-термический корпус; *2* — корпус вспомогательных цехов; *3—6* — кузнечные цехи; *7* — бытовые кузнечных цехов; *8* — склад металла; *9* — площадка-склад для оборудования; *10* — гараж для спецмашин; *11* — инженерно-лабораторный корпус с бытовыми; *12* — объекты складского и вспомогательного назначения; *13* — пешеходные галереи; *14* — резервные территории для расширения; *15* — склады готовой продукции

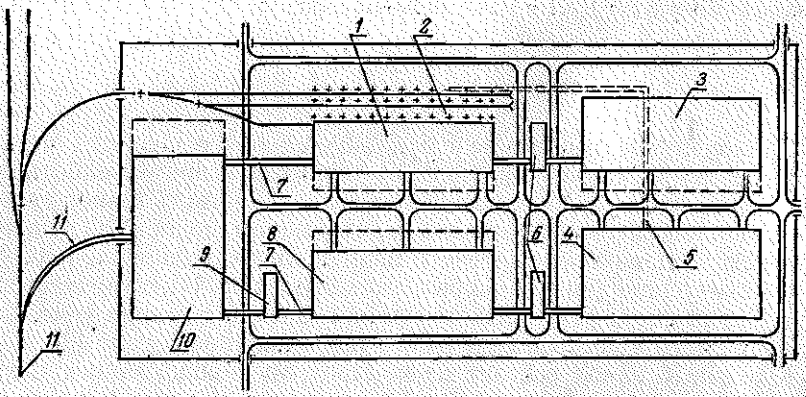


Рис. 4.3. Схема генерального плана кузнечного завода мощностью 300 тыс. т штампованных поковок крупносерийного и массового производства

и поковки на склад готовой продукции доставляются автомобильным транспортом. Около каждого цеха предусмотрены широкие зоны озеленения.

Схема генерального плана кузнечного завода на выпуск 100 тыс. т поковок приведена на рис. 4.4 [4].

Основные тенденции развития кузнечно-штамповочного производства определяют и технические направления в проектировании

межотраслевых центрокузов на более длительную перспективу. Повышение уровня специализации и концентрации промышленности, удорожание рабочей силы и заводской территории, централизация вспомогательных и ремонтных служб по промузлу, защита биосферы, замена железнодорожного промузлового транспорта пневматическим — все это приводит к выводу о необходимости организации центрокуза в одном производственном здании.

Обычно здания прямоугольной формы позволяют решать проблемы лишь дискретно-поточного завода, поскольку сильно отли-

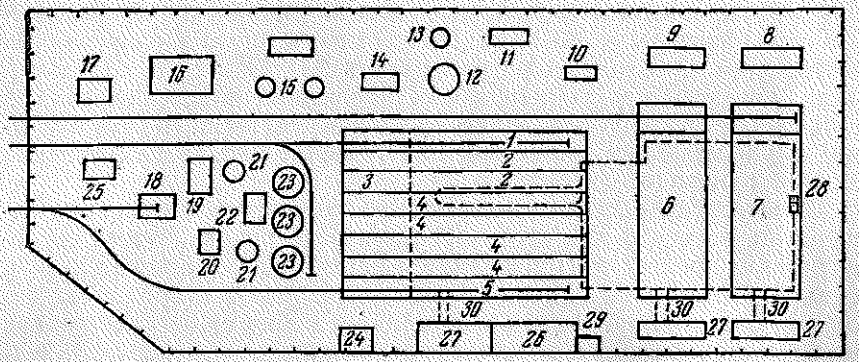


Рис. 4.4. Схема генерального плана кузнечного завода на выпуск 100 тыс. т поковок:

1 — склад металла; *2* — заготовительный цех; *3* — блок вспомогательных цехов; *4* — термический цех; *5* — склад поковок; *6, 7* — ковочно-штамповочные цехи; *8* — компрессорная; *9* — котельная; *10* — насосная станция; *11* — градирня; *12* — резервуар производственной воды; *13* — резервуар хозяйственной и противопожарной воды; *14* — насосная станция канализации; *15* — очистные сооружения; *16* — понизительная подстанция; *17* — пожарное депо; *18* — экипировочный пункт тепловоза; *19* — автогараж; *20* — газораспределительная подстанция; *21* — резервуар масел; *22* — сливоналивочное устройство; *23* — хранилище мазута; *24* — прачечная для спецодежды; *25* — склад ацетилена, кислорода, углекислоты; *26* — административно-инженерный корпус; *27* — бытовые помещения; *28* — самоходные электротали на монорельсовом пути; *29* — проходная; *30* — подземный переход

чающиеся по габаритам специализированные линии не обеспечивают соблюдения принципа зонирования. Для размещения их по данным МИСПа рекомендуются круглые в плане здания, что позволяет размещать линии по дугам окружностей, причем чем длиннее линия, тем ближе к периметру она располагается. При этом обеспечивается сохранность всех основных зон, прокладка кратчайших коммуникаций по радиусам, облегчаются строительные решения (административно-бытовая часть здания располагается в центре в виде башни), оптимально решаются вопросы вентиляции и максимально используется площадь корпуса.

4.5. Организация управления

Управление предприятием организуется с учетом производственной специализации управленческого аппарата и территориального размещения производства.

Схема управления должна в полной мере отражать принцип единоначалия и обеспечивать конкретное оперативное руководство производством. При этом управленческий аппарат должен обеспечивать планирование, техническую подготовку производства, техническое и хозяйственное обслуживание, учет и контроль производства, анализ работы предприятия.

Эпоха научно-технической революции характеризуется непрерывным ростом сложности задач управления, которые в полной мере не могут быть решены без широкого использования ЭВМ. В настоящее время в нашей стране разрабатываются и успешно применяются автоматизированные системы управления производством так называемые АСУПы. При создании специализированных центрокузов необходимо разрабатывать АСУП в виде отдельной части проекта, предусматривая ее проектирование, внедрение и дальнейшее функционирование под непосредственным руководством и наблюдением директора или главного инженера (принцип первого руководителя).

Процесс управления предприятием начинается с принятия решений на всех уровнях — от директора и до руководителей технологических процессов. При формировании управленческого решения должны быть учтены задачи, стоящие перед данным предприятием, информация о работе всей организации и информация о состоянии дел во внешней среде и подобных организациях.

Увеличивающаяся сложность работы предприятия (большая номенклатура, многообразие технологии и взаимосвязей служб производства, поставленных задач) требует применения ЭВМ для управления производством. Поток информации поступает в ЭВМ с каждого уровня управления и каждого технологического процесса. Математическое обеспечение ЭВМ обрабатывает этот поток информации и хранит его в информационной базе. Математическое обеспечение АСУП использует эту информацию для решения задач управления. С его помощью на ЭВМ осуществляется поиск оптимальных решений и выдаются их варианты на каждый уровень управления.

Из вышесказанного следует, что все вычислительные операции по планированию и отчетности, все инженерно-экономические и бухгалтерские расчеты должны осуществляться вычислительным центром, находящимся обычно в ведении главного инженера.

Эта система базируется на точном учете (с помощью специальных счетных устройств) готовой продукции и полуфабрикатов на складах и ведущем оборудовании, применении установок для сбора и передачи на диспетчерский пункт информации о количестве изготовленных поковок по операциям, о времени и причинах простоя оборудования и т. п. Она должна обеспечивать возможность дистанционной передачи информации на центральный диспетчерский пульт завода всех сведений, необходимых для оперативного управления производством. При этом подразумевается использование единой системы учета и единой документации для всех видов расчетов, использование аналитических, счетно-перфорационных и дру-

гих машин для накапливания и обработки поступающей информации, применение надежных средств связи между всеми подразделениями.

Глава 5. ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА В КУЗНЕЧНЫХ ЦЕХАХ

5.1. Классификация кузнечных цехов

Кузнечные цехи являются основными заготовительными цехами на большинстве машиностроительных заводов. Это объясняется тем, что кованые и штампованные детали используются в наиболее ответственных узлах машин (коленчатые и распределительные валы, шатуны, шестерни и т. п.). Детали, изготовленные ковкой и штамповкой, в современных тракторах и автомобилях составляют около 30% общей массы этих машин, причем развес поковок колеблется в очень широких пределах.

Значение кузнечного производства в отечественном машиностроении хорошо иллюстрирует удельный вес себестоимости поковок в общей себестоимости машиностроительной продукции, достигающий, например, в производстве автомобилей и тракторов 20—30%. Этот показатель существенно зависит от характера выпускаемой продукции и объемов производства.

В отечественном машиностроении свыше 1500 предприятий имеют кузнечные цехи, изготовляющие кованые и штампованные поковки. Общее же количество кузнечных цехов и участков в нашей промышленности превышает 2000 [5].

Особенности производства различных отраслей машиностроения отражаются на кузнечных цехах соответствующих заводов с точки зрения объема и характера производства, преобладающих технологических процессов, соответственно типов и размеров ведущего производственного оборудования, уровня механизации и автоматизации и т. п. В связи с этим в машиностроении наблюдается большое разнообразие цехов одного и того же назначения, требующее своей классификации по целому ряду признаков.

Классификация кузнечных цехов необходима при разработке для них различных нормативов и типовой технологии, определении производственной мощности, разработке и систематизации технико-экономических показателей, оценке уровня механизации и автоматизации кузнечного производства. Классификация цехов позволяет оценивать эффективность уже работающих и вновь разрабатываемых производств.

Кузнечные цехи машиностроительных заводов классифицируются в зависимости от характера и типа производства, особенностей технологического процесса и применяемого оборудования, развеса поковок, объема производства и вида выпускаемой продукции.

По характеру производства цехи подразделяются на *специализированные* и *универсальные*.

В специализированных цехах продукция обычно технологически однородна. Поэтому даже при относительно небольшом объеме вы-

пуска путем оптимального подбора и закрепления поковок за производственными участками создаются благоприятные условия для комплексного использования средств механизации и автоматизации.

При значительной разнотипности выпускаемой продукции, отсутствии специализации и небольшой производственной программе невозможно обеспечить эффективную загрузку производственного оборудования, трудно внедрить прогрессивные методы работы. Применение же механизации и автоматизации процессов в этом случае часто экономически не оправдывается.

Производство поковок следует считать специализированным, если оно осуществляется [5]: а) на базовом кузнечном предприятии или в базовом цехе узкой технологической специализации (например, кузнечные цехи заводов тяжелого машиностроения); б) в цехе, входящем в состав завода по производству заготовок; в) в кузнечном цехе заводов массового машиностроения (при подетальной специализации).

Совершенствование внутризаводской специализации может осуществляться путем: а) организации кузнечных цехов, производящих ограниченную номенклатуру поковок, в основном общемашиностроительного применения (кузнечно-штамповочный цех Минского завода шестерен); б) создания кузнечных цехов на агрегатных заводах (Гродненский завод карданных валов, борисовский завод «Автогидроусилитель») и специализированных (например, заводы по производству клапанов); в) повышения уровня специализации действующих цехов за счет организации специализированных участков по производству деталей ограниченной номенклатуры; г) концентрации производства тяжелых трудоемких поковок (например, коленчатых валов, балок передней оси) в специализированных цехах заводов крупносерийного машиностроения.

В серийном машиностроении основное направление специализации — организация базовых предприятий и цехов, позволяющая избавиться от основного недостатка — рассредоточенности кузнечно-штамповочного производства по многим мелким цехам и участкам многочисленных заводов. В этих отраслях (пока не будут построены централизованные кузнечные заводы) наиболее эффективным является создание кузнечно-штамповочных цехов в форме отраслевых кустовых баз, которые должны создаваться главным образом путем реконструкции наиболее крупных действующих кузнечных цехов, а также строительства новых. Примером подобного решения является объединение в Витебскую (в составе завода заточных станков) кустовую базу 16 заводов станкоинструментальной промышленности, расположенных на территории БССР и в Прибалтике.

Кузнечные цехи, входящие в состав подетально специализированных предприятий, характеризуются, как правило, более узкой и однородной номенклатурой (с точки зрения марок металла, развеса поковок и количества их наименований, закрепленных за единицей ведущего кузнечного оборудования). Так, например, в кузнечно-штамповочном цехе Минского завода шестерен изготавлива-

ется около 60 наименований однородных, ограниченных по массе поковок.

Кузнечные цехи предметно-специализированных машиностроительных предприятий (МТЗ, МАЗ) изготавливают комплект разнообразных поковок, что, естественно, ведет к увеличению номенклатуры.

По типу производства (серийности) кузнечные цехи подразделяются на цехи единичного, серийного (мелкосерийного, среднесерийного, крупносерийного) и массового производства.

При единичном производстве повторяемость выпуска изделий либо вообще отсутствует, либо очень редка. Основной вид оборудования — универсальное, а преобладающими технологическими процессами являются процессы ковки. В единичном производстве необходимы значительные запасы металла и большое количество квалифицированных рабочих с универсальной подготовкой.

Серийное производство характеризуется вполне определенной повторяемостью выпуска изделий. В цехах, кроме универсального оборудования, применяется и специальное штамповочное (в зависимости от степени серийности). Запасы металла в нем значительно меньше, ниже и средний разряд рабочих.

Массовое производство характеризуется непрерывным выпуском однотипных изделий в течение длительного периода. Применительно к кузнечным цехам можно говорить об отдельных участках массового производства, специализирующихся на выпуске одной или нескольких однотипных по размеру, массе и сложности поковок.

Табл. 5.1. *Характеристика цехов, оснащенных ковочным оборудованием, по серийности производства* [2]

Серийность производства	Ориентировочный годовой выпуск однотипных поковок, шт/год			Число наименований деталей, закрепленных за единицей оборудования, шт.
	мелких	средних	крупных	
Единичное и мелкосерийное	До 5000	До 1000	До 200	Свыше 15
Серийное	5000—500 000	1000—100 000	200—10 000	4—15

В цехах массового и крупносерийного производства обычно устанавливается специализированное оборудование, применяются сложные дорогостоящие штампы, организуются поточные механизированные или автоматизированные линии. Для этого производства требуются ограниченные запасы металла (как по виду, так и по количеству) и рабочие более узкой квалификации.

Серийность кузнечного производства цехов, оснащенных ковочным оборудованием, может быть определена в зависимости от го-

дового выпуска однотипных поковок и количества наименований деталей, закрепленных за единицей оборудования (табл. 5.1).

Серийность кузнечных цехов горячей объемной штамповки определяется из расчета годового выпуска поковок, приходящегося на один штамповочный агрегат, и зависит от числа типоразмеров поковок, закрепленных за ним, при условии его полной загрузки в течение года. В табл. 5.2 поковки разделены на четыре группы: мелкие (до 1 кг), средние (до 15 кг), крупные (до 100 кг) и особо крупные (более 100 кг).

Табл. 5.2. *Серийность производства кузнечных цехов горячей объемной штамповки* [2]

Серийность производства	Ориентировочный годовой выпуск на линии (или единице оборудования) поковок, шт/год			Число типоразмеров поковок, постоянно закрепленных за единицей оборудования, шт.
	мелких	средних	крупных и особо крупных	
Единичное и мелкосерийное	До 50 000	До 10 000	До 2000	Свыше 20
Серийное	50 000—500 000	10 000—100 000	2000—10 000	6—20
Крупносерийное и массовое	Свыше 500 000	Свыше 100 000	Свыше 10 000	До 5

Кузнечные цехи, оснащенные ковочным оборудованием, в зависимости от вида последнего подразделяются на прессовые, молотовые и смешанные. Масштаб (объем) их производства может быть оценен на основании данных, приведенных в табл. 5.3.

Табл. 5.3. *Характеристика кузнечных цехов ковки по масштабу производства* [2]

Цехи	Годовой выпуск поковок, т	
	молотовые	прессовые
Мелкие	До 1000	До 5000
Средние	1000—5000	5000—30 000
Крупные	Свыше 5000	Свыше 30 000

Кузнечные цехи горячей объемной штамповки по объему производства (годовой выпуск поковок в тоннах при средней массе поковки 1 кг) подразделяются на три вида: мелкие (до 10 000), средние (от 10 000 до 50 000) и крупные (свыше 50 000).

В машиностроении, помимо указанной классификации, кузнечные цехи делят на пять классов [4] в зависимости от вида преобла-

дающих технологических процессов, типа производства, объема выпуска поковок и их максимальной массы.

При массовом и крупносерийном производстве поковок следует предусматривать автоматизированные кузнечные цехи, которые подразделяются на три группы [2]: I — цехи, состоящие из отдельных автоматических или механизированных поточных линий, в которых штамповочные агрегаты совмещены с термическими агрегатами; II — цехи, состоящие из отдельных участков, в которых группы штамповочных агрегатов совмещены с группой термических агрегатов; III — цехи из отдельных комбинированных линий, в которых штамповочные агрегаты установлены в линиях механической обработки.

Цехи группы I характерны для массового и крупносерийного производства поковок различной конфигурации и размеров с многопозиционным технологическим циклом штамповки и термической обработки. В кузнечных цехах этой группы, как правило, применяются кривошипные горячештамповочные прессы стандартной конструкции, индукционный нагрев заготовок под штамповку, используется ковочное тепло для последующей термической обработки. Создаются они на агрегатных заводах с ограниченной номенклатурой поковок (30—60 типоразмеров). Масса поковок составляет 1—7 кг. Объем производства таких цехов — до 40 000 т/год. Подобный цех действует на Гродненском заводе карданных валов.

Цехи группы II создаются при массовом производстве поковок одинаковой конфигурации с незначительным расхождением по размерам, с многооперационным технологическим циклом штамповки и термической обработки. Цехи этой группы характерны для специализированных предприятий по изготовлению клапанов, зубчатых колес и т. п. Масса поковки — до 0,5 кг. За одним автоматом обычно закрепляют не более двух типоразмеров деталей. Объем производства этих цехов — 5000—10 000 т/год.

Цехи группы III создаются в подшипниковой промышленности (для изготовления наружных и внутренних колец подшипников), а также при массовом выпуске поковок, одинаковых по конфигурации, с незначительным расхождением по размерам, с малооперационным технологическим циклом штамповки, не требующим термической обработки и других отделочных операций, и с многооперационным циклом механической обработки. В цехах подобного типа за одним штамповочным прессом закрепляется не более трех типоразмеров деталей. Масса поковок — до 2,5 кг. Объем производства цехов этой группы — до 15 000 т/год.

5.2. Задание на проектирование

Разработка проекта кузнечного цеха ведется на основании задания на его проектирование. В это задание должны входить сведения о годовой производственной программе цеха, о режиме его работы, фондах времени работы оборудования и рабочих.

Основой для проектирования цеха является производственная

программа. В зависимости от требующейся степени полноты разработки проекта меняется и объем сведений, которые должны заключаться в выдаваемой для проектирования программе. Принятый тип производства и метод проектирования обусловливают форму задания, которое может быть представлено в виде условной, приведенной или точной программы.

Условная программа разрабатывается, как правило, для кузнечных цехов единичного или мелкосерийного производства при неустановившейся номенклатуре выпускаемых деталей.

Приведенная программа дается для кузнечных цехов при средне- и мелкосерийном производстве, реже при крупносерийном, т. е. при сравнительно большой номенклатуре поковок.

Точная программа составляется при проектировании цехов крупносерийного и массового производства.

Для цехов с ковочным оборудованием производственная программа устанавливается, как правило, в весовом выражении с разбивкой поковок на весовые группы, реже — в виде спецификации поковок с указанием их количества, массы каждой поковки и массы годового выпуска.

Программа цехов горячей объемной штамповки при укрупненном проектировании задается в весовом выражении с указанием объектов производства. При детальном проектировании программа составляется в виде спецификации поковок. В задании на проектирование должно отмечаться количество запасных частей (в процентах к основной программе поковок) и количество поковок по внешним заказам и для собственных нужд завода.

Годовая программа должна содержать точные данные (в весовом или процентном отношении) о поковках, подвергающихся различным видам термообработки (отжигу, нормализации, улучшению и т. д.).

Получение поковок по кооперации с других заводов необходимо предусматривать, когда загрузка оборудования поковками заданной программы незначительна и, следовательно, экономически нецелесообразна; когда для производства поковок требуется специальное оборудование, однако его загрузка не обеспечивается программой; когда на других заводах министерства (или на предприятиях других министерств) имеются избыточные мощности кузнечных цехов, позволяющие этим заводам снабжать поковками проектируемое предприятие (цех). Вопросы кооперирования и номенклатура поковок по кооперированию должны быть тщательно обоснованы.

Для специализированного производства спецификация поковок может быть составлена по деталям-представителям, взятым из ряда поковок, близких по конфигурации, размерам и маркам стали.

Заданная цеху программа служит основой для внутрицехового маршрута обработки, который разрабатывается на основе изучения технологических особенностей изготовления каждой поковки. По данным технологического маршрута определяется программа для отделений и участков цеха.

В большинстве случаев кузнечно-штамповочные цехи машиностроительных заводов проектируются на двухсменный режим работы. Третья смена предназначается для подготовки работы двух других. Работа в три смены допускается в случае установки уникального оборудования с целью более эффективного его использования.

Рабочие кузнечных цехов по условиям работы имеют отпуск продолжительностью 18 и 24 рабочих дня, действительный годовой фонд времени их соответственно составляет 1840 и 1820 ч.

Режим работы и действительные фонды времени оборудования ковочных цехов приведены в табл. 5.4, фонды времени цехов горячей объемной штамповки — в табл. 5.5.

Термические цехи и отделения, как правило, работают в три смены, поскольку оптимальная пропускная способность термических агрегатов может быть достигнута при условии их непрерывной работы.

Действительный годовой фонд времени работы термических печей в условиях массового и крупносерийного производства составляет 5840 ч (для большинства печей). Более подробные сведения о режиме их работы даны в книге [4].

При установке термических агрегатов в комплексную поточную линию непосредственно за штамповочным оборудованием фонд времени принимают по ведущему кузнечному оборудованию. Если работа последнего проектируется в две смены, тогда термические агрегаты в третью смену целесообразно догружать другими поковками.

Табл. 5.4. *Режим работы и фонды времени ковочного оборудования* [2]

Наименование оборудования	Число			Действительный годовой фонд времени, ч
	рабочих дней в году	рабочих смен в сутки	часов работы по сменам	
Ковочные молоты				
с массой падающих частей, т:				
до 5	260	2	8+8	3975
	271	3	8+8+7	5840
свыше 5	260	2	8+8	3725
	271	3	8+8+7	5465
Гидравлические ковочные прессы усилием, тс:				
до 800	271	3	8+8+7	5590
до 3200	357	3	8+8+8	7540
свыше 3200	357	3	8+8+8	7285

Табл. 5.5. *Действительные годовые фонды времени штамповочного оборудования* [2]

Оборудование	Работа в две смены		Работа в три смены	
	время, потребное на ремонт оборудования, % от номинального фонда	действительный фонд времени, ч	время, потребное на ремонт оборудования, % от номинального фонда	действительный фонд времени, ч
КГШП усилием, тс:				
от 2500 до 6300	10	3725	—	—
более 6300	—	—	12	5465
Штамповочные молоты с массой падающих частей более 10 т	—	—	10	5590
Автоматы и автоматические линии на базе прессов усилием, тс:				
до 2500	10	3725	—	—
более 2500	—	—	12	5465
Прочее кузнечно-прессовое оборудование	6	3890	—	—

5.3. Технологический процесс и оборудование

Технологические процессы, разрабатываемые при проектировании новых и реконструкции существующих кузнечных цехов, должны основываться на применении новой техники и широкой механизации и автоматизации производства. Основные условия внедрения новых технологических решений — это улучшение качества поковок, максимальное приближение их формы и размеров к готовой детали, уменьшение отходов металла, увеличение производительности и значительное облегчение и улучшение условий труда.

При разработке технологического процесса из числа возможных его вариантов необходимо выбрать наилучший, отвечающий условиям производства. Основным критерием в этом случае является обеспечение наименьшей себестоимости поковок.

При проектировании цехов, оснащенных ковочным оборудованием, технологический процесс, как правило, не разрабатывается. За редким исключением прорабатывают технологию производства крупных поковок сложной конфигурации из труднодеформируемых сталей или сплавов. Степень сложности конфигурации кованых поковок определяется по классификации [2].

Для изготовления из прокатанных заготовок поковок малой массы применяют ковочные пневматические молоты, средней массы — ковочные паровоздушные молоты двойного действия. Средние и крупные поковки из прокатанных заготовок и слитков куются на ковочных гидравлических прессах.

Основными типами нагревательных печей в цехах ковки являются пламенные камерные печи периодического действия. Необходимые сведения для выбора печей при изготовлении поковок в ковочных цехах приведены в работе [2].

В цехах, оснащенных ковочным оборудованием, механизации и автоматизации подлежит подавляющее большинство технологических и транспортных операций. В последнее время успешно внедряются системы программного управления ковочными агрегатами: пресс-манипулятор, молот-манипулятор, а в отдельных случаях и всем комплексом оборудования: нагревательная печь — шаржирмашина — пресс (молот) — ковочный и инструментальный манипуляторы. Ковочное оборудование снабжается быстросменной оснасткой, устройством для измерения толщины поковок, которое совместно с автоматической системой управления обеспечивает достижение точности до ±0,8 мм. Система ЧПУ создает возможность интегрированного управления прессом и манипулятором.

Преимущества современной техники ковки и автоматического управления представлены в табл. 5.6, где за 100% принята производительность пресса без механизации.

Табл. 5.6. *Относительная оценка уровня механизации ковочного агрегата (по данным НИИПТмаша)*

Оборудование и механизация	Обслуживающий персонал	Выпуск, %
Пресс без механизации	8	100
Регулирование толщины поковки	8	115
Один манипулятор	5	150
Интегрирование	4	165
Два манипулятора	3	200
Программное управление	3	220

Степень прогрессивности применяемой технологии является основным критерием при оценке технического уровня кузнечного производства и в первую очередь оценивается долей горячей объемной штамповки и ковки. Соотношение этих основных кузнечных операций неодинаково для различных отраслей машиностроения. Так, например, в тяжелом машиностроении удельный вес ковки составляет 90, штамповки — 10, в атомобилестроении удельный вес горячей штамповки достигает 98%.

На примере развития кузнечного производства в Белорусской ССР можно отметить постоянное повышение доли горячей объемной штамповки. Пять основных кузнечных цехов заводов — минских тракторного, шестерен, автомобильного, подшипникового и Гомельского сельхозмашиностроения — в 1958 г. произвели 75, а в 1965 — 87% всего выпуска поковок в республике. Производство их

ковкой в остальных двадцати кузнечных цехах снижено с 25 до 13%.

При анализе уровня техники и технологии кузнечно-штамповочного производства определяющими являются структура парка кузнечного оборудования, доля прогрессивных его видов в общем составе и степень соответствия этих показателей современным тенденциям в области технологии кузнечного производства. За последнее время в отечественной промышленности значительно увеличился выпуск поковок, точность размеров и качество поверхности которых позволяют частично или полностью исключить дальнейшую механическую обработку деталей. Это обеспечивается совершенствованием методов нагрева и нагревательных установок и широким использованием прогрессивного штамповочного оборудования.

Современная технология горячей объемной штамповки требует безокислительного нагрева заготовок, доведения до минимума толщины обезуглероженного слоя, обеспечения высокой культуры нагрева. Совершенствование нагревательных печей ведется по пути механизации загрузочно-разгрузочных операций, получения нагретых заготовок с малым окислением и повышения КПД нагревательных печей.

Распространенный повсеместно пламенный нагрев теперь уже не удовлетворяет растущих требований кузнечно-штамповочного производства как по производительности, скорости, качеству нагрева, так и по условиям труда нагревальщиков.

Индукционный нагрев имеет ряд технологических преимуществ перед обычным пламенным: нагрев заготовок с минимальной окалиной, обеспечение постоянства температуры и любого темпа нагрева, быстрый пуск и останов нагревателя, возможность механизации и автоматизации процессов нагрева, культура нагрева и т. п. Развитие техники индукционного нагрева достигло уровня, обеспечивающего его широкое применение в кузнечном производстве.

Основными типами индукционных нагревателей, используемых при проектировании новых кузнечных цехов, являются толкательные и с шагающей балкой. Нагреватели с шагающей балкой позволяют в случае остановки штамповочного агрегата осуществлять выдачу всех находящихся в индукторе заготовок, чего невозможно обеспечить в нагревателях толкающего типа [6]. Кроме того, исключается возможность слипания заготовок, что имеет место в других конструкциях индукционных нагревателей, и более строго выдерживается синхронность работы нагревателя со штамповочным прессом.

Для нагрева концов заготовок используются нагреватели щелевого типа, снабженные бункером, загрузочной кареткой и механизмами для автоматической загрузки и выдачи нагретых заготовок. Для ускорения процесса нагрева и снижения его себестоимости целесообразна установка двухчастотных нагревателей, позволяющих экономить до 15—20% электроэнергии.

В настоящее время в отечественном кузнечном производстве

применяются машинные преобразователи горизонтального типа (КПД — 0,65). Выпускаются также преобразователи вертикального типа (КПД—0,85). Наиболее экономичными преобразователями являются статические, отличающиеся большой надежностью, КПД которых доведен до 0,95.

Нагревательные устройства, как правило, устанавливаются у каждого ковочного агрегата. Их количество, размеры, производительность определяются в зависимости от производительности кузнечно-штамповочного оборудования и технологических требований к нагреву заготовок [2]. Для нагрева заготовок под штамповку на молотах применяют пламенные печи, работающие на природном газе.

На отечественных заводах при крупносерийном производстве поковок используются толкательные полуметодические печи (КПД—0,17—0,25). Более прогрессивными являются печи с вращающимся подом, обеспечивающие нагрев заготовок с меньшим окислением поверхности (КПД — до 0,4). Печи с вращающимся подом хорошо компонуются со штамповочным оборудованием, на них легче осуществляется механизация загрузочных и разгрузочных работ.

В последнее время разработаны конструкции полностью механизированных щелевых печей с горизонтальным или вертикальным конвейером, составляющим единое целое с печью. Эти печи позволяют осуществлять комплексную механизацию участка горизонтально-ковочных машин, включая возврат заготовок к печи.

Прогрессивные технологические процессы в кузнечных цехах должны обеспечивать высокую точность поковок при наименьших затратах, улучшать и облегчать условия труда, повышать его безопасность. Этим требованиям наиболее полно удовлетворяет штамповка на кривошипных горячештамповочных прессах, которые вытесняют паровоздушные молоты не только в цехах крупносерийного, но и серийного производства.

До последнего времени даже в кузнечно-штамповочных цехах автомобильной промышленности паровоздушные молоты составляли подавляющее большинство. Так, в кузнице ГАЗа было установлено 62 штамповочных молота и только три пресса, в кузнице ЗИЛа — 50 молотов и 8 прессов.

После реконструкции в кузнечном цехе Московского автозавода имени Лихачева был установлен 31 пресс, 17 ГКМ и только 9 штамповочных молотов. Существенно изменился и парк ведущего оборудования кузнечного производства ГАЗа — количество КГШП и гидровинтовых прессов доведено здесь до 55, ГКМ — до 29%. Доля же штамповочных молотов составляет всего 16%.

В кузнечно-штамповочном производстве Белорусской ССР в 1967 г. количество кривошипных горячештамповочных прессов с общим номинальным усилием более 85 тыс. т было доведено до 40 шт., а доля точных поковок, штампуемых на них, достигла 20% общего выпуска. Наметившаяся тенденция к переходу от штамповки на молотах к штамповке на прессах продолжает развиваться. Технология штамповки на КГШП снижает расход металла на 7—15%, повы-

шает производительность труда на 25—40, снижает себестоимость на 15—25%, повышает качество поковок и улучшает условия труда.

Прессы позволяют широко применять выдавливание в обычных и разъемных матрицах, что обеспечивает существенную (до 30%) экономию металла, штамповку шестерен с зубом, безоблойную штамповку, точную штамповку полугорячим выдавливанием, радиальную штамповку звездочек и пр. При выборе КГШП необходимо учитывать, что в условиях эксплуатации нагрузка на ползун пресса не должна превышать 75% его номинальной мощности.

В настоящее время масштабы получения поковок методом горячего выдавливания в цельных матрицах невелики. Предполагается увеличение этих объемов на заводах автотракторной, инструментальной и других отраслей промышленности. В ближайшие годы предполагается перевести на изготовление этим методом около 12 млн. деталей общей массой до 19 тыс. т.

Широкие возможности открывают также процессы полугорячего выдавливания, позволяющие сократить (по сравнению с горячим) расход электроэнергии на нагрев заготовок перед штамповкой, повысить коэффициент использования металла благодаря отсутствию облоя, окалины и обезуглероженного слоя, что исключает последующую механическую обработку изделий (кроме подрезки компенсационной части на торцах).

Процесс горячей штамповки в разъемных матрицах еще не нашел широкого применения в отечественном машиностроении, однако только на предприятиях автомобильной промышленности ежегодно этим методом может быть изготовлено около 12 млн. шт. поковок общей массой более 18 тыс. т, а в целом по стране — до 25 тыс. т.

Наиболее сложным является подбор штамповочного оборудования для изготовления поковок массой более 40 кг, которые требуют штамповочных прессов усилием свыше 6300 тс. К таким поковкам относятся поковки коленчатых валов, балки передних осей и др.

Опыт использования мощных КГШП усилием более 6300 тс в отечественной промышленности не получил распространения. Однако в ряде зарубежных стран изготавливаются кривошипные горячештамповочные прессы усилием до 12 000 и проектируются до 20 000 тс [2]. При отсутствии КГШП подобных усилий можно использовать паровоздушные штамповочные молоты, установленные на виброизолированных фундаментах.

Для поковок, имеющих высокие тонкие ребра, следует применять молоты высокоскоростной штамповки, а для поковок с тонким полотном — гидровинтовые пресс-молоты конструкции А. И. Зимина, в которых на обрабатываемую заготовку воздействуют кинетическая энергия подвижных частей (удара) и энергия давления жидкости (нажатия).

Технологические особенности малоотходной штамповки и выдавливания поковок из металлов и сплавов с высоким сопротивлением деформированию вызвали необходимость совершенствования паровоздушных молотов, создания гаммы высокоскоростных молотов,

гидровинтовых пресс-молотов, специальных машин ударного действия. Требования к увеличению экономического КПД привели к использованию в кузнечно-прессовых машинах ударного действия гидравлического привода.

Этому виду кузнечного оборудования присущи следующие особенности: кратковременность контакта поковки со штампом, способность передачи заготовке энергии удара независимо от величины сопротивления деформированию ее материала, высокий эффект затекания деформируемого металла в полости штампа и др.

Повышение скорости движения рабочих органов машин не только сокращает машинное время при штамповке, но существенно изменяет условия и характер деформации заготовки. При повышении скорости деформации снижается коэффициент трения, что уменьшает энергоемкость деформации, ее неравномерность и обеспечивает лучшее рельефообразование у обрабатываемых металлов. Поскольку рассеивания тепловой энергии в этом случае практически не наблюдается, процесс деформации близок к адиабатическому. Это дает возможность изготавливать сложные тонкостенные оребренные поковки из сплавов с повышенным сопротивлением деформированию.

Адиабатический характер деформации при большой энергии удара приводит к разогреву деформируемого металла, поэтому поковки с очень тонким полотном штамповать на этих молотах не рекомендуется. В этом случае используются гидровинтовые пресс-молоты, обеспечивающие повышенную точность поковок, возможность вести штамповку в закрытых штампах и до упора штампов спецплощадками.

В настоящее время могут быть созданы гидровинтовые пресс-молоты (ГВПМ) такого усилия и энергии, которые немыслимы для ВПШМ и КГШП. Тяжелые ГВПМ имеют нижний и верхний выталкиватели, высокоточное направление ползуна, допускают эксцентричное приложение нагрузки, обеспечивают регулирование выходных параметров, простоту обслуживания рабочей зоны, возможность механизации и автоматизации, обладают большим запасом полезно используемой энергии деформирования. Все это позволяет успешно вести штамповку на них крупногабаритных поковок большой массы из новых сталей, титановых сплавов и других современных материалов.

Для штамповки крупногабаритных поковок, в том числе и из легких металлов и их сплавов, используются гидравлические прессы, обычно снабжаемые выталкивателями и выдвижным столом. Применение этих прессов оправдано при штамповке крупных поковок, для которых недостаточен тоннаж существующих тяжелых молотов; при штамповке малопластичных сплавов, не допускающих больших скоростей деформирования; при различных видах выдавливания, особенно в разъемных матрицах; а также там, где необходим очень большой рабочий ход (например, при глубокой прошивке и протяжке прошитых заготовок).

Штамповочное производство развивается в двух направлениях:

создание кузниц высокой производительности для массового производства ограниченного числа поковок и более широкое использование средств автоматизации и механизации при штамповке на существующем оборудовании, сокращение времени транспортировки и переноса поковок. Оснащение кузнечных цехов транспортирующими и передаточными механизмами возможно лишь применительно к процессу штамповки ограниченной номенклатуры изделий, главным образом осесимметричных поковок. Оба направления предусматривают три основных пути обеспечения современных технологических решений.

Первый путь основывается на широком, экономически оправданном и целесообразном внедрении новых кузнечных машин, таких, как разнообразные горячештамповочные автоматы типа «Хатебур», «Пельтцер», «Эймуко», «Вагнер» и т. д. [2]. Эти фирмы выпускают многопозиционные автоматы двух видов. Автоматы, работающие на мерных заготовках, имеют пять позиций и предназначены для поковок различной конфигурации. Многопозиционные горячештамповочные автоматы, работающие от прутка, имеют три рабочие позиции и предназначены для кольцевых поковок.

При массовом и крупносерийном производстве необходимо использовать штамповочные автоматы в горизонтальном исполнении (все они работают от прутка). За рубежом многопозиционные штамповочные автоматы выпускаются с горизонтальным и вертикальным расположением ручьев штампа. Наиболее широко распространены автоматы с горизонтальным расположением ручьев штампа швейцарской фирмы «Хатебур». Они выпускаются усилием до 1200 (диаметр обрабатываемого прутка до 60 мм) и проектируются до 1600 тс. На этих автоматах осуществляется многопереходная штамповка осесимметричных деталей (шестерен, фланцев, колец подшипников и т. д.) при минимальном допуске на размеры поковок до 0,3 мм. Штамповка выполняется в закрытых штампах без заусенцев и штамповочных уклонов, что позволяет сэкономить до 20% металла по сравнению со штамповкой на традиционном оборудовании. Подобный автомат установлен в Белоруссии в кузнечном цехе завода «Автогидроусилитель» (г. Борисов).

Из-за больших капитальных затрат и высокой производительности штамповки (до 4000 шт/ч) обеспечить рентабельность таких машин можно только в условиях массового производства (реже крупносерийного). Поэтому установку многопозиционных автоматов в условиях указанных типов производств можно предусматривать только при их загрузке не менее 50%. Производство подобных автоматов осваивается и в СССР.

При необходимости использования автоматов с большим (более 1600 тс) усилием необходимо ориентироваться на автоматы с вертикальным расположением ручьев штампа, обеспечивающим высокую жесткость конструкции. Такие машины выпускаются фирмой «Пельтцер» ФРГ [2]. Все эти автоматы хорошо компонуются в автоматические линии (рис. 5.1).

Задаче автоматизации штамповочных процессов в полной мере отвечают и горизонтально-ковочные машины с горизонтальным расположением ручьев штампа (выпускаются усилием до 1250 тс). При выборе ГКМ предпочтение следует отдавать этому типу.

Весьма перспективными являются также гидравлические прессы одинарного, двойного и тройного действия. Последние два вида многоплунжерных прессов используются для многополостной штамповки в разъемных матрицах. На них получают корпуса клапанов, крестовины и другие поковки сложной формы при значительной

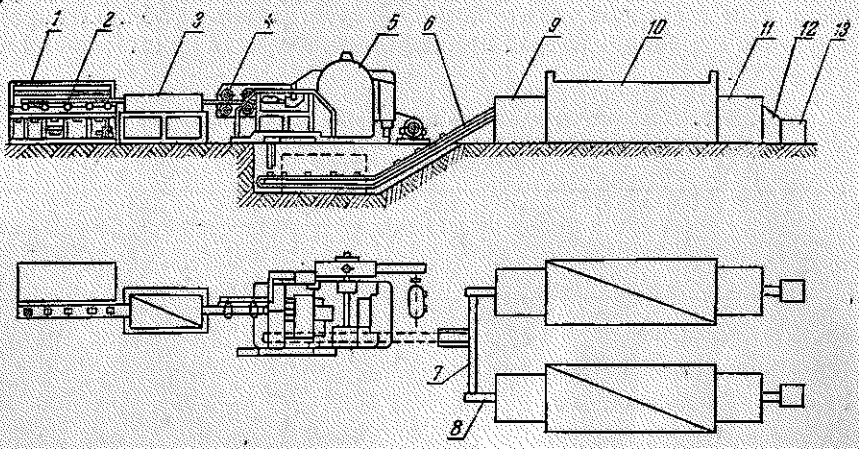


Рис. 5.1. Принципиальная схема автоматической линии для изготовления осесимметричных поковок:

1 — механизированный стеллаж; *2* — приводной рольганг; *3* — индукционный нагреватель; *4* — механизм для подачи нагретого прутка; *5* — горизонтальный многопозиционный автомат; *6* — конвейер для транспортировки поковок; *7* — раздаточный механизм поковок к термическим печам; *8* — конвейер; *9* — камера для выравнивания температуры поковок; *10* — электрическая конвейерная печь для термообработки поковок; *11* — камера для охлаждения поковок; *12* — лоток; *13* — тара для поковок

экономии металла (до 50%). Кроме того, достигается заметное улучшение свойств поковок за счет отсутствия обычно перерезаемых при обрезке заусенцев волокон. На этих прессах можно использовать до пяти плунжеров одновременно (один вертикальный и четыре горизонтальных).

Второй путь обеспечения современных технологических решений предусматривает внедрение в серийное и массовое производство специализированных машин определенного назначения (например, специальных ковочных вальцов и прокатных станов для массовых деталей типа автомобильных и тракторных полуосей и пр.); расширение области применения периодического проката, поставляемого металлургическими заводами, и широкое внедрение поперечно-клиновой прокатки.

Расширение парка кривошипных горячештамповочных прессов требует широкого применения профилированных заготовок. Предварительное фасонирование последних осуществляется на ковочных

вальцах, которые обычно устанавливают в линию штамповочного агрегата, что обеспечивает процесс профилирования и штамповки с одного нагрева. Наибольшее распространение получили ковочные вальцы консольного типа. Подсчеты показывают, что профилирование заготовок на ковочных вальцах повышает на 25—30% съем с оборудования, на 15—20 производительность и снижает на 10—20% норму расхода металла.

Эффективность внедрения поперечно-винтовой прокатки в штамповочные цехи можно проследить на примере кузницы Минского тракторного завода, в которой на стане 100 было освоено профилирование заготовок тракторных полуосей. Данные табл. 5.7 характеризуют изменение затрат при переводе полуосей со штамповки на прокатку.

Табл. 5.7. *Показатели процессов штамповки поковок полуосей на ПШМ с м. п. ч. 5 т и прокатки их на поперечно-винтовом трехвалковом стане*

Показатели	Изготовление		В процентах к штамповке на молоте
	на молоте	на стане	
Масса заготовки, кг	43,947	36,7	84
Норма времени на 1 поковку, мин	7	2,52	36
Расценка на 1 поковку, коп.	6,91	2,5	36
Количество человек в бригаде	6	3	50

Изменение массы заготовки объясняется не только ликвидацией облоя, но и более высокой, чем при штамповке, точностью изготовления. Припуск на механическую обработку уменьшен на 40%.

Для изготовления поковок типа ступенчатых валов, шаровых пальцев и других подобных деталей необходимо широко использовать поперечно-клиновую прокатку.

Станы поперечно-клиновой прокатки, оснащенные механизмами для автоматической загрузки, позволяют изготовлять поковки без образования облоя. Подобное оборудование освоено и выпускается в разных странах (по типу фирмы «Эрфурт»).

Для получения промежуточных заготовок в виде стержня или трубы с соответствующими утолщениями на торцах или по длине заготовки с успехом применяются электровысадочные машины. Процесс электровысадки позволяет повысить коэффициент использования металла по сравнению с обычными способами горячей штамповки на 30—50%, уменьшить трудоемкость изготовления деталей, повысить культуру производства. Основное его преимущество — возможность увеличения отношения длины высаживаемой части к диаметру заготовки. За один ход толкателя можно высадить заготовку на длину 15—20 диаметров. На указанных машинах может быть осуществлена и штамповка поковок с утолщениями заданной конфигурации.

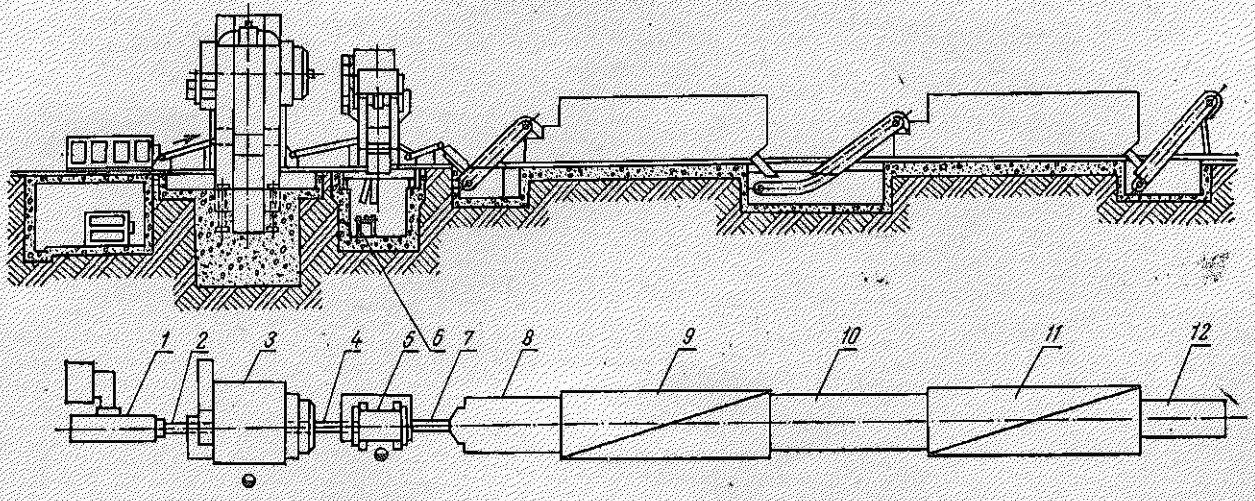


Рис. 5.2. Поточная механизированная линия для изготовления поковок:

1 — индукционный нагреватель; *2* — цепной конвейер; *3* — кривошипный горячештамповочный пресс (КГШП); *4* и *7* — конвейеры из проволочной сетки; *5* — обрезной пресс с боковыми окнами; *6* — пластинчатый конвейер для удаления облоя; *8* — камера для выравнивания температуры поковок; *9* — конвейерная закалочная печь; *10* — конвейерный закалочный бак; *11* — конвейерная отпускная печь; *12* — конвейерный бак для охлаждения поковок

Третий путь широкого внедрения прогрессивной технологии в кузнечно-штамповочные цехи предусматривает создание производственных линий, составленных из стандартных кузнечных машин, соединенных транспортными цепочками.

Поточные механизированные линии создаются на базе универсального штамповочного оборудования (рис. 5.2). Все агрегаты линии соединены механизмами для межоперационных передач. Транспортеры для передачи полуфабрикатов между агрегатами линии следует изготавливать из проволочной сетки, что обеспечивает их малогабаритность и бесшумность работы. Аналогичные линии установлены в кузнечном цехе завода карданных валов в Гродно.

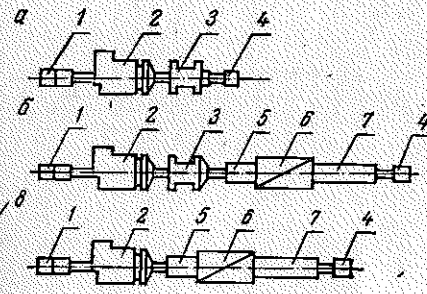


Рис. 5.3. Структура автоматических штамповочных линий:

а — линия без термической обработки; *б* — линия с термической обработкой; *в* — линия без обрезного пресса; *1* — индукционный нагреватель; *2* — вертикальный кривошипный автоматический пресс; *3* — автоматический обрезной пресс; *4* — унифицированная металлическая тара; *5* — камера для выравнивания температуры поковок; *6* — термическая печь; *7* — камера охлаждения поковок

Структура поточных механизированных линий может быть та же, что и у автоматических линий, показанных на рис. 5.3, *а* и *б*. В этом случае вместо штамповочного автомата будет установлен обычный КГШП, а вместо автоматического — обычный обрезной пресс.

В автоматизированные ковочные линии легко встраиваются кривошипные горячештамповочные прессы серии LZK и LKM, выпускаемые заводами Шмерала в ЧССР. Эксцентриковый вал у них перпендикулярен к фронту пресса. Это не только увеличивает жесткость пресса, создавая возможность удаления наиболее нагруженного ручья штампа от центра ползуна, т.е. возможность последовательной штамповки, но и улучшает условия его обслуживания и установки в автоматизированные линии, так как при такой конструкции боковые стойки станины позволяют приблизить нагреватели вплотную к прессу. В обычных конструкциях этому мешает муфта и тормоз пресса.

При массовом и крупносерийном производстве поковок в проектах новых кузнечных цехов следует предусматривать автоматические линии при условии их загрузки не менее 50%. Такие линии основываются в большинстве случаев на базе специальных штамповочных автоматов и другого специального оборудования. Однако в некоторых странах успешно действуют автоматические линии, созданные на базе универсальных КГШП, снабженных различными перекладчиками.

Автоматические линии подразделяются на комплексные, некомплексные и комбинированные.

В комплексную автоматическую линию (рис. 5.4) входит оборудование для выполнения заготовительных, термических, отделочных и контрольных операций. Обязательным условием работы такой линии является обеспечение ритмичности всех звеньев производственного цикла, определяемого ведущим штамповочным оборудованием.

Заготовительное оборудование включается в автоматическую линию, если оно используется не менее чем на 50% мощности. Когда резка штанги на мерные заготовки или другие операции выполняются с различным ритмом относительно основных штамповочных

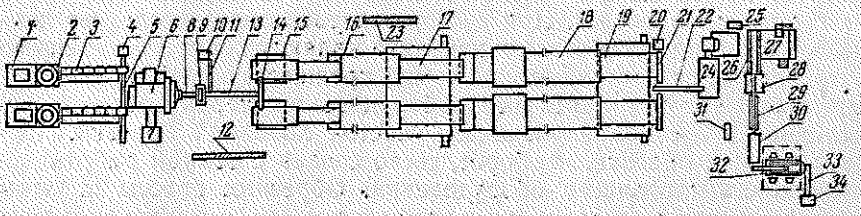


Рис. 5.4. Комплексная автоматическая линия для изготовления поковок поворотных кулаков и цапф поворотных кулаков:

1 — загрузчик; *2* — бункер; *3* — индукционный нагреватель (1000 Гц, мощность 1800 кВт); *4* — тара для недогретых заготовок; *5* — напольный транспортер; *6* — вертикальный многопозиционный автоматический пресс усилием 4000 тс; *7* — рельсовая тележка для установки штампов; *8* — механизм для передачи полуфабрикатов; *9* — обрезной пресс усилием 315 тс; *10* — тара для облоя; *11, 13, 21, 22* — напольные транспортеры; *12* — шкафы управления; *14* — распределительный транспортер; *15* — камера охлаждения; *16* — закалочная ванна; *17* — закалочный бак; *18* — отпускная печь; *19* — камера охлаждения; *20* — тара для дефектных поковок; *23* — шкафы управления термическими агрегатами; *24* — загрузчик дробеметного барабана; *25* — шкаф управления; *26* — выгрузочные устройства; *27* — дробеметный барабан; *28* — тара; *29* — передаточное устройство; *30* — камера намагничивания; *31* — шкаф управления; *32* — контрольный пункт; *33* — транспортер; *34* — тара для поковок

операций, необходимо предусматривать бункерные заделы из расчета обеспечения работы линии или отдельных агрегатов не менее чем на 2 часа.

В некомплексных автоматических линиях обычно отсутствуют заготовительные и отделочные операции, оборудование для которых не может работать в одном ритме с другим оборудованием, входящим в линию. Если поковка требует 2—3 штамповочных операций, обрезка ее может быть осуществлена на штамповочном автомате. В этом случае обрезной пресс в линию не устанавливается. Простейшим примером такой линии может служить линия, состоящая из нагревательной установки, штамповочного и обрезного прессов (см. рис. 5.3, *а*). Подобную линию устанавливают в тех случаях, когда термообработка является длительным процессом. Примеры возможных некомплексных линий, совмещенных с термическими агрегатами, приведены на рис. 5.3, *б* и *в*.

Формообразование поковок осуществляется на различных видах кузнечно-штамповочного оборудования. В то же время штамповка на универсальном оборудовании (молотах, прессах, ГКМ) имеет об-

щие черты, связанные с использованием любого из основных типов штампов: открытого, закрытого и штампа для выдавливания.

Тип штампа определяет течение металла и, следовательно, конечную его макроструктуру, от которой зависит прочность и долговечность деталей. Это обстоятельство следует принимать во внимание при технико-экономическом выборе способа штамповки.

Всемерное внедрение в кузнечно-штамповочное производство автоматизированных и механизированных поточных линий предопределяет оснащение современных цехов высокопроизводительным оборудованием для завершающих и отделочных операций. Обработка поковок на обрезных прессах может производиться как в горячем, так и в холодном состоянии, что зависит от материала поковок, их габаритов и формы. При выборе способа обрезки следует помнить, что холодная обрезка и пробивка являются самостоятельными операциями, не зависящими от темпа предшествующей штамповки. Это позволяет выполнять их на оборудовании, территориально выделенном в специализированный участок холодной обрезки. Процесс горячей обрезки, наоборот, тесно связан с темпом работы ведущего штамповочного оборудования. Обрезные прессы в этом случае являются составными частями поточных механизированных (автоматизированных) линий. Применение горячей обрезки, выполняемой сразу после штамповки с использованием ковочного тепла, вызывается недостаточной пластичностью некоторых металлов в холодном состоянии; возможностью применения обрезных прессов с меньшими усилиями; недостаточной прочностью пробивных пуансонов; необходимостью выполнения после обрезки последующих операций в горячем состоянии с одного и того же нагрева. Необходимо помнить также, что горячая обрезка упрощает и уменьшает грузопоток в цехе.

Для обрезных работ используют простые, последовательные и совмещенные штампы. Первые рекомендуется применять при холодной обрезке. Выбор конструкции при горячих обрезных работах зависит от типа производства, материала и конфигурации поковок. В практике часто встречаются поковки, требующие, кроме обрезки облоя по наружному контуру, других операций (пробивки перемычек, гибки, правки и т. д.). При малых масштабах производства они могут производиться на самостоятельных раздельных штампах, причем для правки обрезанная поковка часто возвращается на ковочный штамп. Подобный метод обработки является малопроизводительным.

Обычно указанные выше операции выполняют на одном и том же обрезном прессе, используя последовательные или совмещенные штампы. Первые применяются для поковок сложной конфигурации. Применение совмещенных штампов — как наиболее производительных, но и наиболее дорогих — рационально при крупносерийном и массовом производстве поковок.

В настоящее время в практику кузнечно-штамповочного производства все шире внедряется горячая малоотходная штамповка (ГМШ) круглых в плане поковок типа колец, венцов, шестерен,

фланцев и т. п. В этом случае на ведущем штамповочном оборудовании получают поковки предварительной формы без штамповочных уклонов по наружному и внутреннему контуру с повернутыми горизонтальными и вертикальными стенками, которые затем подвергаются обработке в обрезных штампах. В отличие от традиционных способов получения указанных выше поковок ГМШ предусматривает операцию отбортовки для разворота стенок поковки, совмещаемую с обрезкой заусенца, пробивкой перемычки и правкой поковки. Для поковок с малой относительной толщиной стенки применяется способ обратной, а со значительной прямой отбортовки. Поковки типа высоких колец с наружным фланцем и гладкой внутренней цилиндрической поверхностью подвергаются обрезке облоя, пробивке и раздаче коническим пуансоном.

Совмещение правки с обрезными и другими завершающими операциями возможно только для относительно небольших поковок. При крупносерийном и массовом производстве больших и сложных поковок (типа коленчатых валов) правку их следует осуществлять в правочном штампе на специальном кривошипном прессе или пресс-молоте, установленных в линии штамповочного агрегата.

Поковки в холодном состоянии правят обычно после термической обработки и очистки на фрикционных винтовых прессах или гидровинтовых пресс-молотах. Холодную плоскостную и объемную калибровку производят на чеканочных прессах. Эти операции в этом случае территориально выделяются в отдельный участок.

Сведения по указанным вопросам, как и по расчетам конкретных технологических процессов, можно получить в специальной литературе [7—9].

Глава 6. ОСНОВНЫЕ РАСЧЕТЫ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ КУЗНЕЧНЫХ ЦЕХОВ

6.1. Определение числа единиц производственного оборудования и его загрузки

Выбор основного производственного оборудования тесно связан с принятым технологическим процессом изготовления поковки.

Подбор оборудования, необходимого для выполнения заданной программы, включает две стадии. Первая совпадает с проектированием технологического процесса и заключается в подборе кузнечно-штамповочного оборудования по принятому способу изготовления поковок. Здесь же определяется мощность оборудования (усилие, масса падающих частей), отвечающего размерам и свойствам материала обрабатываемой поковки и условиям обработки.

На второй стадии определяются количество оборудования и его загрузка. Неправильно выбранные типаж и мощность могут сорвать выполнение заданной программы по отдельным видам поковок. Завышенное количество оборудования вызывает увеличение капитальных затрат и недоиспользование производственных мощностей. Не-

достаточное количество оборудования и его некомплектность обусловливают невыполнение заданной программы.

Установка дополнительного оборудования, как правило, затруднена из-за недостатка площадей и необходимости перепланировки уже установленного оборудования.

Количество основного производственного оборудования рассчитывают двумя методами: по укрупненным показателям (метод укрупненного проектирования) и по технологическому процессу (метод детального проектирования).

Применение того или иного метода определяется характером производства, видом заданной программы и глубиной проработки технологической части проекта.

Метод укрупненного проектирования применяют при проектировании цехов индивидуального и мелкосерийного производства, когда их программа задана в виде массы поковок и имеются обобщенные показатели аналогичного производства.

Метод детального проектирования применяют при проектировании цехов крупносерийного и массового производства, когда их производственная программа задается в виде спецификации поковок и имеется детальная проработка принятых технологических процессов.

Количество единиц основного кузнечно-штамповочного оборудования при укрупненных расчетах может быть определено по суммарной загрузке оборудования на годовую программу и по технико-экономическим показателям.

При первом методе, который применяют, когда заданная программа содержит разбивку поковок на группы по их массе, вначале устанавливают технологию изготовления детали (ковка или горячая штамповка) и определяют типаж оборудования и его мощность (по данным аналогичных производств).

Мощность кузнечного оборудования устанавливается в этом случае либо по развесу изготавливаемых поковок, либо по размерам поперечного сечения заготовок (ковочные молоты), либо по массе слитков (ковочные гидравлические прессы) [2]. При использовании ковочных прессов необходимо предварительно по выходу годного установить развес слитков по группам поковок [7, 12].

Определение типоразмеров оборудования по массе и сечениям заготовок возможно только при обработке углеродистых сталей и легированных сталей типичного состава и свойств. Более правильные результаты дает расчет потребного усилия или потребной энергии деформирования. Выбор кузнечной машины в этом случае производят по наиболее тяжелой операции технологического процесса — осадке. Иногда целесообразнее другие операции выполнять на менее мощном оборудовании. Расчеты потребных усилий для конкретных операций технологического процесса ковки приведены в специальной литературе [7—9]. После выбора машины по мощности следует проверить ее соответствие по габаритам.

Суммарная загрузка в часах производственного оборудования каждого типоразмера определяется из выражения.

$$T' = \frac{П'}{H} \text{ ч},$$

где $П'$ — масса или число кованых или штампованных заготовок, заданные программой для данного типоразмера оборудования (кг или шт.);

H — часовая производительность (норма выработки) данного оборудования (кг/ч или шт/ч).

Средней часовой производительностью ковочного оборудования принято считать производительность при ковке поковок средней сложности, к которым относятся молотовые поковки V группы и прессовые поковки III группы по классификации [2].

Принимаемая производительность горячештамповочного оборудования также должна быть средней величины, отличающейся от максимальной (темповой) производительности не более чем на 30%.

Ориентировочная средняя часовая производительность кривошипных горячештамповочных прессов и горизонтально-ковочных машин при изготовлении поковок за один ход ползуна, т. е. в одном ручье, приведена в табл. 6.1 и 6.2 [2]. При штамповке в два перехода

Табл. 6.1. *Производительность КГШП при штамповке в одном ручье штампа [2]*

Масса поковки, кг	Производительность (шт/ч) при усилии кривошипных горячештамповочных прессов, тс												
	630	1000	1600	2000	2500	3150	4000	6300	8000	10 000	12 000	16 000	20 000
До 0,25	550												
0,25—0,4	530												
0,4—0,63	510	490											
0,63—1,0	490	470	450										
1,0—1,6		450	430										
1,6—2,5		430	410	390									
2,5—4,0			390	370	350								
4,0—6,3				350	330	310							
6,3—10					310	290	270						
10—16						270	250						
16—25							230	210					
25—40								190	170				
40—63								170	150	140			
63—100										130	120		
100—120											110	100	
120—140												90	80
140—160													70

Табл. 6.2. *Производительность ГКМ при штамповке в одном ручье штампа [2]*

Масса поковки, кг	Производительность (шт/ч) при усилии горизонтально-ковочных машин, тс						
	250	400	630	800	1250	2000	3150
До 0,25	600						
0,25—0,4	570						
0,4—0,63	540	510					
0,63—1,0	510	480					
1,0—1,6	480	450	420				
1,6—2,5		420	390				
2,5—4,0		390	360	330			
4,0—6,3			330	300	270		
6,3—10			300	270	240	210	
10—16				240	210	190	
16—25					190	150	120
25—40						120	100
40—63							80
63—100							60

применяется коэффициент корректировки 0,8; в три перехода — 0,75; в четыре — 0,7.

Производительность других видов кузнечно-штамповочного оборудования оценивается укрупненными показателями при сопоставлении ее с производительностью кривошипных горячештамповочных прессов. Производительность штамповочных молотов двойного действия принимается в размере 75% от производительности КГШП. При этом учитывается, что 1 т массы падающих частей паровоздушного молота двойного действия эквивалентна усилию 1300 тс кривошипного горячештамповочного пресса. Производительность автоматических линий определяется числом ходов автоматического пресса: если поковка изготавливается за каждый ход автомата, производительность будет темповой. Средняя производительность автомата и автоматической линии при этом принимается в размере 70% от темповой. При штамповке на гидропрессах их производительность определяется в размере 50—70% для обычных прессов усилием 1000—6300 тс и 67—85% для быстроходных прессов (меньшее значение принимается для более мощных прессов) [2].

Знание суммарной загрузки каждого типоразмера производственного кузнечно-штамповочного оборудования позволяет определить расчетное его количество:

$$n_{\text{р}}' = \frac{T'}{\Phi_0} = \frac{\Pi'}{H\Phi_0} \text{ ед.},$$

где Φ_0 — действительный (расчетный) годовой фонд времени работы оборудования, ч (см. табл. 5.4, 5.5).

В тех случаях, когда количество единиц оборудования получается дробным, его округляют до ближайшего целого, принимаемого к установке числа $n_ф'$.

Получившаяся в проектируемом процессе степень загрузки оборудования оценивается коэффициентом загрузки, определяемым отношением расчетного количества оборудования $n_р'$ к фактически установленному $n_ф'$:

$$K_э' = \frac{n_р'}{n_ф'} \cdot 100\% .$$

В практике проектирования более правильным является расчет числа единиц однотипного оборудования с учетом оптимального коэффициента его загрузки. В этом случае при определении количества ведущего оборудования учитывается коэффициент его простоев, связанных с переналадкой, техническим обслуживанием, естественными надобностями обслуживающего персонала. Рекомендуемые коэффициенты загрузки оборудования при проектировании цехов ковки составляют 0,9 для трехсменного режима работы и 0,95 для двухсменного [2].

Обеспечения оптимальной загрузки добиваются либо за счет изыскания возможностей корректировки норм съема, либо путем переноса обработки ряда поковок на другие типы машин. Таким образом, предварительные расчеты обязательно корректируют.

При планировании работы кузнечно-штамповочных цехов обычно исходят из того, что чем больше загрузка, тем эффективнее работает оборудование. Считается, что наибольший экономический эффект будет достигнут при загрузке оборудования, близкой к 100%. При расчете последней обычно из годового номинального фонда времени исключается только время, предусмотренное для ремонта (см. табл. 5.5). Однако из практики работы цехов кузнечно-штамповочного производства известно, что действительные потери времени часто выходят за пределы планируемых (поломка штампов, затянувшийся процесс наладки и т. п.). При отсутствии резерва времени на данной единице оборудования или на соответствующей группе взаимозаменяемого оборудования в большинстве случаев отсутствует возможность регулирования системы и компенсации возникающих помех. В табл. 6.3 приводятся данные допустимой загрузки горячештамповочного оборудования.

Расчет оборудования ведут по каждому его типоразмеру и полученные результаты сводят в соответствующие таблицы. Общее количество оборудования определяют суммированием.

При расчете оборудования по технико-экономическим показателям используют следующие показатели: 1) расхода машино-часов на единицу выпуска (показатель трудоемкости единицы продукции); 2) удельного соотношения типоразмеров оборудования. Этот метод используется, когда не известен развес поковок по группам.

Табл. 6.3. *Загрузка оборудования* [2]

Оборудование	Допустимая загрузка оборудования, %
КГШП усилием, тс:	
2500—6300	88
более 6300	85
Штамповочные молоты с массой падающих частей более 10 т	85
Автоматы и автоматические линии	80
Прочее кузнечно-прессовое оборудование	90

Первый показатель дает возможность определить суммарную загрузку всего оборудования цеха в машино-часах:

$$T = Пh,$$

где $П$ — заданная годовая программа;

h — машиноемкость, т. е. расход машино-часов на единицу выпуска.

При проектировании новых цехов машиноемкость единицы выпуска по данным работающих производств корректируют в сторону уменьшения в соответствии с оргтехмероприятиями по усовершенствованию производственного процесса в новом цехе.

Расчетное число единиц оборудования

$$n_р = \frac{T}{Ф_0} = \frac{Пh}{Ф_0},$$

а фактическое их количество с учетом среднего коэффициента загрузки

$$n_ф = \frac{n_р}{K_з}.$$

Количество оборудования, подсчитанное для всего цеха, разделяют по типоразмерам на основании процентного соотношения между группами оборудования, характерного для данной отрасли машиностроения. Полученное число округляют до целого в ту или иную сторону, выдерживая в то же время общее количество единиц оборудования $n_ф$. По этому методу проектирование можно вести ускоренно, а точность расчета обычно лежит в пределах практически требуемой.

Детальное проектирование ведут на основании разработанного для каждой поковки технологического процесса, в котором установлены переходы штамповки, определены тип и мощность (усилие, масса падающих частей) оборудования, рассчитано штучное время для каждой поковки и составлена технологическая карта. Производительность каждого типа оборудования рассчитывается исходя из трудоемкости изготовления закрепленных за ним поковок (деталей-представителей). Основной целью при расчетах является

определение загрузки каждого типоразмера оборудования в машино-часах на выполнение заданной программы.

Количество оборудования каждого типоразмера определяется по формуле

$$n_{\text{р}}' = \frac{T'}{\Phi_0} = \frac{T_{\text{шт}} П'}{60\,\Phi_0} \text{ ед.},$$

где $T_{\text{шт}}$ — штучное время обработки поковки, мин (не должно быть больше нормированного);

$П'$ — годовая программа поковок, закрепленных за данным оборудованием, шт.;

Φ_0 — действительный (расчетный) годовой фонд времени работы оборудования, ч.

Фактическое количество оборудования и определение его загрузки производится по вышеописанной методике.

В основе метода детальных расчетов лежит определение трудоемкости изготовления поковки по спроектированному техпроцессу. Норма штучного времени на горячую штамповку находится по формуле

$$T_{\text{шт}} = (T_0 + T_{\text{в}}) \cdot \left(1 + \frac{a_{\text{обс}} + a_{\text{отл}}}{100}\right) \text{ мин},$$

где T_0 — основное (технологическое) время на одну поковку, мин;

$T_{\text{в}}$ — вспомогательное время на одну поковку, мин;

$a_{\text{обс}}$ — время на обслуживание рабочего места, в процентах от оперативного времени;

$a_{\text{отл}}$ — время на отдых и личные надобности, в процентах от оперативного времени.

Для упрощения расчетов обычно пользуются этой же формулой в преобразованном виде

$$T_{\text{шт}} = T_{\text{оп}} \left(1 + \frac{a_{\text{обс}} + a_{\text{отл}}}{100}\right) \text{ мин},$$

где $T_{\text{оп}}$ — оперативное время на штамповку одной поковки, мин:

$$T_{\text{оп}} = T_0 + T_{\text{в}}.$$

Норма времени на партию (серию) поковок

$$T_{\text{пар}} = T_{\text{пз}} + T_{\text{шт}} n \text{ мин},$$

где $T_{\text{пз}}$ — подготовительно-заключительное время на штамповку партии одинаковых поковок, мин;

n — количество поковок в партии, шт.

Основное (технологическое) время T_0 — это время, в течение которого осуществляется изменение формы и размеров заготовки. При штамповке на молотах оно определяется как произведение времени одного удара молота на число ударов, необходимых для деформации металла. При штамповке поковок на КГШП и ГКМ основное время определяется как произведение числа ручьев в штампе на время одного двойного хода ползуна в минуту.

Вспомогательное время $T_в$ при горячей штамповке определяется как сумма времени на выполнение отдельных приемов вспомогательной работы с учетом возможных перекрытий основным временем и совмещением приемов.

Подготовительно-заключительное время $T_{пз}$ складывается из времени на получение производственного задания (инструктаж, ознакомление с работой) и на установку и снятие штампов (переналадку).

Время на переналадку штампов в массовом и крупносерийном производстве не нормируется, поскольку последняя выполняется в подготовительную смену наладчиками. В серийном производстве переналадка штампов перед штамповкой партии поковок производится бригадой кузнецов. В этом случае при расчете загрузки оборудования норма времени на переналадку штампов включается в норму времени на изготовление партии поковок.

Время на переналадку штампов иногда оценивают укрупненно, принимая его в размере 10—15% времени загрузки оборудования на годовую программу. При необходимости детального расчета пользуются формулой

$$T_{пз(с)} = T_с n_с = T_с \frac{П'}{n'_{ф}c} \text{ мин},$$

где $T_{пз(с)}$ — подготовительно-заключительное время на смену штампов;

$n_с$ — число перестановок;

$T_с$ — время на одну перестановку;

c — размер серии, если последняя меньше стойкости штампов, или же стойкость штампов, если она меньше размера серии, кг или шт.

Следует отметить, что при расчете нормы штучного времени принимаются во внимание лишь те переходы и приемы, которые не перекрываются. При бригадном методе работы расчет нормы штучного времени производится по более загруженному рабочему.

Загрузку машин, работающих в агрегате с главной штамповочной машиной (ведущим оборудованием), определяют по производительности последней. Если же производительность комплектующих машин ниже производительности ведущего оборудования, расчет ведут по норме выработки, соответствующей каждой машине.

Оборудование, входящее в агрегат ведущей штамповочной машины, обычно принимают без расчета (например, нагревательные установки, ковочные вальцы, прессы горячей обрезки и пр.) из условия комплектности с ведущим оборудованием.

Производственное оборудование, не входящее в агрегат ведущей машины, рассчитывают так же, как и ведущее оборудование. При этом необходимо руководствоваться следующими положениями.

При разработке техпроцесса обрезку облоя (и совмещение его с пробивкой) в холодном состоянии следует предусматривать для поковок мелких и средних размеров из углеродистых (с содержанием углерода до 0,45%) и низколегированных сталей (до 0,25%), что

обеспечит независимость операций штамповки и обрезки и повысит производительность труда. Выделение прессов холодной обрезки в отдельный участок создает более благоприятные условия для удаления облоя, организации процесса резки и позволяет уменьшить число обрезных прессов.

Для точного расчета количества обрезных прессов необходимо знать количество поковок, подлежащих холодной обрезке, их массу и размеры. Часто число прессов для холодной обрезки определяют исходя из условия, что холодную обрезку будут проходить все поковки, изготавливаемые на молотах с массой падающих частей до 1500 кг включительно (на прессах до 1600 тс) [10]. По количеству этих поковок в программе и среднечасовому съему с единицы оборудования и определяется количество прессов. Иногда нужное число единиц обрезного оборудования принимается по установившемуся соотношению: на два молота — один, а на три КГШП — два обрезных пресса.

Число правочного и чеканочного оборудования определяется числом поковок, проходящих правку и калибровку, и производительностью отделочного оборудования.

Чеканке подвергается около 30—35% всех штампуемых поковок. Производительность ее зависит от оборудования, размеров и массы поковки, вида чеканки, организации работ и механизации процессов. Средняя производительность чеканочных прессов при холодной плоскостной чеканке приведена в табл. 6.4 [10].

Табл. 6.4. *Средняя производительность плоскостной холодной чеканки на чеканочных прессах* [*10*]

Усилие чеканочного пресса, тс	Производительность, шт/ч	Усилие чеканочного пресса, тс	Производительность, шт/ч
400	960	1600	660
630	840	2000	630
800	790	2400	600
1000	740	3150	480
1250	700	4000	430

Правку обычно проходят до 20—25% штампуемых поковок. Требуемое усилие и производительность фрикционных винтовых прессов при холодной правке поковок приведены в табл. 6.5.

Табл. 6.5. *Ориентировочные значения усилий фрикционных винтовых прессов и их производительность при холодной правке поковок* [*2*]

Средняя масса поковки, кг	Усилие пресса, тс	Производительность, шт/ч
0,25—1,0	250	500—600
1,0—4,0	400	400—500
4,0—10	630	300—400

Необходимое число станков для заточки заусенца, оставшегося после обрезки облоя, подсчитывается из расчета, что 15—20% штампованных поковок требует зачистки.

Для очистки поковок от окалины наиболее целесообразными являются дробеметные аппараты камерного и проходного типов. Последние в основном применяются для тяжелых и длинных поковок (типа коленчатых валов). Тип указанных установок и их пропускную способность можно найти в специальной литературе [7].

Расчет оборудования цеха завершается сводной ведомостью, которая обычно составляется по отделениям и участкам. Заполняют ведомость по группам оборудования. Кроме группы производственного оборудования (подгруппы заготовительного, кузнечно-прессового оборудования, нагревательных устройств, оборудования для термообработки поковок), в те же ведомости вносят, по мере его определения, остальное оборудование, устанавливаемое в цехе. При этом итоговое количество оборудования и средний коэффициент загрузки следует указывать по каждому отделению, участку и всему цеху в целом. Отдельные типы оборудования заносятся в ведомость в порядке возрастания размеров, усилий, мощности, грузоподъемности и т. д. Подобные ведомости составляют при укрупненном и детальном проектировании.

6.2. Выбор типа и расчет количества нагревательных печей и устройств

Печи, обслуживающие кузнечно-штамповочные цехи (нагревательные и термические), разнообразны. Для нагрева металла используются печи и нагревательные устройства. Как правило, на каждую единицу ведущего кузнечного оборудования устанавливается одно нагревательное устройство (печь). Для нагрева мелких заготовок допускается установка одной двусторонней печи на две единицы оборудования. В цехах ковки на каждую единицу основного производственного оборудования устанавливается обычно несколько печей. Размеры подов печей не должны лимитировать производительность обслуживаемого ими оборудования.

Выбор печи зависит от ряда факторов: типа производства, вида нагреваемого металла и размера заготовки, источника тепла (вида топлива).

В условиях единичного и мелкосерийного производства размеры нагреваемых заготовок могут меняться в широких пределах, поэтому печи должны обладать универсальностью как в отношении габаритов нагреваемого металла, так и в отношении производительности. Этим условиям отвечают садочные печи с выкатным подом, которые в большинстве случаев устанавливаются в цехах ковки, оснащенных уникальным ковочным оборудованием. Этот тип печей обеспечивает беспрепятственную загрузку и выгрузку нагреваемого металла. При малой массе заготовок в цехах устанавливают обычные пламенные камерные печи [2].

В цехах крупносерийного и массового производства используются камерные, методические (полуметодические) печи. Камерные пе-

чи, главным образом щелевые, применяются для нагрева концов заготовки при штамповке от прутка. Во всех остальных случаях следует применять тот или иной тип механизированных печей [2, 7], которые в большинстве случаев являются к тому же и методическими печами, имеющими более высокий КПД.

При проектировании кузнечно-штамповочных цехов следует использовать современные способы нагрева и конструкции нагревательных устройств (см. рис. 5.3). Несмотря на все более широкое распространение электронагрева в кузнечно-штамповочных цехах, пламенный нагрев все же преобладает. В некоторых случаях его нельзя будет ничем заменить и в ближайшем будущем.

Кузнечные пламенные печи работают в основном на жидком (мазут) и газообразном топливе. Природный газ — наилучший вид топлива для кузнечных печей, недорогой и высококалорийный. В проектах новых кузнечно-штамповочных цехов, как правило, жидкое топливо не применяется. Однако не следует забывать, что большинство печей в мире (около 50%) работает на мазуте (нефти).

Источник тепла кузнечных нагревательных печей выбирают в каждом конкретном случае с учетом следующих основных факторов: стоимости топлива или энергии; расхода топлива (энергии) на 1 т нагреваемого металла; технологичности нагрева; возможности автоматизации нагрева; санитарно-гигиенических условий; занимаемой производственной площади.

Расчет пламенных печей (применительно к группе оборудования) сводится к определению общей площади пода:

$$F = \frac{П_н}{f},$$

где F — площадь пода печи, м²;

$П_н$ — масса нагреваемого металла, кг/ч;

f — удельная часовая производительность печи (напряженность пода), кг/ч·м².

Для штамповочных молотов, КГШП, ГКМ и т. п., на которых поковка штампуется с одного нагрева, величина $П_н$ должна соответствовать часовой производительности данного штамповочного оборудования.

Если печи устанавливаются у ковочных молотов и прессов, количество их и размеры пода должны обеспечивать не только первичный нагрев заготовок, но и повторные нагревы и подогревы. Величина $П_н$ в общем случае складывается из массы готовой поковки, обсечек, металла, ушедшего на угар, и, наконец, массы повторно нагреваемого и подогреваемого металла. При укрупненных расчетах принимается, что масса нагреваемого металла для ковочных молотов с массой падающих частей 1 т и выше в среднем равна 1,5—2,25-кратной массе поковок, снимаемых с молота в час.

При ковке слитков на гидравлических ковочных прессах учитывается наличие прибыльной и донной частей, а также необходимость двух нагревов и двух подогревов в процессе ковки. Вследствие этого при приближенном подсчете площади подов печей сле-

дует в качестве нагреваемой массы металла брать 4,5—5-кратную массу поковок, получаемых с пресса в час.

В табл. 6.6 приводится примерная часовая производительность различных нагревательных кузнечных печей.

Табл. 6.6. *Примерная часовая производительность печей и расход условного топлива на нагрев заготовок в кузнечных печах* [11]

Тип печей	КПД печи, %	Расход условного топлива, кг/кг	Часовая производительность площади пода печи, кг/м²
Кузнечные горны	5—10	0,3—0,8	—
Щелевые и очковые	12—16	0,15—0,3	250—500
Камерные кузнечные (топливо газообразное или мазут)	20—24	0,14—0,25	300—500
Двухкамерные кузнечные	15—25	0,12—0,20	300—500
Крупные регенеративные камерные	15—25	0,1—0,2	200—500
С выдвижным подом	15—25	0,1—0,2	100—200
Ямного типа (колодцы)	20—35	0,1—0,15	200—400
Полуметодические толкательные	25—40	0,07—0,14	250—400
Методические:			
толкательные	35—60	0,05—0,1	250—400
с вращающимся подом	25—50	0,06—0,12	150—300

Примечания: 1. Если печи работают в течение 5 дней непрерывно, две или одну смену в сутки, удельные расходы увеличиваются соответственно на 5—10, 15—25, 25—50%.

2. Расход топлива на 1 т годных поковок определяют делением расхода его на 1 т нагретого металла на коэффициент выхода годных поковок.

После расчета общей площади пода печей определяют их количество, подбирая стандартные типоразмеры [2, 7] по каждой группе оборудования. Результаты расчета сводят в соответствующую ведомость.

При расчете индукционных нагревателей частоту тока и продолжительность нагрева можно выбирать, руководствуясь данными табл. 6.7.

Средний удельный расход электроэнергии для цехов массового производства с закреплением за каждым индуктором не более 3—5 наименований поковок может быть принят равным 500 кВт · ч на 1 т нагреваемого металла; при двухчастотном нагреве это значение может быть снижено до 400—450 кВт · ч. Фактический расход электроэнергии при крупносерийном производстве составляет 750—800 кВт · ч на 1 т нагреваемого металла.

Табл. 6.7. *Частота тока, расход электроэнергии и время нагрева заготовок при применении индукционного нагрева в кузнечных цехах [11]*

Диаметр заготовки, мм	Расход электроэнергии на 1 т заготовок (кВт·ч) при разных частотах тока, Гц					Время нагрева одной заготовки (мин) при разных частотах тока, Гц				
	50	500	1000	2500	8000	50	500	1000	2500	8000
20	—	—	—	—	580	—	—	—	—	0,5
30	—	—	—	500	540	—	—	—	0,6	0,8
40	—	—	—	450	460	—	—	—	1,0	1,4
50	—	—	450	420	400	—	—	1,4	1,6	2,0
60	—	—	420	400	—	—	—	2,0	2,3	—
70	—	650	410	390	—	—	2,5	2,8	3,0	—
80	—	600	400	380	—	—	3,2	3,6	4,0	—
90	—	580	300	—	—	—	4,2	4,6	5,0	—
100	—	550	380	—	—	—	5,5	6,0	—	—
110	—	530	380	—	—	—	7,0	7,5	—	—
120	—	500	380	—	—	—	8,5	9,0	—	—
150	600	470	380	—	—	12	14	16	—	—
175	500	440	—	—	—	15	18	—	—	—
200	450	400	—	—	—	20	25	—	—	—

Примечания: 1. Промышленная частота тока рекомендуется в условиях массового нагрева однотипных по размерам заготовок.

2. Для цехов, имеющих заготовки различных поперечных сечений, необходимо выбрать одну наиболее выгодную частоту тока применительно к заготовке, составляющей наибольшую долю в выпуске цеха.

Эти данные необходимы для расчета мощности индукционной нагревательной установки по заданной производительности нагрева

$$N = \frac{60\, G_{зг} \Delta Q}{\tau},$$

где $G_{зг}$ — масса заготовок, кг;

ΔQ — удельный расход электроэнергии, кВт·ч/кг;

τ — ритм подачи (время нагрева) заготовки к штамповочной машине.

Максимальная расчетная мощность определяется суммированием, а установленная мощность генераторов данной частоты берется в пределах 75—80% максимальной расчетной (коэффициент одновременной работы). Исходя из определенной мощности, рассчитывают мощность отдельных генераторов и их общее количество. Рекомендуется устанавливать машинные генераторы (в одном агрегате) мощностью не более 500 кВт. Все выбранные индукционные нагреватели вносят в соответствующую ведомость.

Термические печи кузнечных цехов рассчитывают укрупненно по нормативному удельному съему (табл. 6.8) и годовому фонду времени исходя из массы годового выпуска поковок, проходящих тот или другой вид термической обработки:

$$K_т = \frac{П_т \cdot 1000}{F f_т \Phi_0} \text{ ед.},$$

где $K_т$ — необходимое количество печей данного типа с площадью пода печи F, м²;
$П_т$ — годовая программа термически обрабатываемых поковок, т;
$f_т$ — удельная производительность термической печи, кг/м²·ч.

Табл. 6.8. *Ориентировочные нормы производительности термических печей по операциям обработки поковок* [2]

Операция термообработки	Норма производительности по типам термических печей, кг/м²·ч				
			конвейерные		
	камерные	непрерывного действия толкательные	электрические	газового отопления	газового отопления с использованием ковочного тепла
Нормализация поковок из углеродистой стали	120—140	150—200	120—150	130—160	150—200
Изотермический отжиг поковок из легированной стали	—	50—60	—	—	—
Изотермическая выдержка с использованием ковочного тепла	—	—	—	—	140—200
Отжиг поковок из легированной стали	40—50	50—70	—	—	—
Закалка поковок:					
из углеродистой стали	120—140	150—170	120—150	130—150	160—180
из легированной стали	100—120	120—140	110—130	120—140	145—175
Отпуск поковок высокий:					
из легированной стали	75—90	90—100	85—100	90—110	—
из стали типа 12Х2Н4А	—	40—50	35—45	40—50	—
из углеродистой стали	90—100	115—150	90—115	100—120	—

В массовом производстве поковки подвергаются разупрочняющей (первичной) и упрочняющей (окончательной) термообработке.

Первичная термообработка понижает твердость поковки для последующей механической обработки и подготавливает структуру для окончательной термообработки. Такую термообработку проходят поковки, изготавливаемые из цементуемой углеродистой и легированной стали, а также поковки подшипниковых колец.

Целью окончательной термообработки является подготовка структуры, обеспечивающей требуемые прочностные свойства при умеренной твердости. Поковки этой группы подвергаются одной операции — улучшению и изготавливаются из среднеуглеродистой и улучшаемой легированной стали.

Из общего количества поковок, подвергающихся термообработке на автомобильных заводах, улучшение (закалку с высоким отпуском) проходит 30—35, нормализацию — 50—55, отжиг или нормализацию с высоким отпуском — 10—20%.

С технологическим процессом термической обработки в ковочных цехах можно познакомиться в специальной литературе [2].

6.3. Определение работающего состава и его численности

Все работающие в цехах делятся на рабочих, инженерно-технических работников (ИТР), служащих (СКП) и младший обслуживающий персонал (МОП). Рабочие в свою очередь подразделяются на производственных и вспомогательных.

В кузнечных цехах к производственным относятся рабочие, выполняющие операции по изготовлению поковок, т. е. все члены бригад, прикрепленных к производственному оборудованию, а также к производственным рабочим местам без оборудования, рабочие, занятые нагревом заготовок, рабочие на формоизменяющих операциях, термической обработке поковок, на отделочных операциях и наладчики оборудования в условиях автоматизированного производства.

Вспомогательные — это рабочие, непосредственно не занятые выпуском основной продукции: крановщики кранов общецехового назначения, машинисты загрузочных машин, обслуживающих печи для нескольких установленных в цехе прессов, стропальщики, транспортные рабочие, кладовщики, контролеры ОТК, ремонтные рабочие и т. п.

Число производственных рабочих может быть определено двумя способами: укрупненно и подетальным расчетом. Укрупненный расчет количества производственных рабочих является основой для укрупненного расчета количества работающих других категорий.

При укрупненном проектировании количество производственных рабочих можно подсчитать по следующим показателям:

а) по трудоемкости, затрачиваемой на выпуск 1 т поковок чел.-ч, нормо-ч; б) по производительности, выраженной годовым выпуском поковок (т) на одного производственного рабочего.

При этом пользуются следующими формулами:

$$P_{пр} = \frac{T_{1п} П}{\Phi_р} \text{ чел.}, \quad P_{пр} = \frac{П}{П_{1р}} \text{ чел.},$$

где $P_{пр}$ — количество производственных рабочих;

$T_{1п}$ — трудоемкость 1 т поковок, принимаемая по показателям аналогичных производств (табл. 6.9); чел.-ч, нормо-ч;

$\Phi_р$ — действительный годовой фонд времени рабочего, ч;
$П_{1р}$ — годовой выпуск поковок на одного производственного рабочего в год, т.

Табл. 6.9. *Трудоемкость изготовления поковок* [2]

Средняя масса поковки, кг	Трудоемкость изготовления 1 т поковок (чел.-ч) при выпуске поковок в год, тыс. т							
	до 10	10—15	15—20	20—30	30—50	50—75	75—100	100—150
До 1,0	20	18	16	14	12	11	10	9
1,0—1,6	18	16	14	12	11	10	9	8
1,6—2,5	16	14	12	11	10	9	8	7
2,5—4,0	14	12	11	10	9	8	7	6
4,0—6,3	12	11	10	9	8	7	6	5,5
6,3—10	11	10	9	8	7	6	5,5	5
10—16	10	9	8	7	6	5,5	5	4,5
16—25	9	8	7	6	5,5	5	4,5	4
25—40	8	7	6	5,5	5	4,5	4	3,5

При детальном проектировании для определения количества производственных рабочих необходимо знать состав бригад на разных агрегатах [2].

Число производственных рабочих при полной загрузке (достаточно высоком коэффициенте загрузки)

$$P_{пр} = \sum \frac{T' Ч_б}{\Phi_р} \text{ чел.},$$

где $Ч_б$ — численность бригады штамповочного агрегата.

При недостаточно полной загрузке оборудования количество производственных рабочих

$$P_{пр} = \frac{\Phi_б n'_ф K'_з Ч_б}{100\,\Phi_р} \text{ чел.}$$

Общее количество производственных рабочих определяется суммированием их числа, занятого на однотипных группах оборудования.

Количество вспомогательных рабочих при укрупненном проектировании определяется в процентах от числа производственных рабочих, а количество ИТР, СКП и МОП — в процентах от общего числа всех рабочих [2].

В условиях серийного производства количество вспомогательных рабочих

$$P_{вс} = \frac{П}{П^{вс}_{1р}} \text{ чел.},$$

где $П^{вс}_{1р}$ — выпуск поковок на одного вспомогательного рабочего, т/год (табл. 6.10).

Табл. 6.10. *Выпуск поковок на одного вспомогательного рабочего* [2]

Средняя масса поковки, кг	Выпуск поковок в год на одного вспомогательного рабочего, т	Средняя масса поковки, кг	Выпуск поковок в год на одного вспомогательного рабочего, т
0,25—0,63	30—50	10—16	250—270
0,63—1,0	50—80	16—25	270—290
1,0—1,6	80—130	25—40	290—310
1,6—2,5	130—180	40—63	310—320
2,5—4,0	180—210	63—100	320—330
4,0—6,3	210—230	100—160	330—340
6,3—10	230—250	—	—

Число вспомогательных рабочих распределяется по службам цеха в соответствии с данными, приведенными в табл. 6.11.

Табл. 6.11. *Соотношение вспомогательных рабочих в службах цеха* [2]

Служба	Распределение вспомогательных рабочих, %
Наладки технологического оборудования и оснастки	12
Механика	35
Энергетика	20
ШИХа	10
По ремонту зданий, хозяйственного инвентаря и обслуживанию зданий	5
Производственно-диспетчерская (распределение работ)	6
Технического контроля и анализа материалов	2
Транспортно-складская	10

При детальных расчетах количество вспомогательных рабочих и служащих определяют исходя из предполагаемой организации работ в проектируемом цехе, зависящей от характера и масштаба производства и сменности работы. Так, число вспомогательных рабочих

$$P_{вс} = \frac{\Sigma T_{вс}}{\Phi_р} \text{ чел.},$$

где $T_{вс}$ — суммарная трудоемкость соответствующих вспомогательных работ, чел.-ч.

С ростом концентрации и специализации кузнечного производства численность вспомогательных рабочих должна увеличиваться, так как основные процессы будут механизированы и автоматизированы.

После определения состава и численности работающих результаты расчетов сводят в ведомость рабочей силы. При детальном проектировании, кроме того, оформляется ведомость состава работающих по их категориям.

Сведения о предполагаемом числе женщин, которые войдут в штат кузнечного цеха, необходимы при разработке строительной части проекта для расчета соответствующих бытовых помещений.

Тарификация работающих производится по действующим тарифно-квалификационным справочникам.

6.4. Подъемно-транспортные средства кузнечных цехов

Подъемно-транспортное оборудование в кузнечно-штамповочных цехах может быть разбито на две основные группы: обслуживающее определенные агрегаты и обслуживающее весь цех.

К первой группе относится технологический (межоперационный) транспорт, непосредственно участвующий в выполнении технологического процесса и являющийся как бы частью производственного агрегата (мостовые краны и манипуляторы у ковочных гидравлических прессов, манипуляторы у тяжелых штамповочных молотов, монорельсы, рольганги, склизы, транспортеры у штамповочных агрегатов и т. д.).

Ко второй группе относятся транспортные средства, основным назначением которых является осуществление общецеховых подъемно-транспортных операций (транспортирование заготовок, поковок, обслуживание оборудования при ремонте и т. п.). Это так называемый внутрицеховой транспорт.

Эта классификация относительна, поскольку один и тот же тип подъемно-транспортного оборудования в зависимости от его назначения можно отнести как к первой, так и ко второй группе.

По расположению транспортных и подъемных средств различают транспорт надземный, наземный и подземный.

К надземному транспорту относятся мостовые краны и кран-балки, подвесные однорельсовые пути (монорельсы), поворотные краны, подвесные конвейеры и т. п.

Мостовые краны (кран-балки) являются наиболее универсальным подъемно-транспортным оборудованием (ПТО) кузнечно-штамповочных цехов, позволяющим обслуживать большие площади (почти равные размерам цеха). Мостовые краны и кран-балки служат как для работ, связанных с выполнением технологического процесса (краны, обслуживающие уникальное ковочное оборудование), так и для общецеховых работ, связанных с подъемом и транспортировкой различных грузов. Как основной транспорт мостовые краны могут применяться только в цехах с небольшой протяжен-

ностью маршрутов грузопотоков и незначительными объемами перевозимых грузов.

Грузоподъемность мостовых кранов в цехах горячей объемной штамповки определяется массой наиболее часто ремонтируемых узлов оборудования или наибольшей массой штампа (у паровоздушных штамповочных молотов — массой падающих частей, включая массу верхней половины штампа; у кривошипных горячештамповочных прессов — массой ползуна и пр.).

Подсчет необходимого количества общецеховых мостовых кранов производится:

а) по укрупненному методу: на 80 м длины пролета один кран (в универсальных кузнечных цехах) и на 100 м длины пролета один мостовой кран (в специализированных и автоматизированных цехах), но не менее одного крана на пролет; б) по детальному методу: исходя из количества грузов и среднего числа их перебросок.

Размеры и количество подъемно-транспортного оборудования первой группы определяются в соответствии с требуемой механизацией и автоматизацией рабочих мест. При этом монорельсовые подвесные пути с ручными или электрическими тельферами рекомендуются только в тех случаях, когда оборудование располагается в линию и заготовка или полуфабрикат передается с позиции на позицию вдоль этой линии, т. е. когда обслуживается относительно узкая площадь цеха. При обслуживании крупных штамповочных молотов и горизонтально-ковочных машин для доставки нагретых заготовок от печей к ведущему оборудованию наиболее часто применяются монорельсы с ручным тельфером (или просто с захватом).

Монорельсы с ручным тельфером используют для перемещения грузов массой до 150 (реже до 250), а с электротельфером — до 1000 кг. Устанавливаются они на высоте 2,5—3 м от уровня пола.

К надземному транспорту относятся также и конвейеры подвесного типа, которые могут быть с несущей цепью и толкающие. Толкающие конвейеры с автоматическим адресованием обеспечивают возможность программного перемещения грузов к различным местам в цехе и складирования их. Для изменения направления движения они часто оснащаются автоматическими переводными стрелками.

Преимущества конвейера — это значительное уменьшение вспомогательной площади цеха и площадей для межоперационных и промежуточных складов; простота обслуживания; исключение скопления заготовок или готовой продукции на отдельных позициях технологического процесса.

Конвейеры применяются, как правило, в крупных кузнечно-штамповочных цехах крупносерийного и массового производства.

Подвесные толкающие конвейеры обеспечивают наибольшую эффективность при минимальном грузообороте 30—50 тыс. т в год и расстояниях до 100 м, при увеличении грузооборота длина трассы конвейера может быть увеличена до 300 м [2].

Наземный транспорт, помимо железнодорожного,

включает электро- и автокары с постоянной и подъемной платформами, подъемным краном, вильчатым захватом, автопогрузчики, ручные тележки, рольганги, скаты, склизы, подъемники и транспортеры различных типов (ленточные, цепные, скребковые, траковые, пластинчатые), рельсовые и безрельсовые напольные манипуляторы.

Электро- и автокары в настоящее время получили наибольшее распространение в кузнечно-штамповочных цехах как удобный вид безрельсового транспорта, позволяющий перевозить грузы на любые расстояния и в любых направлениях при минимальных затратах.

Грузоподъемность электро- и автокаров от 750 до 5000 кг при скорости от 10 до 5 км/ч. На некоторых из них устанавливают поворотные краны грузоподъемностью до 500 кг, что удобно при транспортировке и установке относительно небольших штампов. Число электрокаров принимают из расчета годового выпуска поковок — одна машина на 7000 т.

Грузоподъемность погрузчиков, используемых в кузнечных цехах,— 3,2—5 т, годовая норма перевозки поковок на них — 10 000—12 000 т. Они поднимают груз на высоту до 2,5 м и имеют меньший радиус поворота, чем электрокары. Все это повышает их маневренность и ведет к сокращению вспомогательных площадей. Электропогрузчики применяют для транспортировки заготовок, поковок, установки штампов и загрузки бункеров нагревательных устройств.

Для механизации ковочных операций широко используются манипуляторы (ковочные и инструментальные), загрузочные машины (шаржир-машины), поворотные столы и передаточные тележки с электроприводом (электролафеты) [2].

К подземному транспорту кузнечно-штамповочных цехов можно отнести напольные транспортеры, располагаемые в проходных траншеях, с помощью которых при массовом и крупносерийном производстве облой удаляется от обрезных прессов и транспортируется на эстакаду.

Тип и грузоподъемность подъемно-транспортных средств в процессе их проектирования должны быть увязаны с условиями производства цеха и путями движения заводского транспорта.

6.5. Энергетические потребности кузнечных цехов

Общие сведения. В зависимости от технологических процессов в кузнечно-штамповочных цехах в большей или меньшей степени применяются следующие виды энергоносителей: пар, сжатый воздух и вода, электроэнергия и топливо (в основном газовое и жидкое).

Пар применяется для привода ковочных и штамповочных молотов, в ковочных прессах, для нагрева (подогрева) травильных, моечных, сушильных и тому подобных установок и пр.

Сжатый воздух используют для молотов, обдувки штампов

(вместо пара), работы в подъемных устройствах местного значения (подъемники у ГКМ и т. д.), для включения муфт ГКМ, прессов и других машин, для привода механизирующих и автоматизирующих устройств, пневмоинструмента и т. п.

Электроэнергию применяют в основном для привода электродвигателей, освещения и в электронагревательных установках.

Воду высокого давления (200—500 ат) используют в гидравлических и парогидравлических прессах, установках гидроочистки заготовок от окалины перед штамповкой (до 200 ат). Вода низкого давления применяется в очистных и моечных установках, для охлаждения ручного инструмента, штампов, индукционных нагревателей, арматуры нагревательных печей, бытовых нужд и пр.

Различные виды топлива применяются в основном в нагревательных печах (в том числе и термических).

Пар. Для ковочных молотов применяется пар давлением 6—8, ковочных прессов — 10—14, штамповочных молотов — 8—9 ат. Перегрев пара допускается не более чем до 240° при входе его в кузнечный цех. В противном случае усложняется работа сальников молотов.

В тех случаях, когда в цехе предполагается установка и молотов и прессов, давление пара принимается для прессов, а пар, идущий к молотам, подвергают дросселированию.

Расход пара ведущим кузнечно-штамповочным оборудованием при детальном проектировании можно определить исходя из объемов цилиндров машин с учетом заданного числа ходов, по индикаторной мощности машин и по эмпирическим формулам.

При укрупненном проектировании расход пара рассчитывают на основании укрупненных показателей. При этом средний часовой расход пара определяют на основании опытных данных для молотов и прессов в зависимости от мощности (массы падающих частей, усилия) последних.

При расчетах расхода пара в ковочных цехах можно принимать расход его в пределах 3000—4200 кг на 1 т выпуска поковок на паровоздушных ковочных молотах (большие значения расхода относятся к меньшим молотам).

Средний часовой расход пара для штамповочных молотов с достаточной степенью точности можно определить по формуле

$$Q_{ч}^{ср} = \sqrt{G}\ \text{т},$$

где G — масса падающих частей молота, т.

В формуле принято, что среднее использование молотов составляет 75% по времени.

Средний суммарный часовой расход пара по цеху определяют как сумму средних часовых расходов пара отдельными молотами:

$$Q_{сум}^{ср} = \sum Q_{ч}^{ср}\ \text{т}.$$

Величина $Q_{сум}^{ср}$ не учитывает потерь пара в трубопроводах от конденсации и утечек, которые достигают 25%. При проектиро-

вании новых цехов эти потери можно принимать равными 10—15% при использовании насыщенного и 3—5% при использовании перегретого пара.

При разработке проекта снабжения цеха паром необходимо знать не только его средний часовой расход, но и возможные его колебания. В частности, при проектировании установок необходимо знать максимальный часовой расход пара цехом и его продолжительность.

Годовой расход пара с учетом его потерь на конденсацию и утечки в пределах здания проектируемого цеха

$$Q_{\text{год}}^{\text{сум}} = \frac{(Q_{1\text{ч}}^{\text{ср}}\Phi_0'K_{\text{з}}' + Q_{2\text{ч}}^{\text{ср}}\Phi_0''K_{\text{з}}'' + \ldots)\,m}{1000}\ \text{т},$$

где $Q_{1\text{ч}}^{\text{ср}}$, $Q_{2\text{ч}}^{\text{ср}}$, . . . — средние часовые расходы пара отдельными машинами, кг;

Φ_0', Φ_0'', . . . — годовые действительные фонды времени отдельных единиц оборудования, ч;

$K_{\text{з}}'$, $K_{\text{з}}''$, . . . — коэффициенты загрузки отдельных единиц оборудования;

m — коэффициент, учитывающий потери пара на конденсацию и утечки: для сухого насыщенного пара $m = 1{,}1—1{,}15$; для перегретого — 1,03—1,05.

Расход свежего пара на нагрев (подогрев) баков в травильном отделении принимается равным 180—200 кг на 1 т поковок, подвергающихся травлению.

Кроме производственных нужд, пар применяется также для отопления и вентиляции. В этом случае определение расхода пара ведется исходя из возмещения тепловых потерь здания.

При паровом отоплении и искусственной вентиляции тепловые потери принимаются равными 25—35 ккал/ч на 1 м³ здания. Если же искусственная вентиляция не предусматривается, эти потери принимаются равными 15—20 ккал/ч на 1 м³.

Годовая потребность пара на отопление и вентиляцию

$$Q_{\text{от}} = \frac{Qt_{\text{от}}V}{1000\,q}\ \text{т},$$

где Q — расход тепла на 1 м³ здания, ккал/ч·м³;

$t_{\text{от}}$ — количество часов отопительного периода, ч (для средней полосы СССР берется равным 4320 ч);

V — объем здания (по наружным размерам здания), м³;

q — теплота испарения, ккал/кг (принимается равной 540 ккал/кг).

Сжатый воздух. Для работы штамповочных молотов двойного действия давление воздуха принимают 7—8 ат, а в цехах, оснащенных штамповочными машинами,— 6 ат.

Для определения расхода воздуха можно применять те же методы, что и при определении расхода пара. В среднем при работе молотов расход 1 кг пара эквивалентен 1,15 м³ воздуха; с учетом потерь обоих энергоносителей эквивалентность выражается соотно-

шением 1 кг пара — 1,08 м³ воздуха. При подогреве воздуха до 160° С эквивалент изменяется в пользу воздуха на 30%; 1 кг пара в этом случае эквивалентен 0,75 м³ воздуха. При этом реальную экономию от подогрева воздуха получают, лишь используя для этого теплоту отходящих газов печей.

Для проектирования компрессорной станции и магистральных коммуникаций необходимо знать среднечасовой и максимально-часовой расход воздуха.

Среднечасовой расход воздуха по цеху

$$Q_{ср}^{в} = \frac{Пq_{в}K_{э}}{Ф_{д}} \text{ м}^3/\text{ч},$$

где $q_в$ — удельный расход воздуха на 1 т поковок (для ковочных цехов он равен 400—600 м³ на 1 т выпуска поковок, для горячештамповочных принимается по табл. 6.12).

Табл. 6.12. *Удельный расход сжатого воздуха* [2]

Средняя масса поковки, кг	Расход воздуха на 1 т поковок, м³	Средняя масса поковки, кг	Расход воздуха на 1 т поковок, м³
До 0,25	2400	6—10	700
0,25—0,4	2100	10—16	600
0,4—0,63	1800	16—25	550
0,63—1,0	1500	25—40	500
1,0—1,6	1300	40—63	460
1,6—2,5	1100	63—100	420
2,5—4,0	900	100—160	400
4,0—6,0	800		

Максимально-часовой расход воздуха по цеху принимают на 30% больше среднечасового. Примерное распределение сжатого воздуха по потребителям приведено в табл. 6.13.

Табл. 6.13. *Распределение сжатого воздуха по потребителям* [2]

Потребители	Расход воздуха, % от общей потребности по цеху
Кривошипные машины	20
Нагревательные установки	15
Средства механизации	30
Штампы (удаление окалины)	25
Ремонтные мастерские	10

Электроэнергия. При определении расхода электроэнергии на производственные нужды сначала находят установленную мощность, равную сумме мощностей всех потребителей (берутся из ведомости оборудования), а затем определяют активную мощность путем умножения установленной мощности на коэффициент спроса каждого потребителя:

$$N_{\text{п}} = \sum N_i K_{\text{с}},$$

где $N_{\text{п}}$ — потребляемая (активная) мощность, кВт;

N_i — мощность каждого отдельного токоприемника, кВт;

$K_{\text{с}}$ — коэффициент спроса (использования или одновременности).

Величина коэффициента спроса зависит от эффективности использования оборудования. Значения его для различных видов оборудования кузнечно-штамповочных цехов приведены в табл. 6.14.

Табл. 6.14. *Значения коэффициента спроса [2]*

Вид оборудования	$K_{\text{с}}$
ГКМ и кривошипные горячештамповочные прессы	0,45
Обрезные прессы	0,25—0,35
Оборудование ремонтных служб	0,25
Мостовые краны и кран-балки	0,15
Автоматические и штамповочные линии	0,55
Вентиляционные установки	0,7
Конвейеры и транспортеры	0,75
Освещение	0,8

Годовой расход электроэнергии для каждой группы токоприемников

$$W = N_{\text{п}} \Phi_0 K_{\text{з}} \text{ кВт·ч}.$$

При укрупненных расчетах расхода электроэнергии в цехах ковки установленную мощность технологического и подъемно-транспортного оборудования (без заготовительного и термического отделений) можно принимать исходя из удельного показателя 0,13—0,18 кВт на 1 т выпуска поковок для цехов, оснащенных ковочными прессами, и 0,8—0,11 кВт на 1 т выпуска для молотовых отделений с паровоздушными ковочными молотами.

Установленную мощность и расход энергии для привода электродвигателей и индукционного нагрева заготовок под штамповку в горячештамповочных цехах с достаточной степенью точности можно определять по средним укрупненным нормам на 1 т выпуска поковок (табл. 6.15).

Табл. 6.15. *Установленная мощность и расход электроэнергии на 1 т поковок* [2]

Средняя масса поковки, кг	Для привода электродвигателей		Для индукционного нагрева под штамповку	
	установленная мощность, кВт	расход, кВт·ч	установленная мощность, кВт	расход, кВт·ч
До 0,25	0,2	600	0,33	1000
0,25—0,4	0,18	550	0,3	900
0,4—0,63	0,165	500	0,27	800
0,63—1,0	0,15	450	0,25	750
1,0—1,6	0,135	400	0,23	700
1,6—2,5	0,115	350	0,21	650
2,5—4,0	0,1	300	0,2	600
4,0—6,3	0,08	250	0,18	560
6,3—10	0,07	200	0,17	520
10—16	0,06	180	0,16	480
16—25	0,052	160	0,15	460
25—40	0,047	140	0,145	440
40—63	0,04	120	0,142	430
63—100	0,036	110	0,138	420
100—160	0,033	100	0,135	410

Годовой расход электроэнергии на освещение определяется путем подсчета мощности всех светильников и времени их работы с учетом коэффициента спроса. При укрупненных расчетах можно использовать нормы расхода электроэнергии на освещение 1 м² площади здания.

Вода. На практике чаще всего используют средние показатели расхода воды. В ковочных цехах расход воды в гидропрессах мал (она используется только на подпитку гидросистем насосно-аккумуляторных станций ковочных прессов). На охлаждение кузнечного инструмента расходуется в среднем 0,010—0,015 м³/ч; на поливку полов — 0,6—0,8 м³ на 1000 м² на одну поливку (в летнее время предусматривается две поливки в смену, в зимнее — не более одной); на охлаждение заслонок нагревательных печей — 0,8—1,0 м³/ч на 1 м² площади пода печей, имеющих охлаждаемые заслонки.

При укрупненных расчетах количество потребляемой воды в горячештамповочных цехах

$$V_в = a_в n_м \text{ м}^3/\text{ч},$$

где $a_в$ — количество воды, потребляемой условной машиной, м³/ч;
$n_м$ — число условных машин.

Для упрощения расчетов все штамповочное оборудование приведено к условной машине усилием 1000 тс, а индукционные нагреватели и преобразователи токов повышенной частоты — к условной машине мощностью 1000 кВт. Примерное потребление воды условной машиной приведено в табл. 6.16.

Табл. 6.16. *Потребление воды для производственных нужд* [2]

Оборудование	Усилие или мощность условной машины, тс или кВт	Потребление воды условной машины, м³/ч
Горизонтальные многопозиционные автоматы	1000	60
Вертикальные многопозиционные автоматы		30
Однопозиционные автоматы		20
Кривошипные горячештамповочные и гидравлические прессы		3
Горизонтально-ковочные машины		6
Индукционные нагреватели	1000	20
Преобразователи токов повышенной частоты		10

В травильном отделении на 1 т подвергаемых травлению поковок расходуется 4—5 м³ воды, на водяные завесы печей — 3,5—4,5 м³ на 1 пог. м завесы.

Потребность воды на бытовые нужды определяется из расчета: а) для хозяйственно-питьевых нужд в цехах со значительным тепловыделением — 35, а в остальных случаях — 25 л на каждого работающего в смену; б) для душевых обычных производств — 40 и для производств с сильным загрязнением — 60 л на каждого работающего в смену; в) для умывальников при загрязненных работах — по 5, а при обычных работах — по 3 л на каждую процедуру на одного рабочего (в смену принимается 3—4 процедуры).

Следует отметить, что для производственной (промышленной) и питьевой воды предусматривают отдельные водопроводы.

Топливо. При определении расхода технологического топлива по точному методу расчета используют данные теплового баланса печи.

Расход газа для нагрева металла под ковку в пламенных печах можно найти в специальной литературе [2]. Эквивалентный расход мазута (кг) определяют умножением расхода газа (м³) на 0,8.

При укрупненном определении расхода топлива в горячештамповочных цехах пользуются данными удельного расхода топлива на 1 т выпускаемых поковок. В этом случае количество условного топлива для группы нагревательных печей

$$Q_н = П' q_т \text{ т},$$

где $q_т$ — удельный расход условного топлива (7000 ккал/кг) на 1 т поковок (табл. 6.17).

Табл. 6.17. *Расход условного топлива для печей при нагреве заготовок под штамповку* [2]

Печи	КПД печи	Удельный расход условного топлива (т) на 1 т поковок
Камерные	0,12—0,2	0,17—0,3
Толкательные полуметодические	0,2—0,4	0,085—0,17
Толкательные методические	0,3—0,6	0,056—0,112
Конвейерные	0,1—0,3	0,11—0,36
Методические с вращающимся подом	0,18—0,5	0,068—0,18
Скоростного нагрева	0,3—0,4	0,085—0,112
Для нагрева в кипящем слое	0,5—0,6	0,056—0,068

Расход условного топлива по всем нагревательным печам суммируется.

Приведенные в табл. 6.17 данные по расходу топлива не учитывают его потерь, связанных с розжигом печей и их неполной загрузкой. В связи с этим следует учитывать дополнительный расход топлива (20—30% расчетной потребности). При расчете расхода определенных видов топлива следует пользоваться калорийными эквивалентами. Результаты расчетов всех энергетических потребностей кузнечно-штамповочного цеха заносят в специальную сводную ведомость [4].

6.6. Определение расхода материалов

При проектировании кузнечно-штамповочных цехов определяют расход основных и вспомогательных материалов.

Количество металла, необходимого для выполнения годовой программы цеха, подсчитывают для определения грузооборота цеха и завода, площади склада металла, себестоимости продукции, выпускаемой кузнечным цехом, а также коэффициента использования металла, характеризующего прогрессивность принятого процесса изготовления поковок и деталей. В зависимости от степени проработки проекта кузнечного цеха применяют разные методы определения количества металла.

При укрупненных расчетах общую годовую потребность металла (без разбивки его на марки, размеры поперечного сечения и пр.) определяют умножением массы поковок на коэффициенты, учитывающие потери металла:

$$Q_м = \frac{П}{K_{в.г}} \text{ т};\ Q_м = K_{р.м} П \text{ т},$$

где $K_{в.г}$ — коэффициент использования металла в кузнечном цехе (выхода годного) — это укрупненный выход годного, определяемый отношением массы поковок к массе заготовок ($G_п/G_{з.г}$), колеблется в довольно широких пределах для разных кузнечно-штамповочных производств;

$K_{р.м}$ — коэффициент расхода металла, обратная величина коэффициенту использования металла $K_{в.г}$ [12].

В некоторых случаях, кроме суммарной массы металла, дается его масса с разбивкой на углеродистые и легированные конструкционные, а также инструментальные стали. Это облегчает выбор оборудования для первичного отжига и нормализации поковок и составление предварительной калькуляции стоимости последних.

При детальных расчетах расход металла определяют на основании данных, полученных при разработке технологических процессов изготовления отдельных поковок и деталей из них.

Важнейшим средством технического прогресса в машиностроении является максимальное приближение формы и размеров поковки к формам и размерам конечной детали. Применение таких поковок обеспечивает минимальный расход металла, возможность автоматизации и механизации, наиболее совершенную организацию производства, высокое качество деталей, уменьшает их себестоимость и т. п.

Известный показатель выхода годного $K_{в.г}$, характеризующий использование металла в кузнечно-штамповочных цехах, для оценки их деятельности с точки зрения качества производимых поковок непригоден. Он должен учитываться как вспомогательный и использоваться при определении более объективного показателя — коэффициента использования металла ($K_{и.м}$). Последний определяется отношением массы (объема) готовой детали к массе (объему) израсходованного металла ($G_д/G_{з.г}$) и характеризует прогрессивность принятой на заводе технологии. Практически $K_{и.м}$ равен произведению коэффициентов выхода годного в заготовительном, кузнечном и механическом цехах. Даже при относительно высоком значении $K_{в.г}$ в кузнечном цехе при значительной обработке на металлорежущих станках $K_{и.м}$ имеет небольшое значение. В среднем на отечественных заводах при изготовлении деталей из кованых поковок $K_{и.м} = 0{,}3—0{,}4$, а из штампованных — 0,45—0,6.

Для достижения высокого значения $K_{и.м}$ необходимы эффективные мероприятия и введение соответствующих показателей точности заготовок. Точность поковок при этом характеризуется степенью их приближения к форме и размерам готовых деталей и оценивается коэффициентом весовой точности, представляющим собой отношение массы детали к массе поковки: $K_{в.т} = G_д/G_п$. В предельном случае, когда $K_{в.т} = 1$, деталь представляет собой поковку, не требующую последующей обработки, связанной с потерями металла.

Если заготовительные участки находятся в составе кузнечных цехов, $K_{и.м} = K_{в.г}K_{в.т} = \frac{G_п}{G_{з.г}} \cdot \frac{G_д}{G_п}$ и $G_д = G_п$ ($K_{в.т} = 1$), коэффициент использования металла равен коэффициенту выхода годного по кузнечному цеху.

Внедрение $K_{в.т}$ в качестве основного показателя работы кузнечно-штамповочных цехов дает возможность определить эффективность от внедрения мероприятий по снижению материалоемкости продукции, обеспечению современных технологических решений, повышению производительности труда.

Расчет вспомогательных материалов обычно ведется на основании соответствующих опытных данных по нормам расхода [2]. В цехах, оснащенных ковочным оборудованием, в среднем расход вспомогательных материалов колеблется от 28 до 40 кг на 1 т выпуска. В штамповочных цехах для определения площади склада вспомогательных материалов можно воспользоваться следующими укрупненными данными их расхода на 1 т штампованных поковок: смазочные материалы, включая смазку штампов,— 10 кг; промывочные материалы — 2; обтирочные материалы — 0,7; материалы для ремонта нагревательных установок — 5; прочие вспомогательные материалы — 3 кг.

6.7. Расчет расхода штампов

Различают штампы основного и начального фондов и годового расхода.

К основному фонду относятся штампы, необходимые для выполнения всех штамповочных операций по разработанным технологическим процессам изготовления поковок, включенных в программу цеха.

Начальный фонд, помимо штампов основного фонда, включает и штампы-дублеры. Это запасные штампы, которые необходимы для бесперебойного выполнения годовой программы. Число дублеров зависит от стойкости штампов и серийности производства деталей. Начальный фонд устанавливают для определения капитальных затрат на приобретение или изготовление штампов, площади складов для их хранения, размеров и количества оборудования штампо-инструментальных цехов и баз для ремонта штампов.

Годовой расход необходим для определения стоимости расходуемых штампов, которая учитывается при определении себестоимости готовой продукции. Под годовым расходом понимают фактический расход штампов, списанных в результате поломок или износа.

Как правило, при проектировании кузнечно-штамповочных цехов расчет расхода штампов ведут укрупненно по удельным показателям расхода штамповой стали в килограммах на 1 т выпускаемых поковок (табл. 6.18). Эта таблица составлена с учетом средней стоимости штампов, их сменных деталей, числа восстановлений и учитывает все виды штампов, которые требуются для изготовле-

Табл. 6.18. *Расход штампов (кг на 1 т поковок, изготавливаемых на оборудовании определенных типов)* [2]

Средняя масса поковки, кг	Многопозиционные автоматы		Штамповочные прессы		Горизонтальные машины			Винтовые прессы		Штамповочные молоты		Станы поперечно-клиновой прокатки
	вертикальные	горизонтальные	кривошипные	гидравлические	высадочные	гибочные	многобойковые	гидровинтовые	фрикционные	высокоскоростные	паровоздушные	
До 0,25	28	26	34	—	22	—	—	24	20	—	—	—
0,25—0,4	24	22	28	—	16	—	—	20	16	48	32	—
0,4—0,63	20	18	24	—	12	8	—	18	12	42	28	—
0,63—1,0	18	16	20	22	10	7	—	16	10	36	24	15
1,0—1,6	16	14	18	20	9	6	—	14	9	33	22	12
1,6—2,5	14	12	16	18	8	5	—	12	8	30	20	10
2,5—4,0	12	10	14	16	7	4,5	—	11	7	31	18	8
4,0—6,3	11	9	12	14	6,5	4	7	10	6	28	16	6
6,3—10	10	8	11	12	6	3,5	6	9	5	25	14	5
10—16	8	—	10	11	5,5	3	5	8	—	23	13	4
16—25	7	—	9	10	5	—	4	7	—	21	12	—
25—40	6	—	8	9	—	—	3,5	6	—	19	11	—
40—63	5	—	7	8	—	—	3	5	—	17	10	—
63—100	—	—	6	7	—	—	2,5	4,5	—	15	9	—
100—160	—	—	5	6	—	—	2	4	—	13	8	—

ния поковки, включая подготовительные и отделочные операции (срок службы отдельных элементов штампа, например пакета штампа КГШП, принят 5 лет).

Расход инструмента и приспособлений на 1 т выпуска в цехах ковки составляет в среднем 25—30 кг для молотовых поковок и 35—40 — для прессовых.

При детальном проектировании количество штампов рассчитывается исходя из их стойкости до полного износа.

6.8. Вспомогательные отделения и службы кузнечно-штамповочных цехов

В кузнечных цехах предусматриваются следующие ремонтные службы: мастерская для малого ремонта и межремонтного обслуживания всех видов оборудования, средств механизации и пр., находящаяся в ведении механика цеха; мастерская для малого ремонта и межремонтного обслуживания штампов, инструмента и приспособлений, находящаяся в ведении начальника штампо-инструментального хозяйства (ШИХ); мастерская для малого ремонта и межремонтного обслуживания электрооборудования, электроприборов и т. п., находящаяся в ведении энергетика цеха; мастерская по ремонту хозяйственного инвентаря, подчиненная заместителю начальника цеха по хозяйственной части.

В основе работы всего ремонтного хозяйства цеха должна лежать система планово-предупредительного ремонта (система ППР). Она заключается в том, что в заранее установленные сроки в плановом порядке производят ремонт каждой машины, не доводя ее до такого состояния, когда на ней нельзя выполнять работу. При этом устраняются все замеченные дефекты.

Система ППР предусматривает периодические осмотры или проверки; текущий (мелкий), средний (второй) и капитальный ремонты.

Данные об этих видах ремонта приведены в соответствующей литературе [2]. Выполнение всех ремонтных работ распределяется между ремонтной службой кузнечного цеха и ремонтно-механическим цехом (РМЦ). Ремонтная служба кузнечного цеха осуществляет осмотры, текущий (мелкий), средний и частично капитальный ремонты. Запасные и сменные части изготавливает РМЦ, который помогает при капитальном ремонте машины.

Для проведения ремонтных работ устанавливаются временные промежутки между двумя очередными текущими и средними ремонтами — *межремонтный период*. Кроме того, назначаются промежутки времени между капитальными ремонтами, которые составляют *длительность ремонтного цикла*. Последний включает следующие виды работ: средние ремонты (2—3 раза за 1—2 года), между ними— три текущих ремонта, между текущими — три осмотра. Длительность межремонтных периодов и ремонтных циклов зависит от типоразмеров оборудования и режимов его работы. Кроме плановых, могут быть аварийные ремонты и ремонты, связанные с модернизацией оборудования. Обычно они

осуществляются с привлечением рабочей силы и мощностей ремонтно-механического цеха.

Ремонт пламенных печей осуществляется либо силами РМЦ (при небольшом их количестве), либо специальной группой ремонтной службы кузнечного цеха. Электрические нагревательные установки ремонтируются электроцехом завода или службой электриков цеха. Для ремонта оборудования в цехе имеется служба механика цеха, состоящая из мастерской, склада запчастей, ремонтных бригад, конструкторского бюро, архива.

Часть вопросов, связанных со снабжением кузнечного цеха штампами, инструментом или приспособлениями, решают централизованные подразделения завода. Складирование штампов и все мероприятия по их эксплуатации относятся непосредственно к кузнечному цеху. Для решения вопросов снабжения и эксплуатации в составе крупных цехов имеется бюро ШИХ, отвечающее за укомплектование цеха штампами, контролирующее своевременность их изготовления, организующее учет и ремонт и следящее за правильностью их эксплуатации. Хранятся штампы на складах или на стеллажах (мелкие и средние), или прямо на полу (крупные). Учет количества штампов и их состояния осуществляется с помощью системы паспортов.

Ремонтируются штампы штампо-инструментальным цехом или штампо-механической мастерской, расположенной в кузнечном цехе. Оборудование мастерских механика цеха и ШИХ подразделяется на основное (станочное) и вспомогательное [2]. Численность работающих в ремонтных службах определяется по данным табл. 6.10 и 6.11.

В современных цехах крупносерийного и массового производства, где малейшее отклонение от технологии может привести к массовому браку, особенно важна четкая организация службы технического контроля. Она должна охватывать все звенья производственного процесса: исходный материал и заготовку, инструмент, нагрев, технологические процессы ковки и штамповки, готовую поковку. Существуют следующие виды контроля: контроль исполнителем, оперативный (летучий), промежуточный и окончательный контроль.

Контроль качества своей работы исполнителем повышает ответственность за качество продукции.

Оперативный контроль за соблюдением установленной технологии и условий обработки осуществляется мастером, технологом, работником бюро технического контроля (БТК). Этот вид контроля служит в основном для предупреждения массового брака.

Промежуточный контроль производится БТК на определенной стадии изготовления поковки. Этой же службой осуществляется и окончательный контроль. При автоматизации производства функцию контроля условий обработки передают автоматическим устройствам.

Особое место среди вспомогательных служб цеха занимает

складское хозяйство, которое предусматривает склад металла и основной склад заготовок (обычно организуются при заготовительных цехах и отделениях), промежуточные склады нарезанных заготовок, межоперационные склады полуфабрикатов, поковок, штампов, огнеупоров, запчастей к оборудованию, кладовые инструментов, вспомогательных материалов и т. д.

Глава 7. ПЛОЩАДИ КУЗНЕЧНЫХ ЦЕХОВ, ИХ КОМПОНОВКА И ПЛАНИРОВКА ОБОРУДОВАНИЯ

7.1. Определение площадей кузнечных цехов

Площадь цеха складывается из площадей, занятых производственными и вспомогательными отделениями и участками, а также служебно-бытовыми помещениями.

К производственной, помимо площади, занимаемой основным производственным оборудованием со всеми вспомогательными механизмами (стационарные средства механизации, транспортные устройства и пр.), относится также площадь, занятая рабочими местами, местными проходами и проездами, промежуточными складами возле рабочих мест, предназначенными для хранения заготовок, полуфабрикатов и отходов, децентрализованными местами хранения штампов, оснастки и производственного инвентаря возле оборудования и технологических линий.

К вспомогательным относятся площади, занятые централизованными и общецеховыми складами основных и вспомогательных материалов, штампов, инструмента и т. п.: главными проездами и железнодорожными путями (площадь под последними определяют произведением пути на условно принимаемую ширину земельного полотна, равную 5,5 м); ремонтными отделениями с примыкающими к ним вспомогательными службами; лабораториями и специальными мастерскими.

Сумма перечисленных выше площадей составляет общую площадь цеха. Складская площадь, находящаяся вне цеха (площадь эстакад и т. п.) в общую площадь не входит и должна учитываться отдельно. Отдельно учитывается и площадь служебно-бытовых помещений, которая складывается из площадей, занятых конторой цеха, помещениями общественных организаций, пунктами питания, умывальными, душевыми, гардеробными и т. п.

При укрупненном проектировании определяют только производственную, общую и вспомогательную площади цеха. Производственная и общая площади могут быть определены из выражения

$$F_{\text{ц}} = \frac{П}{q_{\text{п}} a} \text{ м}^2,$$

где $F_{\text{ц}}$ — производственная или общая площадь цеха (в зависимости от используемых удельных показателей);
$q_{\text{п}}$ — удельный годовой выпуск поковок, т/м^2;
a — число смен работы цеха.

Табл. 7.1. *Удельный выпуск поковок на 1 м² общей площади (т) при работе цеха в две смены и объеме производства тыс. т/год [2]*

Средняя масса поковки, кг	Универсальные цехи			Специализированные цехи			Автоматизированные цехи		
	До 20	20—50	50—100	До 20	20—50	50—100	До 20	20—50	50—100
До 0,25	1,0	1,2	1,5	1,2	1,5	1,8	1,5	1,8	2,0
0,25—0,4	1,2	1,5	1,8	1,5	1,8	2,0	1,8	2,0	2,3
0,4—0,63	1,5	1,8	2,0	1,8	2,0	2,3	2,0	2,3	2,5
0,63—1,0	1,8	2,0	2,3	2,0	2,3	2,5	2,3	2,5	2,7
1,0—1,6	2,0	2,3	2,5	2,3	2,5	2,7	2,5	2,7	3,0
1,6—2,5	2,3	2,5	2,7	2,5	2,7	3,0	2,7	3,0	3,2
2,5—4,0	2,5	2,7	3,0	2,7	3,0	3,1	3,0	3,2	3,3
4,0—6,3	2,7	3,0	3,1	3,0	3,1	3,2	3,2	3,3	3,4
6,0—10	3,0	3,1	3,2	3,1	3,2	3,3	3,3	3,4	3,5
10—16	3,1	3,2	3,3	3,2	3,3	3,4	3,4	3,5	3,6
16—25	3,2	3,3	3,4	3,3	3,4	3,5	3,5	3,6	3,7
25—40	3,3	3,4	3,5	3,4	3,5	3,6	3,6	3,7	3,8
40—63	3,4	3,5	3,6	3,5	3,6	3,7	3,7	3,8	3,9
63—100	3,5	3,6	3,7	3,6	3,7	3,8	3,8	3,9	4,0
100—160	3,6	3,7	3,8	3,7	3,8	3,9	3,9	4,0	4,1

Данные для расчета общей площади кузнечных цехов горячей объемной штамповки (без бытовых помещений, склада металла и заготовительного отделения) могут быть определены из табл. 7.1.

Распределение полученной укрупненным расчетом общей площади производится в соответствии с табл. 7.2.

Табл. 7.2. *Примерное распределение общей площади цеха* [2]

Службы цеха	Универсальные цехи		Специализированные цехи		Автоматизированные цехи
	занимаемая площадь, % общей площади цеха по видам нагрева заготовок под штамповку				
	индукционный	пламенный	индукционный	пламенный	индукционный
Производственные отделения	45	50	50	55	35
Склады	28	28	23	23	35
Ремонтные службы	7	7	7	8	7
Установки приточно-вытяжной вентиляции	10	13	10	13	8
Станции преобразователей токов повышенной частоты	7	—	7	—	10
Трансформаторные подстанции и энергетические вводы	3	2	3	2	4

Данные для цехов ковки могут быть взяты из специальной литературы и опыта аналогичных производств [2].

Размер производственной площади при укрупненном проектировании подсчитывают также по средним нормам площади на единицу установленного производственного оборудования. При этом ориентировочно можно принимать на единицу мелкого кузнечного оборудования 30—35, на единицу оборудования средних размеров — 45—55, на единицу крупного оборудования — 65—100 м².

Размер вспомогательной площади определяется при укрупненном проектировании в процентах от производственной, для кузнечных цехов ее можно принимать в пределах 50—75%. Чем больше объем выпуска проектируемого цеха, а следовательно, выше степень механизации и автоматизации, тем большее количество металла перерабатывает цех, тем больше будут площади складских и других вспомогательных помещений.

Размер вспомогательной площади можно определить также исходя из предполагаемого числа работающих в цехе в наиболее многочисленную смену и норм вспомогательных площадей на одного работающего.

При детальном проектировании производственную площадь цеха определяют по планировке оборудования. Последняя производится по действующим нормам технологического проектирования кузнечных цехов машиностроительных заводов. По сравнению с ранее действовавшими нормы пересмотрены в сторону улучшения санитарно-гигиенических условий и безопасности труда [13].

Площадь заготовительного отделения (если оно не вынесено в отдельный цех) состоит из площади, занятой основным оборудованием, включая рольганги, механизированные стеллажи и печи для подогрева металла (при наличии последних), проходами и местами для размещения нарезанных заготовок. Поскольку заготовительные операции входят в технологический процесс изготовления поковки, площадь заготовительного отделения относится к производственной площади цеха.

Критерием передачи заготовительных операций в отдельный цех является величина объема годового производства заготовок. При объеме производства заготовок менее 20 000 т/год оно размещается при кузнечном цехе как его отделение.

При укрупненных расчетах площадь под оборудование заготовительного отделения определяется по числу единиц этого оборудования и величине удельных норм площади (130—150 м^2 на единицу); площадь для размещения нагревательных печей — по их числу и габаритным размерам печей с учетом проходов и проездов между ними; площадь для нарезанных заготовок — по их массе из расчета 4—10-дневного запаса и грузонапряженности пола, которая принимается равной 0,8—1,9 т/м^2 [4].

При детальном проектировании площадь заготовительного отделения определяется по планировке.

Площади вспомогательных помещений (складов) рассчитываются с учетом норм удельной нагрузки на полы (табл. 7.3). Когда заготовительный цех располагается в отдельном здании, в кузнечном цехе предусматривается промежуточный склад заготовок с запасом на 1 смену работы. Межоперационные склады полуфабрикатов предусматриваются перед термическими и очистными агрегатами, а также оборудованием для отделочных операций (правки, чеканки и окончательного контроля). Перед термическими агрегатами в условиях универсального производства проектируется склад полуфабрикатов с запасом хранения на 8 рабочих дней.

В условиях специализированного и автоматизированного производства штамповочные и термические агрегаты должны быть совмещены в единые механизированные поточные линии, что исключит необходимость межоперационных складов перед термообработкой.

При универсальном и специализированном производстве межоперационные склады перед очистными агрегатами предусматриваются с запасом хранения на 4, а перед отделочными операциями на 2 рабочих дня.

Запас хранения поковок на складе принимается: при массовом

Табл. 7.3. *Данные для расчета площади складов* [2]

Склады	Способ хранения	Нагрузка на 1 м² полезной площади склада при высоте укладки 1 м, т	Высота укладки, м		Коэффициент использования площади склада
			мостовым краном	электропогрузчиком	
Промежуточный склад заготовок	В унифицированной таре в один ярус	1,9	—	—	0,3
Межоперационные склады полуфабриката		1,8	4—4,5 и 8*		0,3
Готовой продукции	В унифицированной таре в 4—5 ярусов	1,8	4—4,5 и 8*		0,3
Штампов:					
крупных	На полу в штабеле в 2—3 яруса	4,0	1,8—2,2		0,4
средних	На полу в штабеле в 4 яруса				
мелких	В полочном стеллаже	1,3	—	4,0	0,35
Запасных частей к оборудованию	На полу	—	2,0	—	0,4
Электродвигателей	В штабеле на стоечных поддонах	0,7	2,0	4,0	0,35
Огнеупоров	В контейнерах	1,0	1,5	—	0,3

* При укладке штабелером.

производстве на 10—12, при крупносерийном на 12—15 и при серийном на 15—20 рабочих дней. Данные для расчета склада готовой продукции, так же как и для расчета складов штампов, запасных частей, приведены в табл. 7.3.

Площадь для всех складов цеха может быть определена укрупненно по данным табл. 7.2.

Распределение площади по видам складов приведено в табл. 7.4. Расчет площадей ремонтных служб производится по данным табл. 7.2 и 7.5.

Табл. 7.4. *Примерное распределение площади складов цеха* [2]

Склады	Универсальные цехи	Специализированные цехи	Автоматизированные цехи
	площадь, % общей площади складов		
Поковок	45	60	75
Штампов	15	13	10
Запасных частей	6	7	8
Заготовок (промежуточный)	3	3	—
Полуфабриката:			
перед термической обработкой	15	—	—
перед очисткой поковок от окалины	8	8	—
перед отделочными операциями	3	3	—
Кладовые и прочие склады	5	6	7

Табл. 7.5. *Примерное распределение площади ремонтных служб* [2]

Ремонтные службы	Площадь, % общей площади ремонтных служб
Мастерские:	
механика	30
энергетика	20
ШИХа	25
по ремонту хозяйственного инвентаря	15
Прочие ремонтные службы	10

Площади служебно-бытовых помещений определяются по нормам, с которыми можно ознакомиться в специальной литературе.

Основные принципы выбора зданий и их размеров для размещения кузнечных цехов приведены в работе [2]. Здесь же приводятся некоторые положения, которые необходимо учитывать при проектировании.

Здание кузнечного цеха может быть однопролетным и многопролетным. Для кузнечных цехов горячей объемной штамповки ширина здания не должна превышать 144 м при индукционном нагреве заготовок под штамповку и 96 м при пламенном нагреве. Шаг колонн рекомендуется принимать кратным 6. Ширина пролетов составляет 24, 30 и 36 м.

Если оборудование, установленное в цехе, имеет разные габаритные размеры, ширину пролета определяют исходя из максимальных размеров. В многопролетном здании с целью унификации строительных элементов рекомендуется принимать пролеты одинаковой ширины, соответствующей ширине наибольшего пролета.

Длина пролета однопролетного здания может быть определена либо делением общей площади на выбранную ширину пролета (укрупненный расчет), либо путем планировок технологического и транспортного оборудования с нанесением на план цеха всех складов и вспомогательных служб.

7.2. Принципы компоновки площадей кузнечных цехов

Общие сведения. *Компоновкой площадей цеха* называют взаимное расположение его отделений и площадей, определяемое их производственными связями.

Компоновку производственных и вспомогательных отделений и помещений производят в соответствии с последовательностью технологического процесса (склад заготовок, нагрев заготовок, процессы штамповки на различных видах оборудования, обрезка облоя, термическая обработка, очистка окалины, правка, чеканка, контроль, консервация, склад поковок) с соблюдением прямоточности и поступательного движения грузов.

Обычно кузнечно-штамповочный цех состоит из заготовительного, штамповочного (ковочного), термического и отделочного отделений. Часто заготовительное отделение выделяется отдельно и размещается вне цеха. Возможны также объединение процессов термообработки и отделки поковок в одном термическо-отделочном или термическом отделении, дифференциация ковочно-штамповочного отделения на участки (пролеты), выделение поточных механизированных (автоматизированных) линий на отдельные участки, комбинирование отделений и поточных линий. Основные принципы компоновки площадей цеха сводятся к следующему.

Склад металла и заготовительное отделение. При проектировании склада металла в одном здании с кузнечным цехом в целях организации правильного грузопотока наиболее целесообразно размещать его в начале производственных пролетов.

Когда заготовительное отделение по размеру производства может быть размещено в однопролетном здании, его располагают вместе с кузнечным цехом, вдоль или поперек кузнечных пролетов. Независимо от места расположения заготовительного отделе-

ния (цеха) к нему примыкает склад металла с вводом для крупных цехов железнодорожного пути нормальной колеи.

При организации склада металла и заготовительного отделения в отдельном здании (что характерно для кузнечно-штамповочных цехов автомобильных и тракторных заводов) последнее располагается со стороны торцов производственных пролетов в соответствии с грузопотоками металла.

Когда масштаб производства позволяет выделить заготовительные операции в отдельный заготовительный цех, его располагают обычно в одном корпусе с кузнечным производством, если проектом предусмотрен только один кузнечный корпус. При наличии двух кузнечных корпусов заготовительный цех размещают в корпусе с наибольшим выпуском поковок, трех — в отдельном заготовительном корпусе. Это требование относится в первую очередь к цехам кузнечных заводов.

В ковочных цехах, исходным материалом для которых служат слитки или блумы кратных размеров, заготовительные отделения не нужны. Для таких цехов обычно предусматриваются лишь склады металла в виде открытых или закрытых эстакад. В самих кузнечных цехах имеется площадь для хранения слитков и блумов, подлежащих выдержке в цехе в зимнее время для выравнивания температуры перед посадкой в печь.

Мелкие кузнечные цехи своего склада не имеют и получают мерные заготовки с общезаводского заготовительного цеха (склада). В этом случае в кузнечном цехе предусматривается только склад заготовок. Некоторые возможные варианты расположения заготовительного отделения в цехе приведены на рис. 7.1.

При поперечном расположении заготовительного отделения необходимо предусмотреть подачу заготовок в кузнечно-штамповочные пролеты с помощью конвейеров, электро-, автокаров и т. п. Возможен также вариант, когда стеллаж и рольганг пресс-ножниц располагаются в заготовительном отделении, а транспортер от ножниц и тара с нарезанными заготовками — в кузнечных пролетах.

Для продольного расположения заготовительного отделения, применяющегося преимущественно при поперечной планировке кузнечно-штамповочного оборудования, необходимо обеспечить связь между его пролетами с помощью транспортеров, электротележек и т. п. В этом случае целесообразно нагревательное оборудование располагать непосредственно в заготовительном отделении.

Основные производственные отделения. Компоновку площадей под производственное оборудование производят с учетом последовательности основных технологических процессов изготовления поковок. Эта последовательность в целях сохранения общей поточности производства обусловливает и взаимное расположение отдельных обособленных участков площадей цеха.

При этом должен учитываться фактор однотипности кузнечно-штамповочного оборудования. Установку в цехе штамповочного

оборудования разных типов, штамповочных молотов, кривошипных горячештамповочных прессов и горизонтально-ковочных машин производят в отдельных пролетах. Когда это требование выполнить невозможно, следует стремиться хотя бы подразделить оборудование на две основные группы — штамповочные молоты и кривошипные машины (ковочные молоты и ковочные прессы).

Для однотипного оборудования отводятся обособленные площади, на которых его устанавливают по убывающей мощности

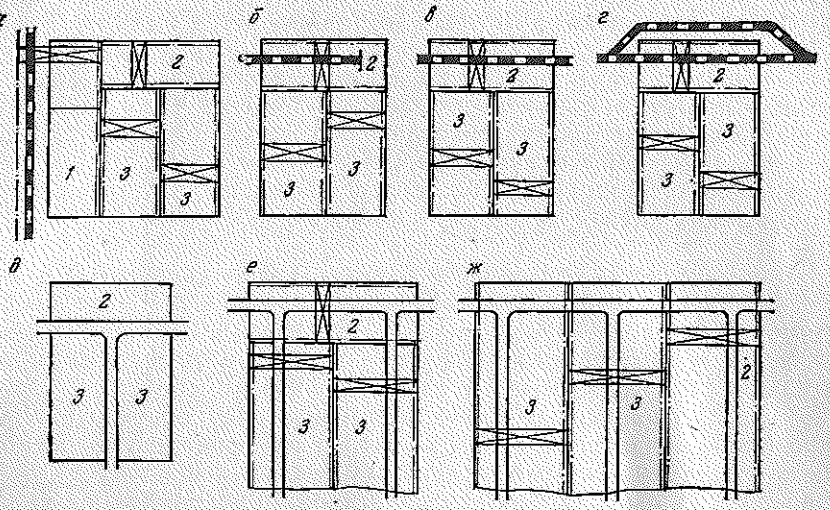


Рис. 7.1. Схемы расположения заготовительного отделения в кузнечном цехе:

а — с продольной эстакадой; *б* — с тупиковым; *в* — со сквозным железнодорожным вводом; *г* — со сквозным железнодорожным вводом с обводной веткой; *д* — с автомобильными путями в однопролетном цехе; *е* — с автомобильными путями в двухпролетном цехе; *ж* — продольное расположение заготовительного отделения в трехпролетном цехе; *1* — эстакада; *2* — заготовительное отделение; *3* — ковочно-штамповочные отделения

(размерам), считая по направлению потока металла со склада заготовок.

В цехах с большим количеством однотипного оборудования его группируют по типоразмерам и выделяют обособленные участки для групп определенной мощности, например участки легких, средних и тяжелых молотов. Это облегчает переброску штампов с одного молота на другой и улучшает компоновку машин.

Все эти требования в первую очередь относятся к серийному и мелкосерийному производству поковок. Термические отделения и отделения отделочных операций размещают на обособленных участках с таким расчетом, чтобы была возможность передачи поковок от штамповочных агрегатов безрельсовым транспортом или мостовыми кранами.

При крупносерийном и массовом производстве поковок создаются комплексные поточные механизированные или автоматизи-

рованные линии с расположением оборудования в последовательности, обусловленной принятым технологическим процессом.

Если в цехе имеется одновременно нескольких типов производства поковок, массовое и крупносерийное производство должны выделяться в самостоятельные участки, причем на кузнечных заводах они должны быть вынесены в отдельные здания.

Вспомогательные отделения и службы. Вспомогательные отделения следует располагать ближе к тем участкам цеха, с которыми они связаны в процессе работы, но так, чтобы не нарушать поточности изготовления поковок в производственных пролетах.

В многопролетных зданиях вспомогательные отделения следует размещать в самостоятельном пролете или на части длины крайнего пролета. При этом склады штампов следует располагать ближе к штамповочному оборудованию, а в крупных цехах примерно посередине главных пролетов. Такое расположение нерационально с точки зрения использования площади главных пролетов, но зато облегчает подачу штампов к оборудованию (и обратно).

Вспомогательные отделения и службы цехов ковки не следует располагать в пролетах большой высоты, так как при этом необходимо выполнять их двух- или трехэтажными. Для этой цели следует максимально использовать пониженные пролеты-вставки и зоны, не обслуживаемые основными крановыми средствами.

В цехах, оснащенных уникальным ковочным оборудованием, насосно-аккумуляторные станции следует по возможности располагать ближе к ковочным гидропрессам, что уменьшает длину трубопроводов, снижает потери давления в них и упрощает обслуживание.

Служебно-бытовые помещения. Расположение служебно-бытовых помещений следует увязывать с общезаводскими потоками людей. При этом в непосредственной близости от выхода из них не должен проходить железнодорожный путь, пересекающий направление движения людей; должна быть обеспечена возможность дальнейшего расширения кузнечно-штамповочного цеха без сноса бытовых помещений; расстояние от служебно-бытовых помещений до самых дальних производственных и вспомогательных отделений не должно превышать 200 м.

Обычно служебно-бытовые помещения располагают в торце здания кузнечного цеха. Если длина цеха свыше 200 м, служебно-бытовые помещения целесообразно размещать в двух местах или в отдельно стоящем здании, соединенном с производственными отделениями цеха утепленными галереями или подземными переходами. Последний вариант является предпочтительным с точки зрения санитарно-гигиенических условий, но и самым дорогостоящим.

Компоновочные планы кузнечных цехов. На компоновке цеха, помимо его производственных и вспомогательных отделений, должны быть указаны подвалы, траншеи и приямки с указанием их размеров; магистральные проезды; ввод железной дороги; места

энергетических вводов; ворота, двери проемы; магистральные коммуникации и трансформаторные подстанции.

В разрезах здания должны быть отмечены антресоли, подземные сооружения и сооружения, размещаемые на нулевой отметке цеха, а также подвесные транспортные средства.

Компоновочный план выполняют в масштабе 1 : 200 или 1 : 400.

На рис. 7.2 представлена компоновка кузнечного цеха Волжского автомобильного завода. Здание цеха имеет форму прямоугольника общей площадью 45684 м², ориентированного с севера

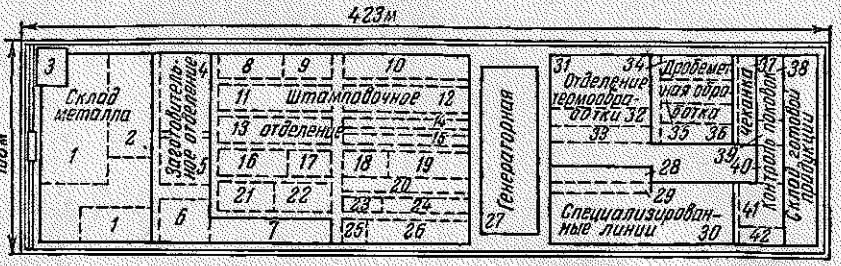


Рис. 7.2. Компоновка кузнечного цеха ВАЗа:

1 — хранение металла в связках на полу; *2* — хранение металла в стеллажах; *3* — отходы; *4* — пресс-ножницы; *5* — кривошипные прессы; *6* — галтовка и другая отделка заготовок; *7* — шлифовка прутков; *8* — линии КГШП 3000 тс; *9* — линии КГШП 2500 тс; *10* — линии КГШП 2000 тс; *11, 12* — линии КГШП 1300 тс; *13* — линии КГШП 1600 тс; *14* — линии КГШП 1000 тс; *15* — автоматизированные КГШП 700 тс; *16* — ковочные вальцы; *17* — автоматизированные ГКМ 6″; *18* — автоматизированные ГКМ 4″; *19* — линии ГКМ 4″; *20* — линии ГКМ 2″; *21* — прессы-автоматы; *22* — доводка и подналадка штампов; *23* — электровысадочные машины; *24* — линии фрикционных прессов; *25* — участок изготовления обода маховика; *26* — линия холодной обрезки; *27* — генераторная; *28—30* — специализированные линии; *31* — агрегаты изотермического отжига; *32* — агрегаты улучшения; *33* — агрегат нормализации и отпуска; *34—36* — дробеметные установки; *37* — чеканка поковок; *38—41* — контроль поковок; *42* — изолятор брака

на юг. Вдоль западной стороны к нему примыкает трехэтажное помещение административных и хозяйственных служб размером 270×18 м с развернутой площадью около 15 тыс. м².

Цех рассчитан на годовой выпуск 56 000 т штампованных поковок 59 наименований массой от 37 г до 5,58 кг и пружин передней и задней подвесок автомобиля (суточный выпуск ~ 180 т). Масса комплекта составляет 83 кг при проектной трудоемкости 0,889 нормо-ч. Трудоемкость изготовления 1 т поковок 10,4 нормо-ч. Цех рассчитан на двухсменную работу, кроме термических агрегатов, работающих в три смены.

Компоновка цеха и размещение в нем оборудования отвечают требованию прямоточности организации производства. С севера здания расположены четыре поперечных пролета шириной 24 м каждый. В первом пролете проходит железнодорожный путь для подачи исходного металла и вывоза отходов. В нем же находится часть склада для приемки входным контролем поступающего металла. Следующие два пролета предназначены для хранения 50-суточного запаса металла. Склад металла оснащен семью под-

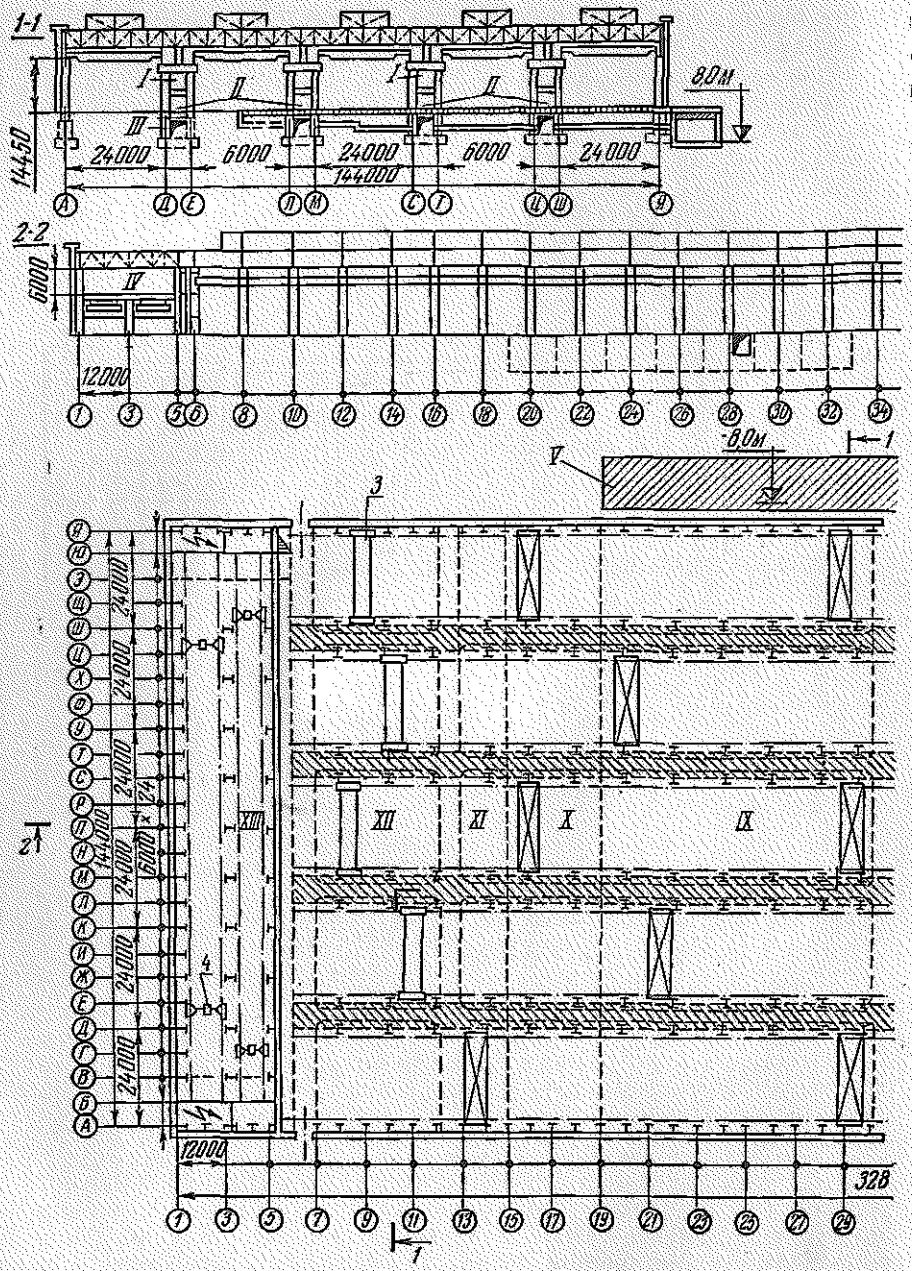
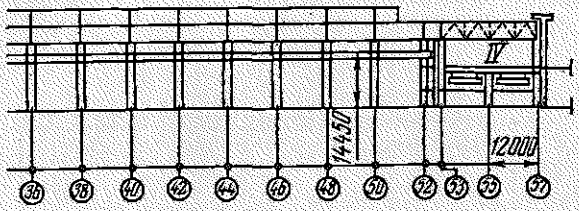
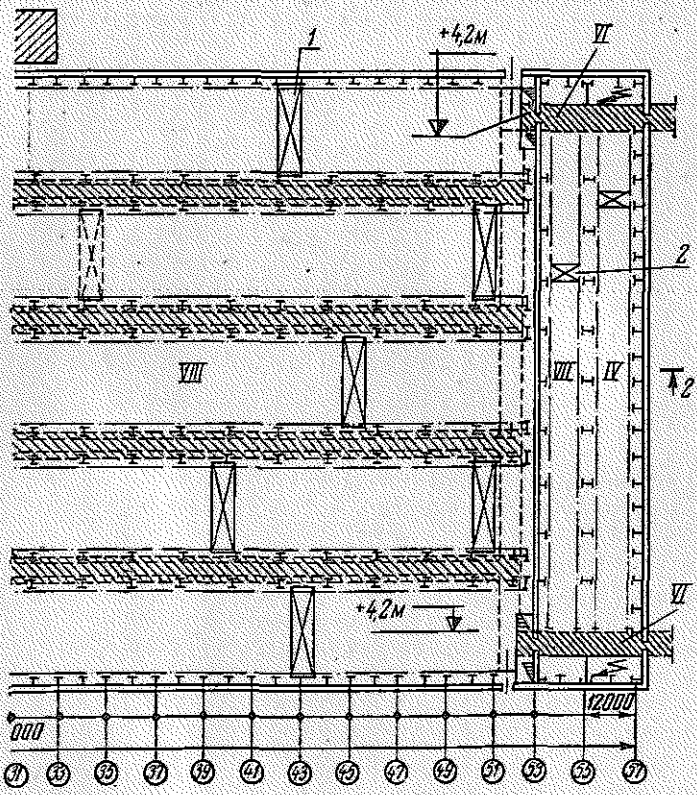


Рис. 7.3. Компоновочный план цеха крупных штамповочных прессов на выпуск

I — антресоли для размещения коммуникаций и оборудования вытяжной вентиля приточной вентиляции; *V* — подвал для маслоохладительного оборудования; *VI* — повышенной частоты; *VIII* — отделение штамповочных прессов; *IX* — термическое *XII* — склад поковок; *XIII* — вспомогательные службы; *1* — мостовой кран; *2* —

весными мостами, связанными между собой переходными устройствами. Четыре грузовые тележки грузоподъемностью 8 т каждая с грузом или без него могут перемещаться в пределах как одного пролета, так и между ними. Напольные рельсовые тележки, кроме того, связывают второй и третий пролеты между собой и с заготовительным отделением, располагающимся в четвертом пролете.





100 тыс. т поковок в год:

ции; *II* — проезды; *III* — каналы приточной вентиляции; *IV* — станция оборудования галереи для прохода в бытовые помещения; *VII* — станция преобразователей токов отделение; *X* — очистное отделение; *XI* — отделение отделочных операций и контроля; мостовой кран с нижним управлением; *3* — штабелер; *4* — кран-балка

В шести продольных пролетах шириной 18 м каждый располагаются отделения штамповки, термической обработки, специальных линий, дробеметной очистки, чеканки и контроля. Между штамповочными и остальными отделениями располагается генераторная, изолированная глухими стенами.

Склад готовой продукции находится в поперечном 24-метровом пролете и оснащен двумя вилочными кранами-штабелерами. Для транспортировки металла, полуфабрикатов и поковок в корпусе используются средства напольного транспорта.

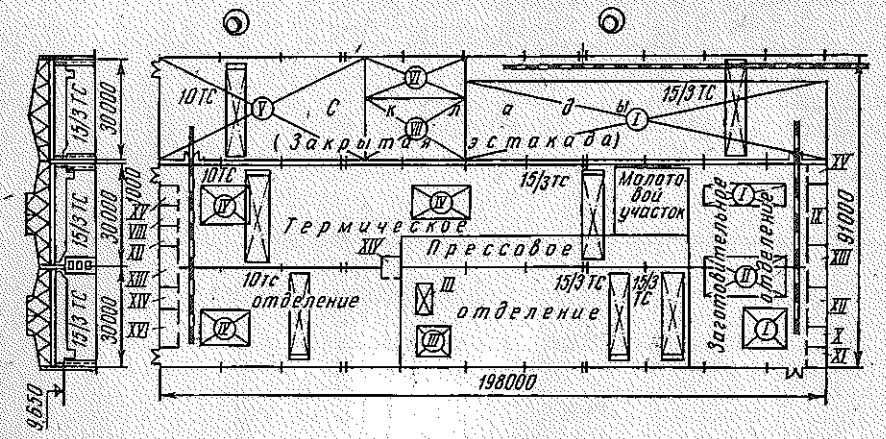


Рис. 7.4. Компоновочный план кузнечно-прессового цеха мощностью 25 тыс. т поковок в год:

I — склад металла; *II* — заготовок; *III* — полуфабрикатов; *IV* — поковок; *V* — отходов; *VI* — бойков; *VII* — крупного инструмента и запасных частей; *VIII* — кладовая вспомогательных материалов и запасных частей; *IX* — мастерская механика; *X* — электрика; *XI* — энергетика; *XII* — трансформаторные подстанции; *XIII* — дутьевые установки; *XIV* — комнаты мастеров; *XV* — санузлы; *XVI* — маслоохладительная установка

На рис. 7.3 приведен примерный компоновочный план кузнечного цеха на выпуск 100 000 т поковок в год (масса поковок от 50 до 100 кг).

В цехе предусмотрена штамповка с индукционным нагревом заготовок на прессах усилием 6300—20 000 тс, с расположением штамповочных линий в продольном направлении в один ряд [2]. Цех обслуживают мостовые краны грузоподъемностью 50/10—120/30 т.

Здание цеха содержит продольные вставки для магистральных проездов, что позволяет отделить движение напольного транспорта от людских потоков. В торцах здания предусмотрены поперечные двухэтажные вставки, в которых на втором этаже расположены станции оборудования приточной вентиляции.

При компоновке ковочных цехов наибольшее значение имеет группировка однотипного оборудования (молоты пневматические и паровоздушные, гидравлические ковочные прессы — одностоечные или четырехколонные), несколько меньшее — объединение

однотипного оборудования по размерам. При компоновке по однотипному оборудованию рекомендуется наиболее крупное оборудование ставить ближе к складу металла или заготовок.

Представление о принципах компоновки площадей ковочных цехов [2] можно получить из анализа компоновочного плана кузнечно-прессового цеха с выпуском 25 000 т поковок в год (рис. 7.4).

7.3. Расположение оборудования

Существует два основных варианта расположения оборудования в кузнечных цехах. При первом технологический процесс и грузопоток направлен вдоль оси пролета. Такое продольное расположение оборудования получило распространение в цехах ковки, однопролетных зданиях и зданиях П- и Ш-образной формы кузнечных цехов горячей объемной штамповки (последние два типа зданий в настоящее время для кузнечных цехов не строят).

Второй вариант — вариант поперечного грузопотока — получил распространение в многопролетных зданиях. Однако при достаточной ширине пролета штамповочный агрегат (линия), состоящий из нагревательной установки, штамповочного и обрезного прессов, может быть расположен в поперечном направлении и в однопролетном здании.

При продольном грузопотоке применяются две основные схемы расположения оборудования. По первой схеме оборудование устанавливают вдоль пролета в два ряда, отстоящих от продольных стен здания на расстояние, достаточное для создания необходимых условий эксплуатации и обслуживания оборудования с применением соответствующих средств механизации. Рабочие места расположены со стороны стен. Эта схема является классической для кузнечных цехов, оснащенных штамповочными (ковочными) молотами и ГКМ. В цехе имеются три проезда, что создает стройную схему грузопотоков, по которой металл поступает к рабочим местам по боковым проездам, а поковки транспортируются по среднему. Такое расположение является наилучшим с точки зрения аэрации рабочих мест. Осевые линии рядов оборудования либо делят ширину пролета на три равные части, либо в зависимости от конфигурации и габаритов оборудования сдвигаются. Недостаток — сосредоточение встречных людских потоков и основных грузопотоков напольного и подвесного транспорта в центральном проезде. Его можно избежать, располагая оборудование в многопролетном здании, имеющем продольные вставки для магистральных проездов (см. рис. 7.3).

По второй схеме между рядами оборудования и продольными стенами здания оставляются только боковые проходы, достаточные для обслуживания оборудования во время его ремонта. Рабочие места располагаются со стороны широкого центрального проезда. Схему применяют главным образом для цехов, оснащенных одностоечными паровоздушными и пневматическими мо-

лотами, фрикционными прессами и ГКМ при штамповке поковок из заготовок мерной длины. Она позволяет использовать более узкие пролеты. Недостатком схемы является плохая аэрация рабочих мест, вызванная тем, что тепловые потоки от двух рядов печей, расположенных со стороны продольных стен, увлекают свежий воздух, поступающий через окна, тем самым как бы «экранируя» рабочие места. Преимущество — возможность разделения грузовых потоков, сосредоточенных в центральном проезде, и людских, которые (помимо центрального проезда) могут быть направлены в боковые проходы. Эту схему в чистом виде для новых цехов не применяют и используют лишь частично.

При применении обеих схем следует придерживаться следующих правил расположения оборудования. Во-первых, необходимо располагать оборудование каждого ряда таким образом, чтобы рабочие места находились на одной прямой линии параллельно оси пролета, это позволит упростить размещение средств механизации, предназначенных для обслуживания агрегатов.

Во-вторых, оборудование следует устанавливать в одном ряду в порядке возрастания, а в другом — наоборот, в порядке убывания габаритов. Это позволит выдержать примерно одинаковую ширину центрального проезда в цехе.

В-третьих, при оснащении цеха оборудованием разных типов и при его планировке по первой схеме оборудование, требующее размещения нагревательных установок слева от рабочего места (штамповочные молоты, кривошипные горячештамповочные прессы и пр.), следует располагать в правом ряду, считая по направлению движения металла из склада заготовок к оборудованию, а оборудование, у которого нагревательные установки должны находиться справа от рабочего места (горизонтально-ковочные машины и пр.), в левом ряду. При размещении по второй схеме оборудование должно быть расположено в обратном порядке.

Возможна также установка оборудования вдоль пролета в один ряд, либо посредине (например, применительно к ковочным молотам с массой падающих частей не менее 1 т), либо ближе к одной из продольных стен здания. Подобные схемы применяют в цехах мелкосерийного и единичного производства для установки ковочных молотов и гидравлических ковочных прессов [14].

Малые пневматические ковочные молоты обычно устанавливают в два ряда вдоль оси пролета. В зависимости от массы падающих частей молота и заглубления фундаментов колонн здания фронт работы может быть расположен от стены и от центрального проезда (рис. 7.5).

Для установки пневматических ковочных молотов в два ряда необходимы пролеты шириной 18 и 24 м. При расположении фронта работы от стены расстояние до молота должно быть достаточным для свободного манипулирования с длинномерными поковками, а также для работы безрельсового манипулятора (его необходимо применять, начиная с молота с массой падающих частей 0,25 т и выше).

По такой схеме молоты устанавливаются, когда фундаменты колонн здания заглублены меньше фундаментов молотов, что не позволяет приближать последние к колоннам. Когда же заглубление колонн здания позволяет приближать молоты к стене, становится возможной организация фронта работ со стороны проезда. Такое расположение молотов позволяет лучше организовать подачу заготовок и удаление поковок напольным транспортом по проезду. Расстояния между молотами, смежным оборудованием и элементами здания приведены в табл. 7.6.

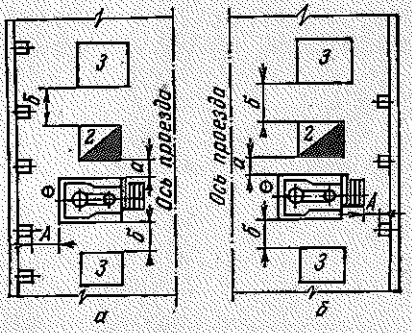


Рис. 7.5. Схемы планировок участков пневматических ковочных молотов (м. п. ч. 0,15—0,4 т):

а — с фронтом работы от стены; *б* — с фронтом работы от проезда; *1* — молоты; *2* — нагревательные печи; *3* — смежное оборудование

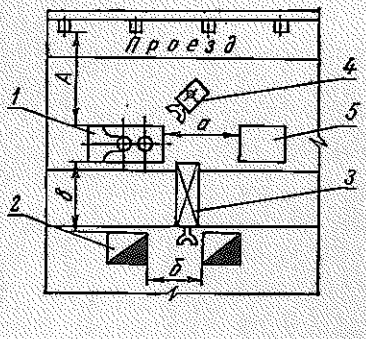


Рис. 7.6. Участок молота пневматического ковочного (м. п. ч. 0,75—1 т):

1 — молот; *2* — нагревательные печи; *3* — шаржир-машина; *4* — ковочный манипулятор; *5* — смежное оборудование

Табл. 7.6. *Расстояния между пневматическими ковочными молотами, смежным оборудованием и элементами здания (к рис. 7.5)*

Тип фундамента	Масса падающих частей, т	Размеры, мм					
		схема *а*			схема *б*		
		А	*а*	*б*	*А*	*а*	*б*
Виброизолированный	0,15		1000			1000	2000
	0,25	4000	1200	2500	3000	1200	2200
	0,40		1500			1500	2500
Монолитный	0,15—0,40	4000	1000	2000	3000	1000	2000

Для загрузки нагревательных печей, выдачи нагретых заготовок и подачи их к ковочному пневматическому молоту с массой падающих частей 0,75—1,0 т следует использовать шаржир-машину (рис. 7.6), которая позволит обеспечить бесперебойную работу молота. Рекомендуемые расстояния между основным и смежным оборудованием и элементами здания приведены в табл. 7.7.

Табл. 7.7. *Расстояния между пневматическими ковочными молотами, смежным оборудованием и элементами здания (к рис. 7.6)*

Масса падающих частей молота, т	Размеры, мм			
	молоты на виброизолированных и монолитных фундаментах			
	А	*а*	*б*	*в*
0,75 — 1,0	8000	5000	Не менее 1500	6000

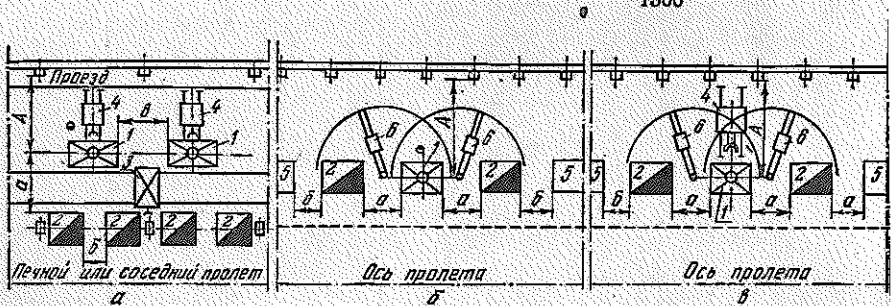


Рис. 7.7. Схемы планировок участков паровоздушных ковочных молотов:
1 — молоты; *2* — нагревательные печи; *3* — шаржир-машина; *4* — ковочные манипуляторы; *5* — смежное оборудование; *6* — ковочные консольные краны

Паровоздушные ковочные молоты располагаются в однопролетных и многопролетных зданиях. В зависимости от массы падающих частей и ширины пролета молоты располагаются вдоль пролета в один или два ряда (рис. 7.7).

Ковочные молоты имеют фундаменты больших габаритов, что не позволяет приближать их к колоннам здания, поэтому фронт работы этих молотов целесообразно располагать от стены здания. Для установки паровоздушных ковочных молотов в два ряда применяются пролеты шириной 24 м. При установке ковочных молотов предусматривается механизация основных ковочных операций, загрузки и выдачи заготовок из печи, подачи их к ковочному молоту, удаление от него поковок и металлоотходов.

Расположение оборудования в агрегатах паровоздушных ковочных молотов зависит от типа производства поковок. При крупносерийном и массовом производстве поковок (например, при ковке вагонных осей и т. п.) следует рекомендовать схему расположения оборудования, приведенную на рис. 7.7, *а*. В этом случае для механизации ковочных операций используются напольные рельсовые манипуляторы, а для операций загрузки и выгрузки заготовок из печей — шаржир-машины. При этом типе производства поковок у всех ковочных агрегатов предусматривается система дистанционного управления.

При мелкосерийном и единичном производстве поковок к ковочным молотам обычно устанавливаются поворотные краны (рис.

7.7, *б*), однако это не исключает возможности установки манипуляторов. При смешанном типе производства (крупно- и мелкосерийном) к паровоздушным ковочным молотам устанавливаются ковочные рельсовые манипуляторы и ковочные поворотные краны. При этом молоты и печи располагаются в линию вдоль пролета (рис. 7.7, *в*), что уменьшает влияние излучаемого печами тепла на рабочий персонал. Поворотные краны углублены от фронтовой линии оборудования, что обеспечивает свободный проход стрелы крана над печью и молотом и дает возможность обслуживания последнего поворотным краном с обратной стороны. К тому же фундамент крана не загромождает рабочей зоны агрегата.

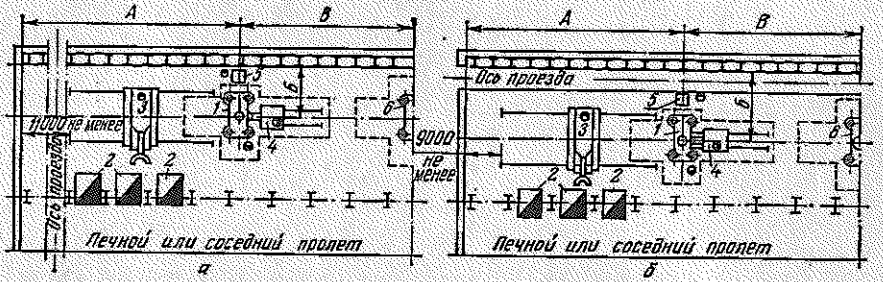


Рис. 7.8. Схемы планировок участков ковочных гидравлических четырехколонных прессов усилием 800 и 1250 тс:

1 — пресс; *2* — нагревательные печи; *3* — шаржир-машина; *4* — ковочный манипулятор; *5* — инструментальный манипулятор; *6* — смежное оборудование

Рекомендуемые расстояния между паровоздушными ковочными молотами, смежным оборудованием и элементами здания приведены в табл. 7.8. Схема планировки участка ковочных гидравлических одностоечных прессов аналогична схеме, изображенной на рис. 7.7, *а*. Рекомендуемые расстояния между такими прессами и смежным оборудованием, а также элементами здания практически совпадают с данными табл. 7.8.

Гидравлические ковочные четырехколонные прессы, как правило, устанавливаются в многопролетных зданиях. Ширина пролета принимается не менее 24 м.

Рельсовые посадочные машины (шаржир-машины) для загрузки печей и выдачи заготовок устанавливаются у ковочных гидравлических прессов усилием до 1250 тс (рис. 7.8). Однако, когда ковочный пресс предназначен для ковки жаропрочных сталей и специальных сплавов с большим пределом прочности, посадочные машины могут использоваться у ковочных прессов усилием до 6300 тс, если у последних установлены камерные печи.

Рекомендуемые схемы планировки участков мощных гидравлических ковочных прессов изображены на рис. 7.9, а расстояния между оборудованием и элементами здания приведены в табл. 7.9.

Продольная планировка оборудования в цехах горячей объемной штамповки применяется в основном в агрегатах паровоздушных штамповочных молотов и горизонтально-ковочных машин.

Табл. 7.8. *Расстояния между паровоздушными ковочными молотами, смежным оборудованием и элементами здания (к рис. 7.7)*

Масса падающих частей молота, т	Тип молота	Размеры, мм									
		молоты на виброизолированных фундаментах				молоты на монолитных фундаментах *					
		схема *а*				схема *б*			схема *в*		
		А	*а*	*б*	*в*	*А*	*а*	*б*	*А*	*а*	*б*
1	Арочный	13 000		Не менее 1500	3500	6000	2000	2000	8000	2000	2000
2					4500	6000	2750	2750	8000	2750	2750
3,15						6500			8500		
5			11 000			7000			9000		
3,15	Мостовой	15 000		1500	5500	6500	3000	3000	8500	3000	3000
5						7000			9000		

* Установку молотов на виброизолированных фундаментах по схемам *б* и *в* можно выполнять только для молотов с массой падающих частей 1 и 2 т с увеличением расстояний от молота до печи (*а*) и от печи до смежного оборудования (*б*) до 3000 мм для ПКМ — 1 т и 3750 мм для ПКМ — 2 т. Для молотов с массой падающих частей 3,15 и 5 т на виброизолированных фундаментах установка по этим схемам не рекомендуется, так как ведет к увеличению вылета стрелы консольного крана до 7,5—8 м и расстояния *А* до 10 м и более.

Расположение оборудования в линиях кривошипных горячештамповочных прессов вдоль пролета цеха (рис. 7.10) применяется лишь при реконструкции действующих кузнечных цехов, когда в цехе, помимо указанных прессов, имеются штамповочные молоты и другое оборудование, и при изготовлении крупных поковок.

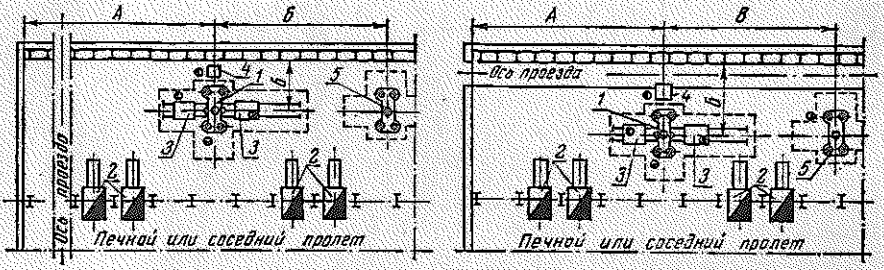


Рис. 7. 9. Схемы планировок участков ковочных гидравлических четырехколонных прессов усилием 2000—6300 тс:
1 — пресс; *2* — нагревательные печи; *3* — ковочные манипуляторы; *4* — инструментальный манипулятор; *5* — смежное оборудование

Расстояния между штамповочными прессами, смежным оборудованием и элементами здания приведены в табл. 7.10.

Паровоздушные штамповочные молоты устанавливаются в два ряда вдоль оси пролета. Рабочий фронт в большинстве случаев располагается от стены. В агрегате штамповочного молота обычно устанавливается нагревательная печь и пресс для обрезки облоя.

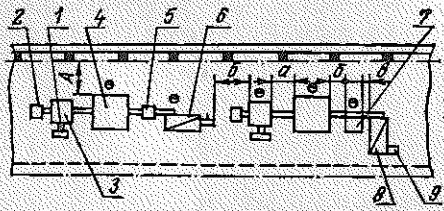


Рис. 7.10. Схема расположения линий КГШП вдоль оси пролета:
1 — тара для облоя; *2* — тара для поковок; *3* — обрезной пресс; *4* — штамповочный пресс; *5* — камера гидравлической очистки нагретых заготовок от окалины; *6* — полуметодическая печь толкательного типа; *7* — ковочные вальцы; *8* — индукционный нагреватель; *9* — загрузочный бункер

При штамповке крупных поковок и поковок сложной конфигурации в агрегате иногда устанавливают два штамповочных и один правочный молот или правочный кривошипный пресс, а также дополнительные печи для подогрева полуфабриката и специальное оборудование.

Нагревательную печь и обрезной пресс располагают в одну линию с молотом, причем относительно фронта работы печь располагают с левой стороны, а пресс для обрезки облоя — с правой.

При передаче нагретой заготовки от печи к молоту, а также переносе поковки от молота к обрезному прессу и далее к правочному молоту используются монорельсовые пути (для поковок массой

Табл. 7.9. *Расстояния между ковочными гидравлическими четырехколонными прессами, смежным оборудованием и элементами здания* (к рис. 7.8 и 7.9)*

Усилие пресса, тс	Размеры, мм					
	схема *а*			схема *б*		
	А	*Б*	*В***	*А*	*Б*	*В***
800—1250	67 000	17 000	84 000	67 000	17 000	84 000
2000	104 000	14 000—16 000	90 000	104 000	17 000	90 000
3200	116 000	14 000—16 000	115 000	116 000	17 000	115 000
6300	116 000	14 000—16 000	180 000	116 000	21 000	180 000
10 000 и более	Нормами не регламентируются, определяются планировкой					

* Размеры указаны для установки гидравлических ковочных прессов с верхним расположением рабочих цилиндров.

** Размеры указаны для случаев расположения справа смежного пресса соответственно усилием 800, 1250, 2000 и 3200 тс.

Табл. 7.10. *Расстояния между оборудованием в линиях штамповочных прессов, расположенных вдоль оси пролета (к рис. 7.10)*

Усилие прессов, тс	Размеры (до станин), мм				
	А	*Б*	*а*	*б*	*в*
До 1000	5000	2000	1000	1000	1000
1600—2500	5500	2500	1500	1000	1000
3150—4000	6000	3000	2000	1500	1500
6300—8000	7000	4000	2500	2000	2000
10 000—12 000	8000	—	3000	2500	2500
16 000—20 000	8000	—	4000	3000	3000

Табл. 7.11. *Расстояния между оборудованием в линиях штамповочных молотов (к рис. 7.11)*

Масса падающих частей молота, кг	Размеры, мм		
	А	*а*	*б*
630	6000	800	1000
1000—2000	7000	1000	1400
3150—5000	7500	1200	1800
10 000	8500	2000	2500
16 000—25 000	10 000	2000	3000

до 100 кг). Готовые поковки удаляются от агрегата с помощью подвесного конвейера (рис. 7.11, *а*).

Для передачи поковок массой более 100 кг используются посадочные рельсовые машины (рис. 7.11, *б*). Применяются и другие схемы расположения оборудования в агрегатах паровоздушных штамповочных молотов. Расстояния между ПШМ, элементами здания и смежным оборудованием приведены в табл. 7.11.

Горизонтально-ковочные машины устанавливают как в однопролетных, так и многопролетных зданиях в один или два ряда, что зависит от организации производства и ширины пролета.

При штамповке поковки от прутка с последующим ее отделением фронт работ рекомендуется располагать от стены (рис. 7.12) по одной линии, отстоящей от колонн здания на расстоянии, принятом по максимальной длине применяемого прутка (или ковочного патрона).

Нагревательная печь располагается при этом в одну линию с правой стороны ГКМ, что обеспечивает прием нагретого прутка штамповщиком и установку заготовки в правую неподвижную матрицу непосредственно на рабочем месте. Штамповщик постоянно обращен корпусом в правую сторону и принимает пруток, доставленный от печи, не отходя от рабочего места.

При изготовлении поковок из заготовок мерной длины (крупносерийное и массовое производство) рекомендуется устанавливать у ГКМ индукционные нагреватели, располагая фронт работ со стороны центрального проезда (рис. 7.13, *а*). Подобная планировка может быть рекомендована и для серийного производства поковок (рис. 7.13, *б*).

Планировка ГКМ с горизонтальным расположением ручьев штампа для производства поковок из заготовок мерной длины с фронтом работы от стены здания изображена на рис. 7.14.

Рекомендуемые расстояния между горизонтально-ковочными машинами, элементами здания и смежным оборудованием даны в табл. 7.12.

Табл. 7.12. *Расстояния между оборудованием в агрегатах горизонтально-ковочных машин (к рис. 7.12—7.14)*

Усилие ГКМ, тс	Размеры, мм				
	А	$А_1$	*Б*	*а*	*б*
160—630	750	5500	4000	1500	800
800—1600			6000	2000	1000
2000—3150			8000	2500	1500

Современные тенденции проектирования новых кузнечных цехов крупносерийного и массового производства заключаются в создании поточных механизированных (автоматизированных) ли-

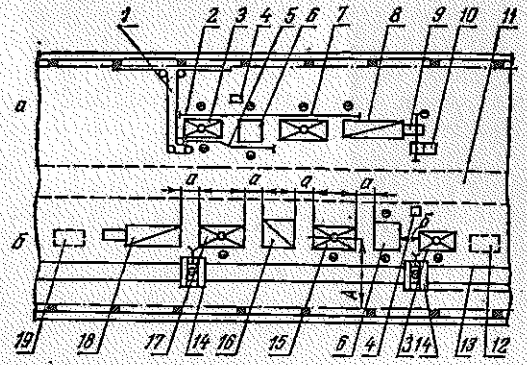


Рис. 7.11. Схемы расположения оборудования в агрегатах паровоздушных штамповочных молотов:

а — для поковок массой до 100 кг при штамповке на одном молоте; *б* — для поковок массой более 100 кг; *1* — подвесной конвейер; *2, 5* — монорельсовые пути; *3* — молот для правки; *4* — тара для облоя; *6* — обрезной пресс; *7* — штамповочный молот; *8* — полуметодическая печь толкательного типа; *9* — механизм для загрузки печи; *10* — тара для заготовок; *11* — проезд; *12* — место для поковок; *13* — рельсовый путь для посадочных машин; *14* — посадочная машина; *15* — молот для чистовой штамповки; *16* — камерная печь для подогрева; *17* — молот для черновой штамповки; *18* — методическая печь толкательного типа; *19* — место для заготовок

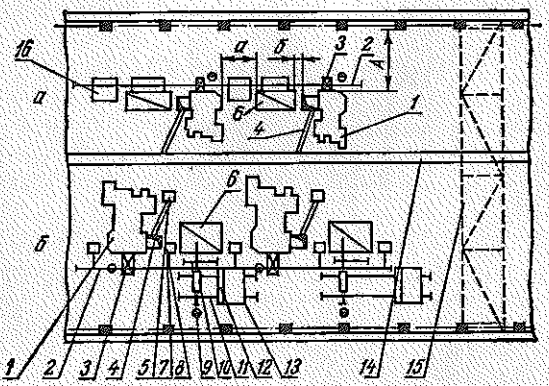


Рис. 7.12. Схемы расположения оборудования в агрегатах ГКМ с расположением рабочих мест от стены пролета:

а — расположение при массовом и крупносерийном производстве поковок; *б* — при серийном; *1* — ГКМ; *2* — монорельсовый путь; *3* — напольный стационарный перекладчик; *4* — наклонный пластинчатый транспортер; *5* — тара для поковок; *6* — щелевая печь; *7* — стойка монорельса; *8* — кронштейн монорельса; *9* — подставка для прутков; *10* — ковочный патрон; *11* — рельсы передвижного стеллажа; *12* — рольганг передвижного стеллажа; *13* — передвижной стеллаж; *14* — пластинчатый транспортер; *15* — мостовой кран; *16* — стеллаж

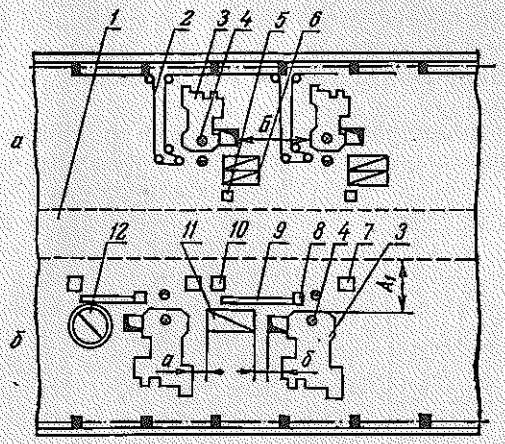


Рис. 7.13. Схемы компоновки оборудования в агрегатах ГКМ с расположением рабочих мест от центрального проезда пролета:

1 — проезд; *2* — подвесной конвейер; *3* — ГКМ; *4* — электропневматический перекладчик; *5, 10* — тара для заготовок; *6* — индукционный нагреватель; *7* — тара для поковок; *8* — стол для приема нагретых заготовок; *9* — транспортер для подачи нагретых заготовок; *11* — щелевая печь; *12* — печь с вращающимся подом

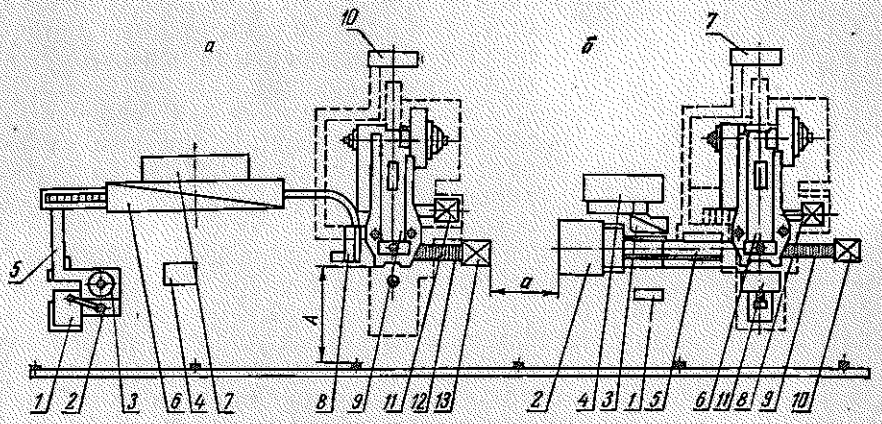


Рис. 7.14. Схемы компоновки оборудования в агрегатах ГКМ с горизонтальным расположением ручьев штампа:

а — для изготовления поковок из коротких заготовок: *1* — тара; *2* — механическая рука с магнитным захватом; *3* — питатель; *4* — шкаф управления; *5* — транспортер; *6* — индукционный нагреватель; *7* — конденсаторные батареи; *8* — механизм для подачи заготовок в штамповое пространство; *9* — горизонтально-ковочная машина; *10* — шкаф управления; *11* — расположение тары при работе с короткими заготовками; *12* — транспортер; *13* — расположение тары при работе с относительно длинными заготовками; *б* — для изготовления поковок из относительно длинных заготовок: *1* — шкаф управления; *2* — бункер с заготовками; *3* — индукционный нагреватель щелевого типа; *4* — конденсаторные батареи; *5* — транспортирующее устройство; *6* — ГКМ; *7* — шкаф управления; *8* — расположение тары при работе с короткими заготовками; *9* — транспортер; *10* — расположение тары при работе с относительно длинными заготовками; *11* — манипулятор

ний, строящихся в основном на базе кривошипных горячештамповочных прессов или штамповочных автоматов и располагающихся в поперечном направлении как в однопролетных, так и многопролетных зданиях.

Поперечная планировка оборудования с применением кривошипных горячештамповочных прессов широко внедряется на заводах автомобильной промышленности и может быть применена в любой отрасли машиностроения.

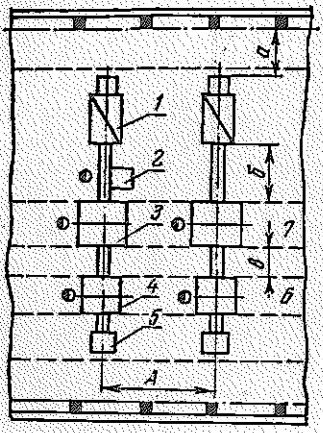


Рис. 7.15. Поперечное расположение штамповочных прессов в однопролетном здании:

1 — нагревательная установка; *2* — ковочные вальцы; *3* — кривошипный горячештамповочный пресс; *4* — пресс для горячей обрезки облоя; *5* — ящик для поковок; *6* — ленточный фундамент обрезных прессов; *7* — ленточный фундамент штамповочных прессов

До последнего времени здания кузнечных цехов строились П- или Ш-образной формы. Организация и культура производства в старых цехах находятся на низком уровне. Поперечная планировка оборудования и совершенно новая организация производства поковок коренным образом меняют производственные условия и облик кузнечных цехов. Эту планировку можно осуществить для небольшой группы штамповочного оборудования в пределах производственного участка, размещенного в одном пролете, а также для группы оборудования в самостоятельном отделении кузнечного цеха. По этому методу можно создавать отделения и цехи с комплексными поточными механизированными или автоматизированными линиями.

Поперечная планировка оборудования позволяет вводить кузнечную обработку в общие технологические поточные линии, включая механическую обработку поковок.

Особенность поперечной планировки заключается в следующем. При расположении поточной линии в одном пролете здания с образованием двух боковых проездов (рис. 7.15) заготовки подаются к бункерным питателям нагревательных устройств по одному проезду в одном направлении. Нагревательные устройства находятся на одной линии, образуя единый фронт подачи заготовок и загрузки их в бункера. Все обрезные прессы располагаются вдоль другого проезда, по которому и удаляются поковки.

Поперечная планировка обеспечивает расположение однотипного оборудования по одному фронту работы, что позволяет установить штамповочные прессы усилием до 4000 тс и прессы для обрезки облоя на ленточных фундаментах траншейного типа или с техническим этажом, которые одновременно используются для прокладки и разводки всех коммуникаций. Подобные фундаменты используются также для размещения в них пластинчатых транспортеров, которые подают поковки на термообработку и удаляют

облой за пределы цеха. Благодаря этому резко уменьшаются тепловыделения в цехе, исключается загромождение рабочих мест.

Преимуществом поперечной планировки является также то, что здание и технический этаж кузнечного цеха могут быть построены до получения горячештамповочных прессов. По мере получения

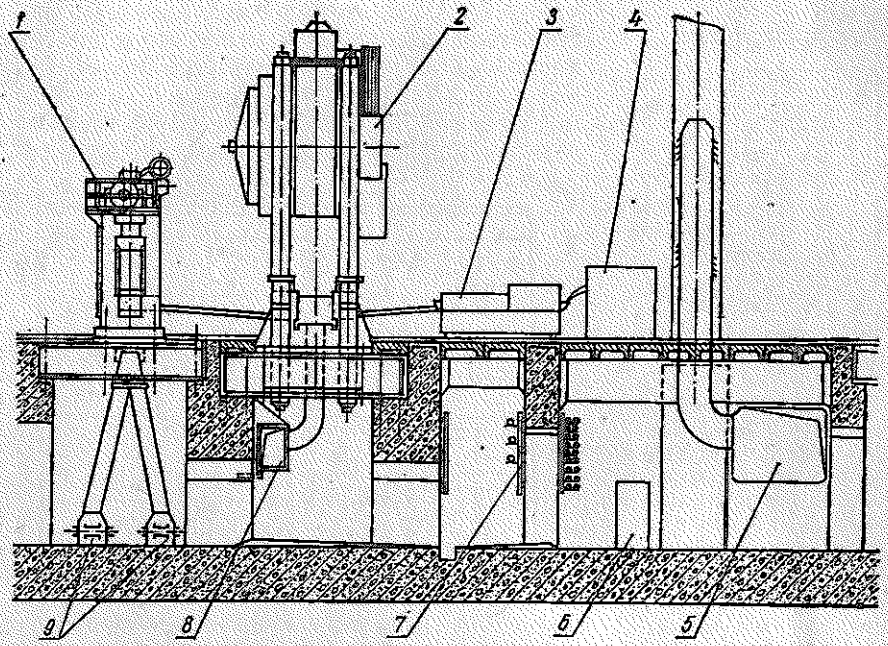


Рис. 7.16. Принципиальная схема размещения агрегатов кривошипных горячештамповочных прессов на фундаментах с техническим этажом:

1 — пресс для обрезки облоя; *2* — кривошипный горячештамповочный пресс; *3* — индукционный нагреватель; *4* — бункер-питатель индукционного нагревателя; *5* — приточный воздуховод; *6* — конденсаторная батарея индукционного нагревателя; *7* — энергетические коммуникации; *8* — трубопровод для дымоудаления от КГШП; *9* — конвейер для облоя

последних они могут быть быстро установлены на конструкциях технического этажа (рис. 7.16).

В многопролетном здании при поперечной планировке оборудования в комплексных технологических линиях, совмещаемых с термическими агрегатами, создаются условия, при которых в каждом пролете находится однотипное оборудование. Это дает возможность проектировать подъемно-транспортные средства соответственно типам технологического оборудования. Нагревательные устройства в этом случае располагаются по прямой линии вдоль проезда, со стороны склада нарезанных заготовок, а термические агрегаты примыкают к складу готовой продукции (рис. 7.17). Расположение штамповочных и обрезных прессов по обеим этим схемам предусматривает подачу и перемещение заготовок и поковок в процессе штамповки через боковые окна станин прессов. Подобная

схема расположения оборудования является наиболее рациональной, так как нагретая заготовка или полуфабрикат подается непосредственно к штампу.

Если индукционные нагреватели невозможно установить напротив бокового окна штамповочного пресса, их располагают перпендикулярно к напольному транспортеру (рис. 7.18). Применяется также схема, по которой индукционные нагреватели расположены так, что нагретая заготовка поступает по лотку на столик, находящийся слева от передней стороны штамповочного пресса, и оператор, прежде чем взять нагретую заготовку, должен по-

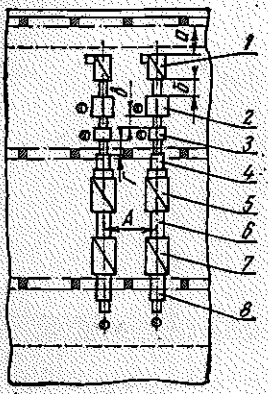


Рис. 7.17. Поперечное расположение штамповочных линий, совмещенных с термическими агрегатами в многопролетном здании:

1 — индукционный нагреватель; *2* — штамповочный пресс; *3* — пресс для обрезки облоя; *4* — камера для выравнивания температуры у поковок; *5* — закалочная печь; *6* — закалочный бак; *7* — печь для отпуска; *8* — камера охлаждения

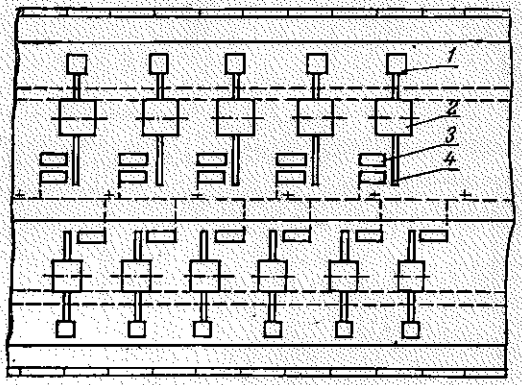


Рис. 7.18. Схемы расположения штамповочных линий с установкой индукционных нагревателей перпендикулярно к напольному транспортеру:

1 — обрезной пресс с боковыми окнами; *2* — кривошипный горячештамповочный пресс; *3* — индукционный нагреватель; *4* — транспортер

Табл. 7.13. *Расстояния между оборудованием в линиях штамповочных прессов при поперечном грузопотоке (к рис. 7.15 и 7.17)*

Усилие прессов, тс	Размеры, мм				
	А	*а*	*б*	*в*	*г*
До 1000	7000	6000	2000	1000	2000
1600—2500	8000		2000	1500	2000
3150—4000	10 000		3000	2000	3000
6300—8000	12 000		3000	2500	3000
10 000—12 000	14 000		4000	3000	4000
16 000—20 000	16 000		4000	4000	4000

вернуться влево и наклониться (рис. 7.19). К недостаткам этой схемы следует отнести также неудачное расположение обрезных прессов, к которым полуфабрикат подается со стороны рабочего места, а не через боковое окно. Расстояния между оборудованием и элементами здания при поперечной планировке приведены в табл. 7.13.

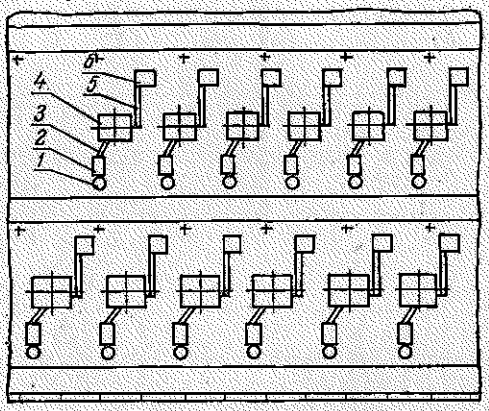


Рис. 7.19. Расположение оборудования в штамповочных линиях с подачей нагретых заготовок со стороны рабочего места:

1 — вибрационный бункер; *2* — индукционный нагреватель; *3* — лоток; *4* — кривошипный горячештамповочный пресс; *5* — транспортер; *6* — обрезной пресс

С вариантами планировок участков и отделений термической обработки поковок можно ознакомиться в специальной литературе [2].

7.4. Планировка современных кузнечных цехов

В настоящее время большую часть кузнечно-штамповочных цехов в нашей стране составляют универсальные цехи. Особенностью их является разделение технологического потока на четыре производственных отделения: штамповочное, термическое, очистное и отделение отделочных операций. При подобной организации производства для четкой работы всех производственных отделений необходимы промежуточные склады полуфабрикатов.

На рис. 7.20 изображена схема планировки универсального кузнечного цеха на выпуск 100 тыс. т поковок в год [2]. Номенклатура цеха — 300 типоразмеров поковок, средняя масса поковок 2,5, максимальная — 50 кг.

Цех оснащен кривошипными горячештамповочными прессами усилием 1000—6300 тс. В каждом штамповочном пролете установлены прессы одинакового усилия (близкие по усилию).

В продолжении штамповочных пролетов установлены соответствующие термические агрегаты. Следует отметить, что при такой

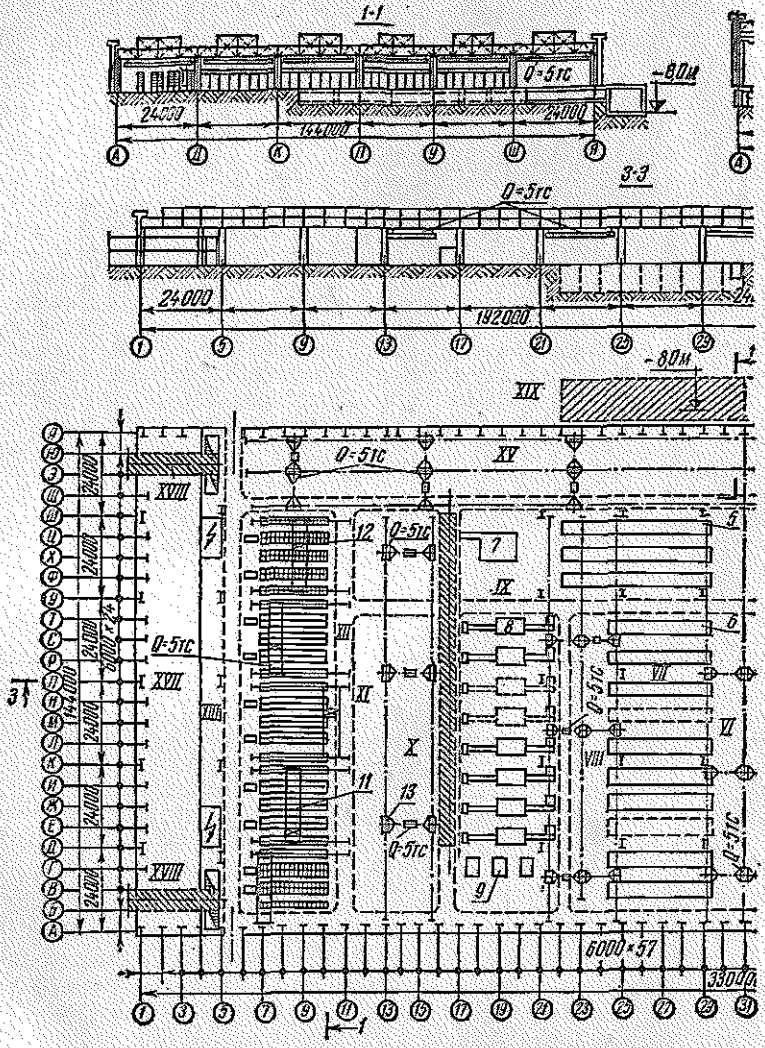
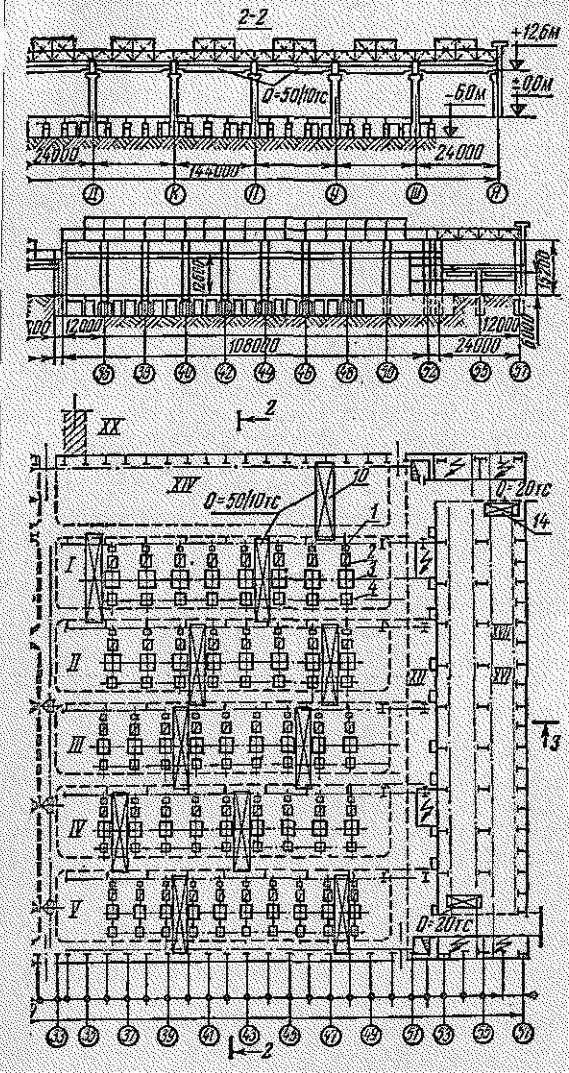


Рис. 7.20. Принципиальная схема планировки кузнечно-штамповочного цеха на

I, II, III, IV, V — пролеты КГШП усилиями соответственно 4000— поковок (полуфабрикатов) перед термообработкой; *VII* — термическое *IX* — отделение очистки поковок; *X* — межоперационный склад ние отделочных и контрольных операций; *XII* — склад поковок; склад мелких и средних штампов; *XV* — мастерские механика. *XVI* — станция преобразователей токов повышенной частоты (первый первый, справа — второй этаж); *XVIII* — галерея для прохода в ного оборудования; *XX* — тоннель, соединенный с техническим *2* — индукционный нагреватель; *3* — КГШП; *4* — обрезной пресс; *5* — для нормализации поковок; *7* — конвейерная камера для очистки вочный барабан; *10* — мостовой кран; *11* — штабелер; *12* — стеллаж;



выпуск 100 тыс. т поковок в год:

6300, 4000, 2500, 1600—2500, 1000—1600 тс; *VI* — межоперационный склад отделение; *VIII* — межоперационный склад поковок перед очисткой; поковок перед отделочными и контрольными операциями; *XI* — отделе- *XIII* — панели для размещения кладовых; *XIV* — мастерская ШИХа, энергетика, хозяйственной части цеха и соответствующие склады; этаж); *XVII* — станция установок приточной вентиляции (слева — бытовые помещения; *XIX* — подвал для размещения маслоохладитель- этажом для транспортировки отходов металла; *1* — загрузочный бункер; термический агрегат для улучшения поковок; *6* — термический агрегат поковок; *8* — дробеметная машина для очистки поковок; *9* — галто- *13* — кран-балка; *14* — мостовой кран с нижним управлением

большой номенклатуре поковок между штамповочными пролетами и термическими агрегатами возможны встречные грузопотоки.

В начале каждого штамповочного пролета расположены склады заготовок мерной длины, а в конце — склады крупных штампов.

Штамповочные линии размещены на рамных фундаментах, встроенных в систему технического этажа. Остальные производственные отделения расположены в одноэтажном здании. В торце здания предусмотрена двухэтажная вставка. На первом этаже размещается станция преобразователей токов повышенной частоты, на втором — оборудование для приточной вентиляции. Бытовые помещения цеха расположены в отдельном здании.

Аналогична и планировка кузнечного корпуса специализированного завода зубчатых колес. Корпус запроектирован на выпуск 50 тыс. т штампованных поковок в год (только из двух марок сталей). Номенклатура выпуска достигает 300 типоразмеров поковок зубчатых колес при средней массе поковки 8 кг.

В соответствии с принятыми технологическими процессами в цехе штамповка шестерен с зубом составляет 20%, безоблойная штамповка — 20, малоотходная — 56, высадка на ГКМ — 4%, предусмотрена установка 60% кривошипных горячештамповочных прессов, 36 паровоздушных штамповочных молотов и 4% ГКМ (по отношению ко всему парку ведущего оборудования). Особенностью рассматриваемого кузнечного производства является применение индукционного нагрева не только по отношению к прессам и ГКМ, но и к молотам, а также оснащение термического отделения электропечами сопротивления.

Кузнечный корпус расположен в здании, имеющем три продольных и один поперечный пролет (рис. 7.21). По фронту продольных пролетов расположена крытая крановая эстакада. Бытовые помещения расположены отдельно, переход в них осуществляется по галерее.

Компоновка площадей корпуса производится строго с учетом технологического процесса. В поперечном пролете расположены заготовительное отделение и станция ионных преобразователей т. в. ч., в продольных — участки штамповки, термическое отделение с участками очистки и правки, ремонтно-кузнечный и экспериментальный участки, цеховая ремонтная база, а также промежуточные склады поковок и склад готовой продукции. На эстакаде располагаются трансформаторная станция и склады металла, отходов, штампов и запчастей к оборудованию.

Штамповочное отделение разбито на участки с однотипным оборудованием: два участка кривошипных горячештамповочных прессов, участок ГКМ и участок паровоздушных молотов.

В термическом отделении устанавливаются электропечи для отжига и нормализации поковок, дробеметные барабаны проходного типа для их очистки и фрикционные винтовые прессы для правки примерно 20% поковок.

Основное оборудование кузнечного корпуса объединено в технологические линии (агрегаты), что позволяет не только широко

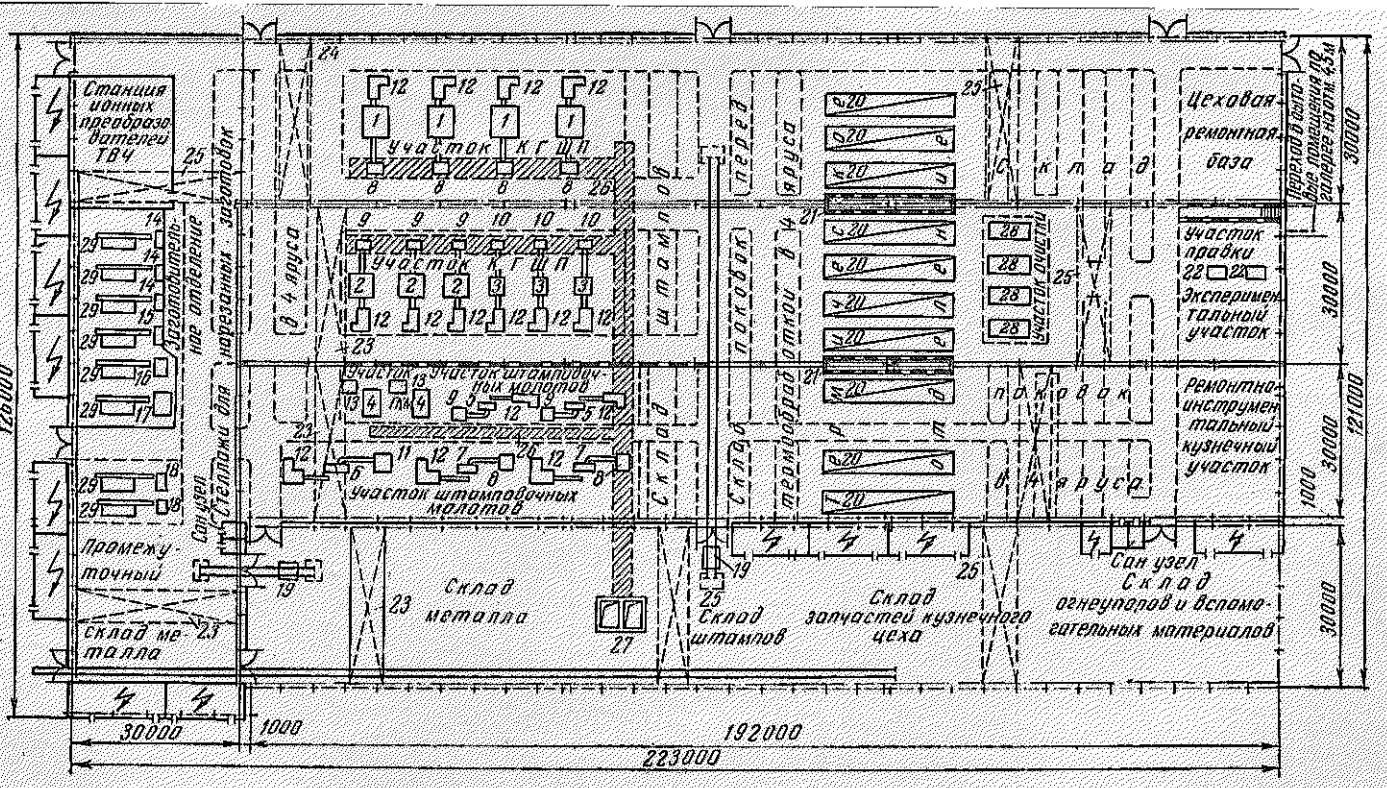


Рис. 7.21. Планировка кузнечного корпуса специализированного завода зубчатых колес:

1 — КГШП усилием 4000 тс; *2* — КГШП усилием 2500 тс; *3* — КГШП усилием 1600 тс; *4* — ГКМ усилием 800 тс; *5* — паровоздушный штамповочный молот (ПШМ) с массой падающих частей 3,15 т; *6* — ПШМ, 10 т; *7* — ПШМ, 5 т; *8* — обрезной пресс усилием 400 тс; *9* — то же усилием 250 тс; *10* — то же усилием 160 тс; *11* — то же усилием 630 тс; *12* — индукционный нагреватель непрерывного действия; *13* — позиционный индукционный нагреватель; *14* — ножницы с дифференцированным зажимом для точной резки усилием 250 тс; *15* — то же усилием 400 тс; *16* — то же усилием 630 тс; *17* — то же усилием 1000 тс; *18* — отрезные станки; *19* — передаточные тележки; *20* — термические электропечи толкательного типа; *21* — пирометрическая станция; *22* — пресс винтовой усилием 400 тс; *23, 24, 25* — мостовые краны грузоподъемностью соответственно 20/5, 30/5 и 10 т; *26* — траншея для удаления облоя; *27* — закрома для облоя; *28* — дробеметные барабаны; *29* — механизированные стеллажи

механизировать и автоматизировать технологические операции, но и правильно организовать производство. Так, например, агрегаты КГШП расположены поперек пролетов, что при широких проездах (5—6 м) дает возможность разделить грузопотоки. Установка обрезных прессов в одну линию на ленточных траншейных фундаментах обеспечивает удаление облоя пластинчатыми транспортерами, находящимися в подземных траншеях.

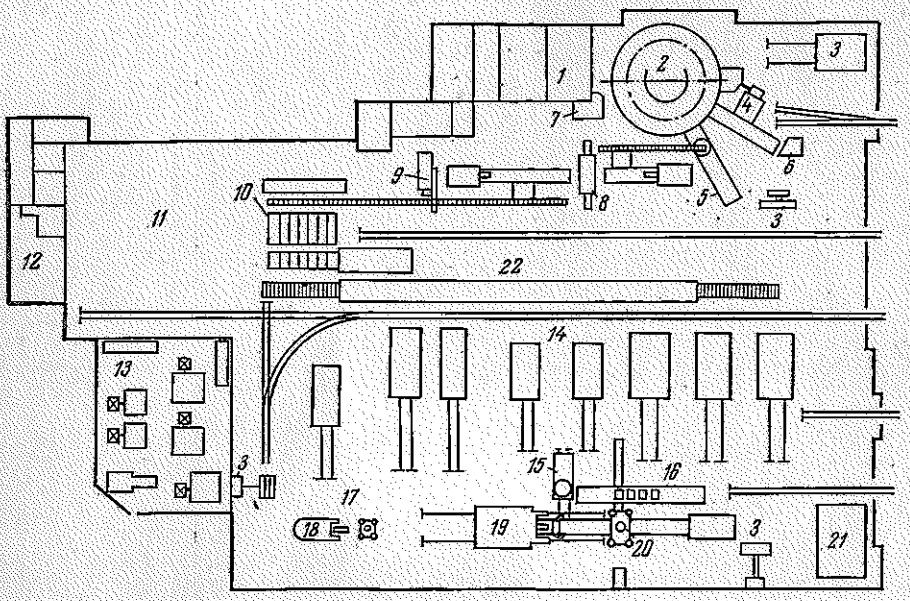


Рис. 7.22. Планировка цеха ковки легированных сталей:

1 — аппаратная; *2* — карусельная печь; *3* — весы; *4* — загрузчик; *5* — разгрузчик; *6* — пост управления; *7* — центральный пункт управления; *8* — радиально-ковочная машина; *9* — пила; *10* — холодильник; *11* — монтажная площадка; *12* — слесарный участок; *13* — насосно-аккумуляторная станция; *14* — печи с выдвижным подом; *15* — поворотный стол; *16* — набор сменных бойков; *17* — пресс усилием 1250 тс; *18, 19* — манипуляторы; *20* — ковочный пресс усилием 4500 тс; *21* — машина кислородной резки; *22* — печь с роликовым подом

Все процессы, связанные с межоперационными передачами, механизированы. Склады заготовок и готовой продукции, а также промежуточные склады поковок оснащены четырехъярусными стеллажами.

При проектировании цехов горячей объемной штамповки цветных металлов и сплавов отделение химического травления следует располагать в отдельном крайнем пролете здания, ширина которого может быть меньше ширины соседних штамповочных пролетов. Обычно ее принимают равной 18 м.

Примером специализированного цеха может служить цех для ковки высоколегированных и труднодеформируемых сталей (рис. 7.22) (Австрия), который наряду с ковочными прессами усилием 4500 тс и 1250 тс оснащен поточной линией для ковки прутков,

созданной на базе радиально-ковочной машины типа ГФМ усилием 1000 тс. В цехе перерабатывают круглые или квадратные заготовки размером 100—1200 мм, длиной 3—16 м. Масса слитков — от 500 кг до 60 т.

Планировка цеха выполнена с таким расчетом, чтобы подвоз слитков и транспортировка готовых изделий не мешали работе соседних агрегатов. Каждая установка имеет печь для предварительного нагрева заготовок, которые транспортируются по самостоятельному рельсовому пути. Для термообработки поковки поступают на центральную установку в вагонах, обогреваемых природным газом. Изделия, подвергнутые обработке на радиально-ковочной машине, непосредственно после ковки и вылеживания в холодильнике или в копильной печи поступают на мягкий отжиг в методическую печь с роликовым подом.

На прессе усилием 4500 тс осуществляются только ковочные операции. Обрезка концов слитка производится вне пресса на машине кислородной резки. Пресс оборудуется подвижным магазином для четырех пар бойков, позволяющим проводить замену инструмента за 1,5 мин. Управление всеми операциями при смене бойков осуществляется с пульта управления.

Своевременная смена заготовок осуществляется передвижным поворотным столом, который быстро удаляет поковку из рабочего пространства пресса. В то же время мостовой кран подает к манипулятору новый слиток. Поворотный стол обеспечивает также кантовку слитка на 180° после проковки одного конца, что позволяет вести процесс ковки без дополнительного нагрева.

Пресс снабжен устройством для измерения размеров поковок, которое вместе с автоматической системой управления обеспечивает достижение точности ±1 мм. Система ЧПУ дает возможность интегрированного управления прессом и манипулятором не только при ковке прутков, но и при обработке изделий сложной формы. Автоматическое управление применяется и при раздаче колен путем предварительного выбора угла поворота на один ход пресса. На этой установке предусмотрена возможность применения ЭВМ с вводом информации на перфокартах.

Поскольку описанные устройства обеспечивают возможность механизации всех необходимых при ковке манипуляций, агрегат ковочного пресса обслуживается только тремя рабочими — оператором (машинистом), кузнецом и подручным.

Поточная линия состоит из карусельной печи, оснащенной ЭВМ, радиально-ковочной машины, пилы горячей резки, холодильника и копильной печи, служащей для выравнивания разности в производительности ковочной машины и установленной за ней методической печи с роликовым подом. Все оборудование соединено рольгангами.

Операции обработки на поточной линии программируются для каждого сорта стали, поэтому они хорошо воспроизводимы, что гарантирует стабильные и равномерные свойства металла, высокую точность формы и возможность сужения допусков при ковке. Такие

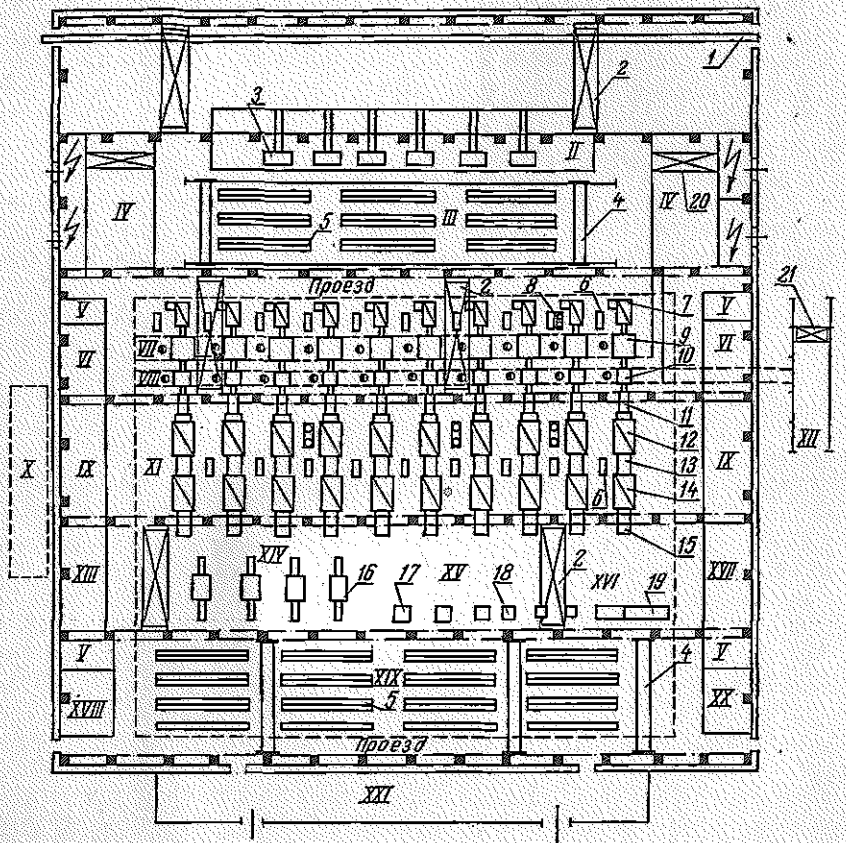


Рис. 7.23. Принципиальная схема планировки специализированного кузнечного цеха на выпуск 50 тыс. т поковок в год:

I — склад металла; *II* — заготовительное отделение; *III* — склад заготовок; *IV* — станция преобразователей токов повышенной частоты; *V* — санузел; *VI* — склад штампов; *VII* — траншея для фундаментов штамповочных прессов; *VIII* — траншея для фундаментов обрезных прессов; *IX* — станция установок приточной вентиляции; *X* — подвал для размещения маслоохладительного оборудования; *XI* — термическое отделение; *XII* — эстакада для хранения и погрузки отходов металла; *XIII* — мастерская механика цеха; *XIV* — отделение очистки поковок; *XV* — отделение правки и чеканки поковок; *XVI* — участок технического контроля поковок; *XVII* — мастерские энергетика цеха и ремонта хозяйственного инвентаря; *XVIII* — склад запасных частей к оборудованию; *XIX* — склад поковок; *XX* — кладовые; *XXI* — бытовые помещения; *1* — железнодорожный путь; *2* — мостовой кран; *3* — кривошипные ножницы; *4* — штабелер; *5* — стеллаж; *6* — шкаф управления; *7* — индукционный нагреватель; *8* — установка защитной атмосферы; *9* — КГШП; *10* — обрезной пресс; *11* — камера для выравнивания температуры поковок; *12* — закалочная печь; *13* — закалочный бак; *14* — отпускная печь; *15* — камера для охлаждения поковок; *16* — дробеметная машина; *17* — фрикционный пресс для правки поковок; *18* — чеканочный пресс; *19* — установка для контроля поковок; *20* — кран с нижним управлением

поковки можно подвергать токарной обработке на станках с цифровым программным управлением. Специализированные цехи горячей объемной штамповки оснащаются в основном поточными линиями на базе кривошипных горячештамповочных прессов. Ограниченное количество типоразмеров обрабатываемых поковок и марок сталей позволяет в подобных цехах совмещать штамповочные линии с термическими агрегатами и унифицировать оборудование.

Принципиальная планировка цеха для производства 50 тыс. т поковок в год при номенклатуре в 30 типоразмеров и массе поковок от 3 до 7 кг приведена на рис. 7.23.

В состав цеха входят склад металла и заготовительное отделение. В результате применения штамповочных линий, совмещенных с термическими агрегатами, ликвидируются промежуточные заделы, и для последующей термической обработки используется остаточное тепло поковок после штамповки. Расположение линий поперек пролетов позволяет устанавливать штамповочные и обрезные прессы на ленточных фундаментах, размещенных в одном среднем пролете, обслуживаемом мостовыми кранами соответствующей грузоподъемности.

В конце термических агрегатов размещается оборудование для отделочных и контрольных операций, за которым в крайнем пролете находится склад поковок.

Вспомогательные службы расположены с двух сторон по торцам здания, это приближает отдельные службы к соответствующим производственным отделениям. Бытовые помещения примыкают к продольной стене склада поковок.

Особенности планировочных решений при оснащении производства современными видами оборудования. (многопозиционными горячештамповочными автоматами типа «Хатебур», поперечно-вальцовочными машинами типа «Рекролл») показаны на примере кузнечного цеха борисовского завода «Автогидроусилитель» (рис. 7.24).

Примером прогрессивных технологических решений является специализированная полуавтоматическая линия для штамповки коленчатых валов и балок передней оси, оснащенная уникальным кривошипным горячештамповочным прессом усилием 11 000 тс и установленная на одном из японских заводов (рис. 7.25). Особенностью этого технологического процесса является предварительное фасонирование заготовок на ковочных вальцах при подаче заготовки в вертикальном направлении (во избежание искривления), дальнейшая подкатка на прессе усилием 1500 тс (за четыре хода), штамповка на кривошипном горячештамповочном прессе усилием 11 000 тс в черновом и чистовом ручьях, обрезка облоя (и его разрезка) на гидравлическом обрезном прессе усилием 1500 и правка на прессе усилием 1600 тс.

Основное технологическое оборудование — вальцы, пресс для подкатки, штамповочный, обрезной и правочный прессы — сблокировано с манипуляторами, операторы только наблюдают и при неполадках останавливают линию. Штамповочный пресс сблоки-

рован с тремя манипуляторами: один служит для укладки заготовки с транспортера в черновой ручей, второй — для переноса полуфабриката из чернового ручья в чистовой, третий — для съема поковки из чистового ручья и укладки на транспортер, подающий ее к обрезному прессу. Подвеска и съем коленчатых валов на охладительном конвейере и в проходных печах для закалки и отпуска осуществляется автоматически. Балансировка и центровка коленчатых валов производится в этом же цехе.

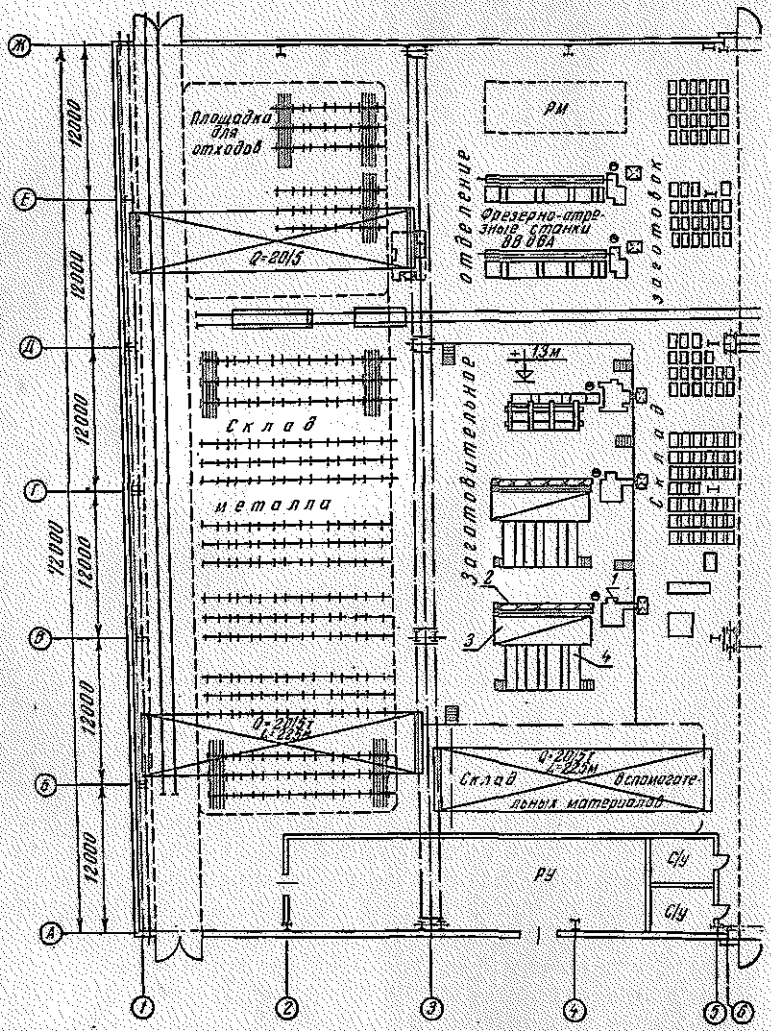
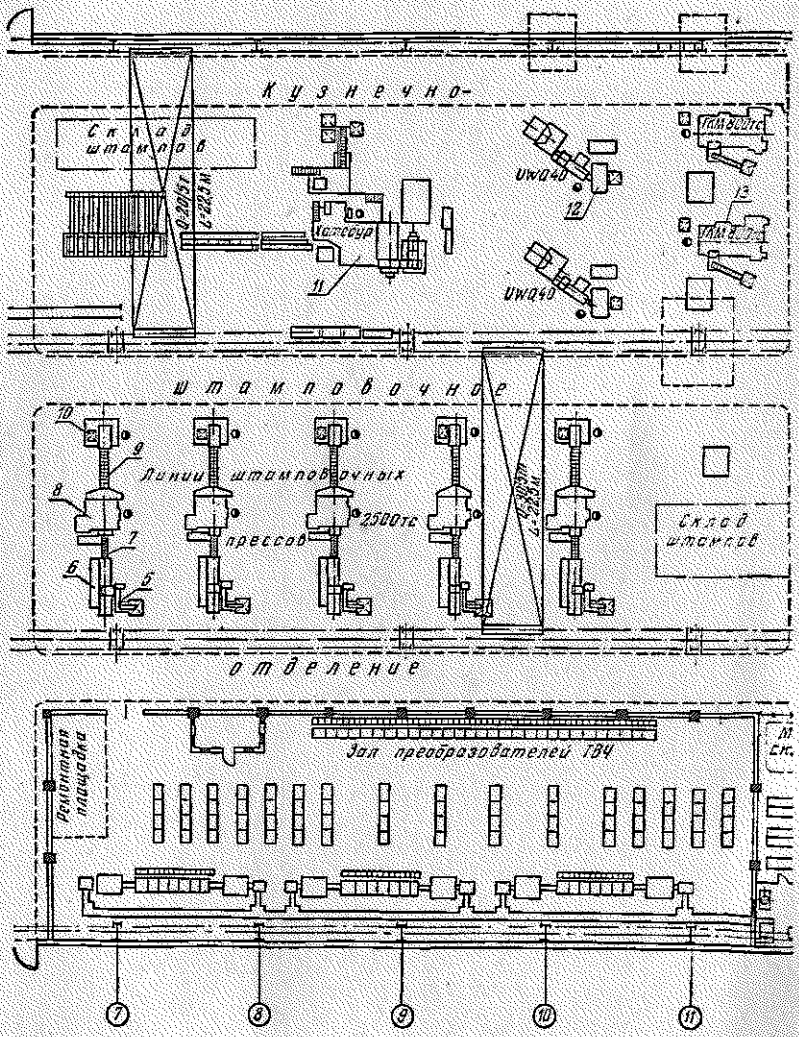


Рис. 7.24. Планировка специализированного

1 — ножницы кривошипные закрытые для резки заготовок; *2* — рольганг приводной; низированный; *5* — загрузчик индукционного нагревателя; *6* — нагреватель индукци шипный; *11* — горячештамповочный пресс-автомат «Хатебур»; *12* — поперечно-вальцо агрегат для улучшения; *16* — агрегат для нормализации и высокого отпуска; *17* — ствия

Дальнейшим развитием специализированных цехов являются цехи автоматизированные, состоящие из автоматических штамповочных линий, основанных на базе многопозиционных штамповочных автоматов. Классификация этих цехов приведена выше.

Цехи I группы создаются при массовом и крупносерийном производстве поковок, разных по конфигурации и размерам, изготавливаемых с большим числом штамповочных и термических операций.



цеха агрегатного завода:

3 — печь электрическая для подогрева штанг металла; *4* — стеллаж механический; *7, 9* — конвейеры цепные; *8* — КГШП; *10* — пресс обрезной кривошипная машина типа «Рекролл»; *13* — ГКМ; *14* — печь для отжига; *15* — агрегат для нормализации; *18* — дробеметный барабан периодического дей-

Эти цехи состоят из линий, в которых штамповочные агрегаты совмещены с термическими и с оборудованием последующих операций. Создаются они на агрегатных заводах (завод карданных валов в г. Гродно) при номенклатуре от 30 до 60 типоразмеров и массе поковок от 1 до 7 кг. Планировочные решения этих цехов аналогичны планировкам специализированных цехов.

Цехи II группы создаются при массовом производстве поковок, одинаковых по конфигурации и с незначительной разницей

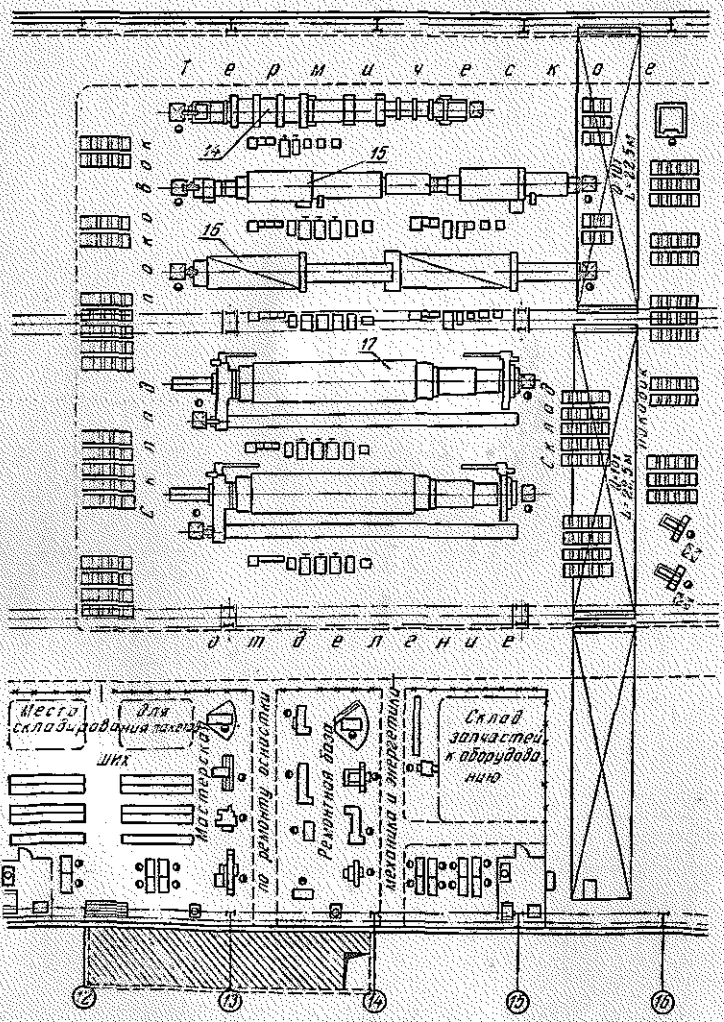
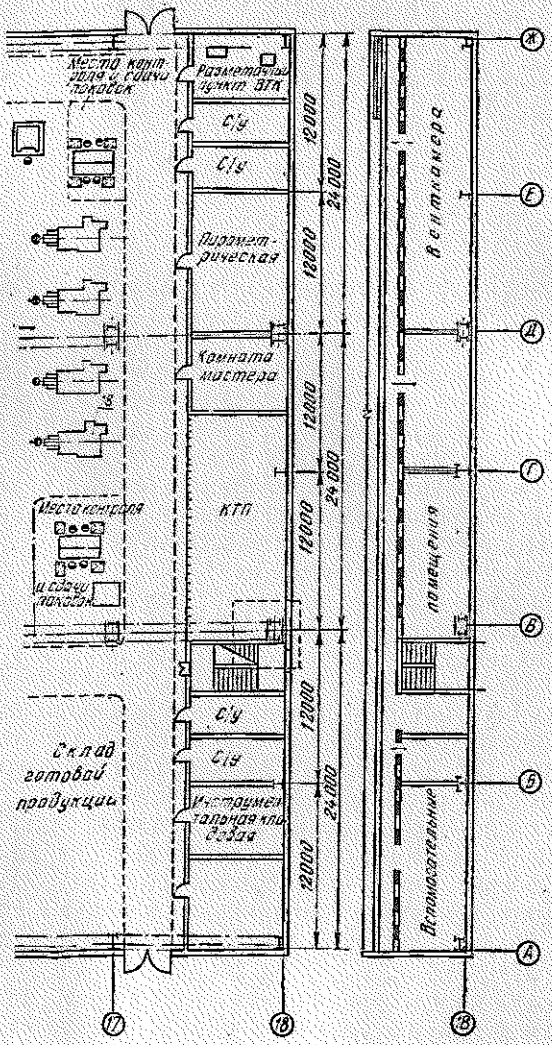


Рис. 7.24 (Окончание.)

в размерах, изготавливаемых с большим числом штамповочных и термических операций (например, цехи для изготовления поковок клапанов автомобильных и тракторных двигателей).

Цехи состоят из отдельных участков, в которых группа штамповочных агрегатов совмещена с одним общим для них термическим агрегатом.

На рис. 7.26 показана планировка цеха для изготовления поковок клапанов восьми типоразмеров (масса поковки 0,13—0,25 кг).



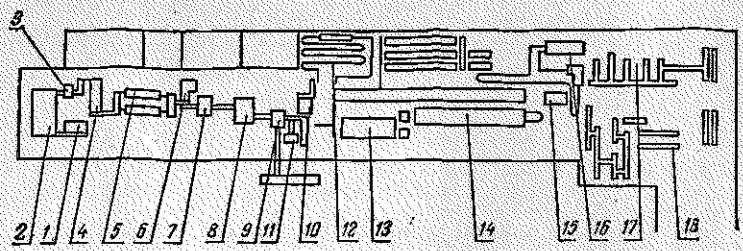


Рис. 7.25. Схема полуавтоматической линии для штамповки коленчатых валов на базе КГШП усилием 11 000 тс:

1 — склад проката; *2* — печь для нагрева прутков перед резкой; *3* — пресс-ножницы усилием 1600 тс; *4* — склад нарезанных заготовок; *5* — индукционная нагревательная установка (два нагревателя частотами 50 и 450 Гц); *6* — ковочные вальцы с подачей заготовок в вертикальном направлении; *7* — КГШП усилием 1500 тс; *8* — КГШП усилием 11 000 тс; *9* — гидравлический обрезной пресс усилием 1500 тс; *10* — гидравлическая машина для разворота шатунных шеек; *11* — пресс усилием 1600 тс для правки; *12* — подвесной охладительный конвейер; *13* — проходная закалочная печь; *14* — проходная печь для отпуска; *15* — пресс усилием 1000 тс для правки поковок переходной оси; *16* — дробеметная установка проходного типа; *17* — линия для контроля качества коленчатых валов; *18* — линия для контроля качества балок передней оси

Исходным материалом являются прутки диаметром 38 мм и длиной 6 м.

В цехе установлены две комплексные поточные линии, в которые включены специальные кривошипные штамповочные автоматы. Каждая линия состоит из заготовительного, штамповочного, термического участков и участка отделочных контрольных операций.

Участки состоят из автоматических линий, связанных между собой системой транспортеров и бункеров. Все вспомогательные службы расположены вдоль наружной стены с приближением отдельных служб к соответствующим производственным участкам.

Схема планировки предусматривает один центральный проезд и два боковых прохода, ширина которых допускает движение электрокаров. В цехе отсутствуют встречные грузопотоки, а также исключено совмещение людских и грузовых потоков на одном проезде или проходе.

Цехи III группы состоят из отдельных комбинированных линий, в которых штамповочные агрегаты совмещены с линиями механической обработки. Они создаются при массовом производстве поковок, одинаковых по конфигурации, с незначительным расхождением в размерах, с малооперационным циклом штамповки, не требующим термической обработки и других отделочных операций, но подвергающихся многочисленной механической обработке. Подобные цехи входят обычно в состав подшипниковых заводов и служат для изготовления колец конических подшипников (масса поковок до 2,5 кг) (рис. 7. 27).

Штамповка наружных колец подшипников (диаметром 60—200 мм) осуществляется в одну операцию на КГШП стандартной

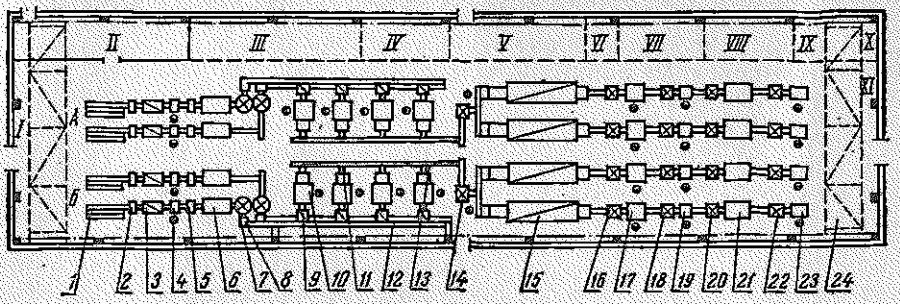


Рис. 7.26. Принципиальная схема планировки автоматизированного кузнечного цеха II группы:

I — склад металла; *II* — бытовые помещения; *III* — станция машинных генераторов; *IV* — склад штампов; *V* — мастерская по текущему ремонту оборудования и штампов; *VI* — пирометрическая станция; *VII* — мастерская по ремонту индукционных нагревателей и электрооборудования; *VIII* — склад запасных частей; *IX* — кладовые; *X* — санузел; *XI* — склад поковок; *1* — механизированный стеллаж; *2* — механизм для подачи прутков; *3* — индукционный нагреватель; *4* — кривошипный пресс усилием 50 тс; *5* — перегрузочный механизм; *6* — галтовочный барабан; *7* — напольный многосекционный бункер; *8* — скиповый подъемник; *9* — индукционный нагреватель; *10* — кривошипный пресс-автомат усилием 1000 тс; *11* — закалочный конвейерный бак; *12* — подвесной двухручьевой транспортер для распределения подачи заготовок к индукционным нагревателям; *13* — напольный транспортер; *14* — механизированный бункер; *15* — электрическая конвейерная печь для отпуска поковок; *16* — механизированный бункер; *17* — машина для правки поковок; *18, 20, 22* — механизированные бункеры; *19* — кривошипный пресс; *21* — галтовочный барабан; *23* — стол с контрольными приборами; *24* — мостовой кран

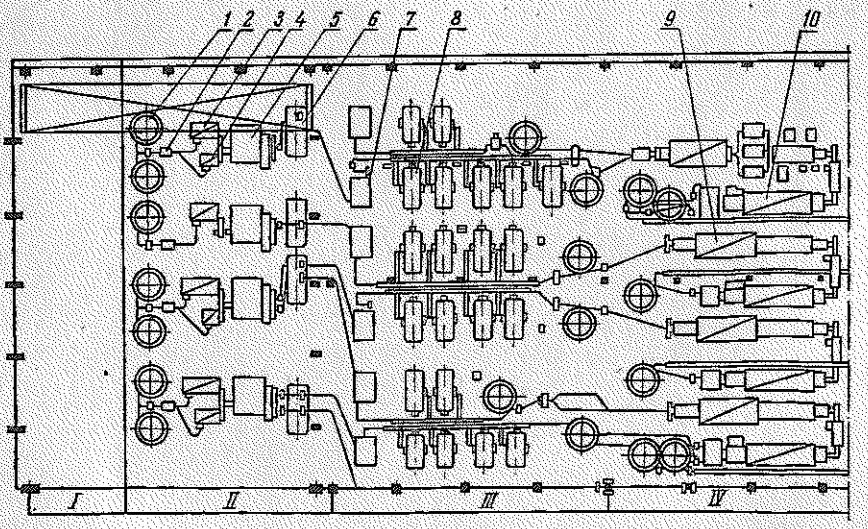


Рис. 7.27. Принципиальная схема планировки автоматизированного кузнечного цеха III группы:

I — склад заготовок; *II* — штамповочное отделение; *III* — токарное; *IV* — термическое отделение; *1* — магазин для хранения кольцеобразных заготовок; *2* — установка для смазки заготовок; *3, 4* — индукционные нагреватели; *5* — КГШП; *6* — камера для охлаждения поковок; *7* — установка для удаления смазки; *8* — токарный автомат; *9* — закалочный агрегат; *10* — отпускной агрегат

конструкции усилием 1000—2500 тс. Трубные заготовки мерной длины нагреваются в индукционных нагревателях.

Штамповочные линии располагаются в начале линий механической обработки и связаны с ними промежуточными бункерами.

Поскольку штамповочные прессы значительно больше по высоте, чем металлорежущее оборудование, в здании цеха предусмотрен пролет соответствующей высоты, оборудованный кранами необходимой грузоподъемности. В пролете размещаются заготовительное оборудование и штамповочные линии, выходящие в низкие продольные пролеты, где находятся линии механической обработки.

Раздел III. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЦЕХОВ ЛИСТОВОЙ ШТАМПОВКИ

Глава 8. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ЦЕХАХ ЛИСТОВОЙ ШТАМПОВКИ

8.1. Классификация цехов листовой штамповки

К основным признакам, отличающим цехи холодной листовой штамповки друг от друга, относятся: характер выпускаемой продукции, объем годового выпуска изделий и производственная специализация [16].

Характер продукции определяется тем, что именно выпускает цех. Это могут быть готовые детали, которые поступают из листоштамповочного цеха на сборку или даже поставляются другим заводам. Отдельные детали из листоштамповочного цеха могут поступать в другие цехи для последующей обработки (механической, химико-термической, гальванической, окраски и др.) перед тем, как они будут отправлены на сборку. В некоторых цехах листовой штамповки могут преимущественно изготавливаться детали из тонкого листа (цех тонколистовой штамповки) или из толстолистового металла (цех толстолистовой штамповки).

В настоящее время очень часто в цехах листовой штамповки, особенно в условиях крупносерийного и массового производства, изготавливаются не только отдельные штампованные детали, но и законченные узлы конструкций. В этом случае для изготовления изделия со свойствами, оговоренными чертежами и техническими условиями, в листоштамповочном цехе используются механическая обработка, сварка, пайка, окраска и др. Листовая штамповка в таких цехах остается основной, а другие операции только дополняют ее.

Следует отметить, что операции листовой штамповки могут использоваться в качестве дополняющих в цехах механической обработки, сборочных и др. Здесь листовую штамповку применяют для выполнения отдельных операций в потоке основной технологии или для изготовления отдельных деталей, входящих в собираемые в данных цехах узлы. Если количество штамповочных операций небольшое и организация специального цеха нецелесообразна, в соответствующих цехах организуют штамповочные участки или отделения.

При изготовлении некоторых крупногабаритных деталей (например, кузовных деталей к легковым автомобилям) последние операции по ряду причин не выполняются в линиях штамповки. Качество автомобилей во многом зависит от сопрягаемости деталей. Если такие операции, как обрезка и подрезка мест сопряжения, выполняются на прессах в линиях штамповки, то в процессе хранения и транс-

портировки под влиянием механических факторов и релаксации остаточных напряжений размеры детали могут изменяться по местам сопряжений ее с другими деталями. Поэтому эти операции целесообразно выполнять непосредственно в линиях сборки-сварки соответствующих узлов. На ВАЗе обрезка и подрезка мест сопряжений кузовных деталей осуществляется в линиях сборки на специальных гидравлических установках. На таких же установках в линиях сборки-сварки производится пробивка большого количества мелких отверстий в центральной панели пола или подрезка полок в панели крыши.

Листоштамповочные цехи могут выпускать детали определенного типа. Часто название таких цехов обусловлено изготавливаемой в них продукцией, например арматурный, кузовной, каркасный, цех кабин и др.

Однако характер выпускаемой продукции определяется прежде всего размерами штампованных деталей. Цехи приборостроительного и завода автотракторостроения отличаются друг от друга не только типом оборудования и используемыми технологическими процессами листовой штамповки, но и организацией производства.

Штампуемые детали в зависимости от габаритных размеров условно подразделяются на три группы: крупные и особо крупные; средние; мелкие и особо мелкие (табл. 8.1).

Табл. 8.1. *Классификация штампованных деталей по габаритным размерам* [2]

Типы деталей	Толщина исходного материала, мм	Ориентировочная площадь детали в плане, м²	Ориентировочная масса детали, кг
		Крупные и особо крупные	
Тонколистовые	<4	2,5—8,0	4—30
Толстолистовые	$\geqslant 4$	2,5—10,0	4—150
		Средние	
Тонколистовые	<4	До 0,6	0,3—3,5
Толстолистовые	$\geqslant 4$	То же	1,5—5,0
		Мелкие и особо мелкие	
Тонколистовые и толстолистовые	—	До 0,2	До 1,5

Для штамповки деталей разных размеров применяется прессовое оборудование, которое в соответствии с классификацией Гипроавтопрома, принятой при технологическом проектировании для всех отраслей машиностроения, в зависимости от усилий разбивается на 5 групп (табл. 8.2).

Табл. 8.2. *Классификация прессового оборудования по усилиям (Гипроавтопром)*

Номер группы	Группа прессов	Усилие прессов, тс		Размеры штампуемых деталей в плане, мм
		прессы новых моделей	прессы старых моделей или нестандартные	
1	Особо мелкие	До 25	До 25	80 × 80
2	Мелкие	40—100	26—100	300 × 300
3	Средние	125—250	101—250	500 × 500
4	Крупные	315—800	251—800	1400 × 1400
5	Особо крупные	Свыше 800	Свыше 800	Свыше 1400 × 1400

Такое подразделение условно, так как размер пресса выбирается не только в зависимости от усилия штамповки, но и по соответствию размеров стола пресса габаритным размерам штампа. Иногда необходимо проверять соответствие пресса данной штамповочной операции по работоспособности, величине хода ползуна. К тому же часто бывает необходима дальнейшая разбивка деталей на подгруппы, например, в приборостроении, где все детали в соответствии с вышеприведенной классификацией иногда относятся к группе особо мелких и мелких. В этом случае все детали и соответствующие им прессы целесообразно разбить дополнительно на несколько подгрупп.

Что касается объема выпуска продукции, то здесь размеры, характер и организация цехов зависят от количества и номенклатуры изготавливаемых в течение года изделий.

В зависимости от суммарного годового выпуска деталей цехи листовой штамповки делятся на мелкие, средние и крупные. Количество выпускаемой этими цехами продукции приведено в табл. 8.3.

Табл. 8.3. *Классификация цехов листовой штамповки по годовому выпуску деталей* [2]

Цехи	Годовой выпуск деталей, т		
	мелких и особо мелких	средних	крупных и особо крупных
Мелкие	До 1000	До 5000	До 20 000
Средние	До 5000	До 20 000	До 100 000
Крупные	Свыше 5000	Свыше 20 000	Свыше 100 000

Однако суммарный объем выпускаемых штампованных деталей характеризует цех неполно. Структура, организация технологического процесса и экономическая эффективность работы цеха в большой мере зависят от того, насколько технологически однородны изготавливаемые в нем детали и насколько возможна типизация используемых в цехе технологических процессов штамповки и унификация оборудования. Если производственная программа включа-

ет значительную номенклатуру изделий и изготавливаемые детали не обладают достаточной технологической однородностью, обеспечивающей условия для применения унифицированного по типажу оборудования и типовых технологических процессов, организация производства и управление им в таких многономенклатурных цехах листовой штамповки связаны с многими трудностями. Механизация и автоматизация операций штамповки в таких цехах затруднены и могут не оправдать себя из-за необходимости частых переналадок штампового инструмента при запуске новых партий деталей. Большое число разнообразного по типу и размерам прессового оборудования затрудняет организацию технического обслуживания и ремонта, увеличивает количество запасных частей и т. д.

Технологические операции листовой штамповки требуют сравнительно дорогого штампового инструмента. В связи с этим они предназначены в основном для значительных годовых программ выпуска продукции, при которых на долю одного изделия приходится малая часть затрат на технологическую оснастку. Однако в последнее время разработаны конструкции штампов, позволяющие с успехом применять листовую штамповку и в производствах с небольшой программой. Для этого используются упрощенные и универсальные штампы, методы поэлементной и групповой штамповки. Наряду с этим получают развитие такие операции, как штамповка резиной, жидкостью, полиуретаном, с подогревом фланца, электромагнитная штамповка, штамповка взрывом и другие, которые обеспечивают большую эффективность применения листовой штамповки в производстве с малой программой выпуска. К тому же на практике встречаются и такие случаи, когда конструктивно-эксплуатационные качества изделий могут быть достигнуты только процессами листовой штамповки.

В зависимости от числа комплектов штампованных деталей, выпускаемых в течение года, различают листоштамповочные цехи с массовым и различной серийности производством. Типовые признаки серийности в листоштамповочном производстве приведены в табл. 8.4.

В качестве показателя, характеризующего тип производства в цехе листовой штамповки, можно также использовать количество наименований деталей или операций, закрепленных за одним прессом или линией. В среднем за одним прессом или линией в массовом производстве закрепляется до 5, в крупносерийном — до 20, в серийном — до 50, мелкосерийном и единичном — свыше 50 прессовых операций.

Важное значение для классификации листоштамповочных цехов имеет *степень специализации производства*. Специализированные цехи выпускают технологически однородную продукцию. Такая организация производства в цехах листовой штамповки должна осуществляться на основе максимальной унификации узлов и деталей машин, механизмов и приборов и делать возможным широкое кооперирование заводов как внутри одной, так и между отдельными отраслями.

Табл. 8.4. *Типовые признаки серийности в цехах листовой штамповки* [2]

Типовые признаки	Тип производства				
	массовое	крупносерийное	серийное	мелкосерийное	единичное
Характер производства	Непрерывное поточное	Поточное крупными партиями	Поточное средними партиями	Групповая штамповка	
Типы оборудования	Поточно-механизированные и автоматические линии, специальные и штамповочные автоматы	Переналаживаемые поточно-механизированные и автоматические линии, штамповочные автоматы	Поточные линии, универсальные прессы		Обтяжные и листогибочные прессы, бульдозеры, вибрационные и роликовые ножницы, мелкие и средние универсальные прессы
	Ориентировочный годовой выпуск, тыс. шт.				
Особо крупные и крупные детали	$\geqslant 400$	$\geqslant 50$	$\geqslant 10$		
Средние детали	$\geqslant 800$	$\geqslant 100$	$\geqslant 20$	$\geqslant 1$	Единицы, десятки, сотни
Мелкие и особо мелкие детали	$\geqslant 2000$	$\geqslant 200$	$\geqslant 50$		

Централизованное производство однотипных штампованных деталей приводит к значительной унификации их, что способствует укрупнению масштабов производства. В этом случае создаются благоприятные условия для механизации и автоматизации, использования прогрессивных технологических процессов. Правильное закрепление обрабатываемых деталей за производственными участками даже при значительной номенклатуре выпускаемых изделий позволяет получить эффективную загрузку оборудования, организовать поточные методы работы, что в целом снижает себестоимость выпускаемой продукции. При отсутствии же специализации цехов листовой штамповки, выпускающих разнотипную продукцию особенно при небольших программах производства, затрудняется внедрение поточных методов производства и применение средств механизации и автоматизации технологических процессов экономически себя не оправдывает, ухудшается загрузка оборудования.

8.2. Производственная программа

На основании производственной программы предприятия отдел подготовки проектирования разрабатывает маршрутную спецификацию деталей и узлов изделий по производствам и цехам предпри-

ятия, которая показывает порядок последовательного прохождения детали или заготовки по цехам в процессе обработки. Перед этим производится анализ деталей, входящих в изделия, с точки зрения их технологичности и возможности применения прогрессивных технологических процессов.

Далее на основании маршрутной спецификации деталей и узлов отдел подготовки проектирования разрабатывает и выдает технологическим отделам в задании на проектирование подробные (подетальные) программы производства этих деталей и узлов по каждому цеху.

В производственной программе для проектирования цеха холодной листовой штамповки дают также общую характеристику проектируемого производства по его серийности, классу точности обработки деталей и технические условия на изготовление продукции.

Для реконструируемых цехов при сохранении в программе прежних изделий указывают количество выпущенной цехом продукции в штучном и весовом выражении за предшествующий реконструкции год с указанием наименования и типа изделий, а также особенностей существующего технологического процесса.

На основании заданной производственной программы цеха разрабатывается внутрицеховой технологический маршрут, по которому производится закрепление отдельных штампуемых деталей за определенными отделениями и участками цеха. При этом используются следующие принципы разделения цеха на производственные участки и отделения:

группирование деталей по технологической однородности;

группирование деталей на основе принадлежности их к одному сборочному узлу;

группирование деталей по смешанному признаку, когда оборудование, размещенное по участкам в соответствии с принципом принадлежности деталей к одному сборочному узлу, догружается деталями по принципу технологической однородности.

Таким образом, при разработке внутрицехового технологического маршрута становится ясной схема организации производства цеха и представляется возможным предварительно наметить направление основных грузопотоков внутри проектируемого цеха и составить ориентировочную компоновку расположения участков и отделений, основных проездов и др.

На основании производственной программы цеха и внутрицехового технологического маршрута разрабатываются производственные программы всех отделений цеха и выдаются задания на их проектирование.

8.3. Режим работы и фонды времени

Цехи холодной листовой штамповки работают, как правило, в две смены. Трехсменный режим работы применяют для участков и агрегатов, где недопустим перерыв в технологическом процессе (например, термическое отделение). Трехсменный режим работы до-

пускается также для уникального оборудования, когда установка дополнительных единиц его экономически не оправдана.

Третья смена в цехах холодной листовой штамповки может быть использована и для переналадки механизированных и автоматических линий, крупных прессов, а также для ремонта оборудования.

Средняя фактическая продолжительность рабочего времени за неделю в этих цехах составляет 41 ч независимо от принятого графика работы.

Действительный (расчетный) $\Phi_о$ и номинальный годовые фонды времени работы оборудования $\Phi_{но}$ при 41-часовой рабочей неделе приведены в табл. 8.5.

Табл. 8.5. *Действительный годовой $\Phi_о$ и номинальный $\Phi_{н.о}$ фонды времени работы оборудования, ч [2]*

Типы оборудования	Две смены			Три смены		
	$\Phi_{н.о}$	Потери времени, % от $\Phi_{н.о}$	$\Phi_о$	$\Phi_{н.о}$	Потери времени, % от $\Phi_{н.о}$	$\Phi_о$
Заготовительное оборудование (ножницы, вальцы и др.)	4140	3	4015	6210	4	5960
Цехи с преобладанием прессов усилием, тс:						
<315	4140	3	4015	6210	4	5960
315 — 800	4140	6	3890	6210	9	5650
>800	4140	10	3725	6210	12	5465

Глава 9. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС И ВЫБОР ТИПОРАЗМЕРОВ ОБОРУДОВАНИЯ

9.1. Разработка технологического процесса

Общие сведения. На основании производственной программы цеха и технических условий на изготовление продукции разрабатывается технологический процесс изготовления штампованных деталей.

При проектировании цехов листовой штамповки используют два метода: детального и укрупненного проектирования (по деталям-представителям).

При детальном проектировании технологические процессы разрабатываются на все детали, приведенные в спецификации, нормируются все операции и на основании этих данных производятся все последующие расчеты.

При укрупненном проектировании все детали, входящие в комплект, разбиваются на группы по таким признакам, как технологическая однородность, геометрические размеры, подобие формы и др. Из каждой группы выбирается деталь-представи-

тель, обладающая наибольшим количеством отличительных признаков данной группы, т. е. средняя по геометрическим размерам, сложности формы и трудоемкости изготовления. На детали-представители разрабатываются подробные технологические процессы и нормируются операции. Полученные данные с учетом числа деталей, включенных в каждую группу, используются для определения количества оборудования, рабочего состава, потребности в штампах и др.

Технологический процесс в техническом проекте цеха листовой штамповки разрабатывается, как правило, укрупненно. Для этого заполняется маршрутная ведомость технологического процесса. Только в отдельных случаях, когда проектируется новое производство, не имеющее существующих аналогов, или производство по выпуску особо сложной продукции, технологический процесс разрабатывается более подробно, по операционным картам. На стадии рабочих чертежей разрабатываются подробные карты технологического процесса по всей номенклатуре изготавливаемых деталей.

В настоящее время в связи с большим разнообразием штампованных деталей, отличающихся друг от друга формой и размерами, точностью изготовления, еще не создана общая методика разработки технологических процессов листовой штамповки. Поэтому в данном пособии приводятся лишь общие положения о содержании, последовательности и основных направлениях разработки этих процессов.

Разработка технологических процессов листовой штамповки состоит из следующих основных этапов:

1) анализ технологичности формы или конструктивных элементов детали;

2) определение формы и размеров заготовки и раскроя материала при рациональном его использовании;

3) установление наиболее рационального технологического процесса, обеспечивающего изготовление требуемых деталей;

4) выбор типа и технологической схемы штампа;

5) установление типа и мощности требуемого оборудования;

6) определение станкоемкости изготовления детали (в станко-часах) путем нормирования операций штамповки;

7) определение количества оборудования и его загрузки.

Анализ технологичности детали. Под технологичностью детали следует понимать такое сочетание основных элементов ее конструкции, которое обеспечивает наиболее простое изготовление и высокие качества.

Для деталей, получаемых путем отрезки, вырубки и пробивки, конфигурация внешнего контура должна быть такой, чтобы количество отходов было минимальным. При анализе технологичности деталей, получаемых путем гибки, следует обращать внимание на правильный выбор радиусов сопряжения боковых полок с дном и размеры этих полок, так как неправильно выбранные радиусы приводят к удлинению технологического процесса, увеличению брака и, следовательно, к повышению стоимости изготовления штам-

пуемых деталей. Обычной гибкой можно получать детали, у которых высота полок больше двойной толщины материала, в противном случае следует предварительно выдавить канавки.

При изготовлении деталей путем вытяжки и формовки особое внимание должно быть обращено на правильный выбор радиусов сопряжения дна, стенок и фланцев, соотношение размеров, характеризующих поперечное сечение и высоту вытягиваемой детали. Обычно радиус сопряжения внутренних стенок с дном для материалов толщиной s 1—6 мм составляет 2—10, а наружных стенок с фланцем — 3—12 мм. Эти значения могут быть уменьшены при необходимости до (0,1—0,4) s, но при условии введения дополнительной операции — калибровки. При изготовлении деталей, имеющих несимметричную вытянутую или согнутую форму, следует обратить внимание на возможность спаривания деталей, которое в ряде случаев является технологически выгодным, а иногда единственным решением, так как при этом улучшаются условия деформации металла и сокращается количество операций.

Раскрой материала. После определения формы и размеров заготовки приступают к составлению раскроя материала, т. е. определению размеров полосы, ленты или листа и взаимного расположения штампуемых из них деталей. Раскрой материала во многом определяет экономию материала в штамповочном производстве, поэтому ему уделяется большое внимание.

Определяя рациональность того или иного раскроя, необходимо учитывать не только его экономичность с точки зрения использования материала. Раскрой должен обеспечивать высокое качество детали, высокую производительность при вырезке, простоту конструкции штампа, наивысшую стойкость его рабочих частей, а также удобство и безопасность работы на штампе.

Наиболее распространенной заготовкой при вырубке, гибке и вытяжке является полоса (лента). Под раскроем полосы понимается расположение штампуемых деталей (заготовок), определяющее положение смежных контуров, отсутствие или наличие перемычек, их величину. Различают следующие типы раскроя: с отходами-перемычками по всему контуру вырезаемой детали, с частичными отходами и без отходов. В соответствии с этим раскрой называется с *перемычками-отходами*, *малоотходным* и *безотходным*. Вырубка с перемычками дает более точные детали, так как перемычки по всему контуру позволяют компенсировать погрешности подачи материала. Безотходная штамповка применяется для изготовления деталей простой конфигурации и небольшой точности (не выше 7-го класса) и заготовок, которые подвергаются дальнейшей механической обработке.

Применяемые на практике способы раскроя в зависимости от способа расположения вырезаемых деталей на полосе могут быть сведены к следующим основным: прямой, наклонный, встречный прямой, встречный наклонный, комбинированный, многорядный, с вырезкой перемычки.

При выборе способа расположения деталей на полосе рекомен-

дуется учитывать следующее. При расположении деталей поперек полосы или с наклоном благодаря уменьшению шага подачи повышается производительность труда. Прямоугольные детали целесообразно располагать вдоль полосы меньшей стороной. Это экономит материал и повышает производительность штамповки.

При расположении деталей неправильной геометрической формы следует добиваться так называемого «линейного эффекта», при котором экономия материала достигается благодаря заходу деталей друг в друга.

Для деталей сложной конфигурации наклонное расположение выгоднее, чем прямое. В начале и конце полосы получается не менее двух деталей (при вырубке в один ряд), вырезанных не полностью. Поэтому, прежде чем принять такой способ раскроя, необходимо проверить, насколько он целесообразен, и подсчитать количество целых деталей, получаемых из полосы, сравнив эти результаты с результатами при прямом расположении деталей на полосе. Экономия материала при штамповке деталей сложной формы может быть достигнута при встречном их расположении. Круглые и многоугольные детали целесообразно располагать в несколько рядов в шахматном порядке.

Многорядное расположение с точки зрения экономии материала выгоднее однорядного. Оно позволяет повысить экономичность раскроя на 5—16%, главным образом за счет уменьшения величины боковых перемычек, приходящихся на деталь, а при смещенных рядах (шахматном расположении) — за счет уменьшения междетальных отходов и межрядных перемычек. Однако переход на многорядное расположение должен быть обоснован технико-экономическим расчетом.

Значительная экономия материала достигается при групповом (комбинированном) расположении, когда междетальные отходы и технологические отходы от крупных деталей или заготовок используются для изготовления мелких деталей. Эффективно также расположение, при котором подбираются разные детали с взаимно вписывающимися контурами разверток.

При вырубке фигурных деталей тяжело, а иногда и невозможно найти рациональный способ их расположения на полосе аналитическим путем. В этом случае следует пользоваться графическим методом. Для этого из бумаги вырезают 2—3 шаблона штампуемой детали с припуском по контуру на величину перемычек и определяют расположение их на полосе, при котором коэффициент использования материала будет наибольшим.

Разрезку листа на полосы нужно производить с таким расчетом, чтобы было возможно меньше отходов. При этом необходимо учитывать, что располагать полосу на листе можно и в продольном и в поперечном направлениях. Вопрос о целесообразном раскрое листа приходится решать в каждом отдельном случае, учитывая как экономию металла, так и производительность труда. Если позволяют габаритные размеры ножниц, лучше всего располагать полосы вдоль длинной стороны листа — из полосы получается большее

количество деталей, а количество концевых отходов уменьшается. Если вырубаемые детали подвергаются при последующей обработке гибке, необходимо считаться и с расположением осей симметрии деталей относительно направления прокатки листа. Следует также помнить, что желательно резать широкие, а не узкие полосы (располагая соответственно детали на полосе), так как при этом требуется меньшее количество резов и меньшая величина подачи при штамповке. На производстве часто применяют групповой раскрой, когда лист режут на полосы неодинаковой ширины, из которых штампуют различные детали. При групповом раскрое удается увеличить коэффициент использования листа.

Целесообразность того или иного раскроя листа сводится к определению количества деталей, получаемых из одной полосы, количества полос, получаемых из листа, общего количества деталей (заготовок) и коэффициента использования материала.

При крупносерийном и массовом производстве следует стремиться заменять листовой материал лентой и широкими рулонами, так как это позволяет получать наивыгоднейший раскрой материала и максимально автоматизировать процессы штамповки.

Установление рационального технологического процесса. Приступая к разработке технологического процесса штамповки детали, следует сразу же установить характер, количество, последовательность и совмещенность операций листовой штамповки.

Характер операций определяется в основном геометрической формой и конфигурацией штампуемых деталей, состоянием их поверхности (гладкая или рельефная), наличием вырезов или отверстий и т. п.

Количество и последовательность операций зависит от конфигурации детали и сочетания ее конструктивных элементов, требуемой точности и необходимости соблюдения баз обработки.

Разнообразие штампованных деталей и сочетаний конструктивных элементов вместе с различными техническими требованиями не позволяет установить типового решения, применяемого для любого случая. Поэтому при разработке и выборе технологического процесса нужно придерживаться следующих общих положений.

Прежде всего необходимо стремиться принимать наименьшее количество операций и увеличивать производительность штамповки. Только в мелкосерийном производстве может оказаться экономически более выгодным разделение технологического процесса штамповки на простейшие операции, которые выполняются в простых и недорогих штампах.

При повышенных требованиях к геометрической форме плоских деталей, полученных вырубкой-пробивкой, следует предусматривать правку их в штампе, для деталей с повышенной чистотой среза — зачистку после вырубки-пробивки или чистовую вырубку-пробивку.

При изготовлении изогнутых деталей с отверстиями последовательность операций зависит от точности расположения отверстий относительно базы. При повышенной точности расположения про-

бивку отверстий следует производить после гибки, при пониженной — перед гибкой. Если отверстия расположены близко к линии изгиба, пробивку их следует производить после гибки, иначе может измениться форма отверстий.

При изготовлении полых деталей с фланцем, но без дна, для низких деталей следует применять отбортовку, а для высоких — неглубокую втяжку с последующей пробивкой и отбортовкой.

В зависимости от соотношения высоты и диаметра вытягиваемой детали, а также от относительной толщины заготовки вытяжка может быть осуществлена за одну или несколько операций. Для расчета необходимого числа операций целесообразно использовать расчет по коэффициентам вытяжки [15, 17].

В целях увеличения производительности, уменьшения количества штампов и прессов вместо обычной раздельной штамповки применяется комбинированная, заключающаяся в объединении нескольких операций, выполняемых в одном и том же штампе. По этому принципу можно объединить как несколько операций одной и той же группы (обрезка и пробивка, вырубка и пробивка и т. д.), так и несколько операций различных групп (отрезка и гибка, вырубка и вытяжка и т. д.). Комбинированная штамповка может быть осуществлена на универсальных и многопозиционных прессах.

Операции можно объединять либо в штампах последовательного действия, где все необходимые операции производятся последовательно в направлении подачи полосы или штучной заготовки и на протяжении нескольких ходов пресса, но при установившемся режиме за каждый ход пресса получается готовая деталь, либо в штампах совмещенного действия, в которых все операции производятся последовательно или одновременно в направлении перемещения ползуна пресса.

В некоторых случаях объединение операций производится по тому и другому принципу: в начале процесса — путем последовательной, а в конце — совмещенной штамповки.

Достоинством комбинированной штамповки в последовательных штампах является возможность получения изделия любой сложности при достаточной стойкости рабочих частей штампа, недостатком — пониженная точность, вызванная погрешностями при подаче полосы. Комбинированная последовательная штамповка применяется для изготовления плоских, гнутых и полых деталей размером до 150 мм 5—7-го классов точности.

В последнее время применяется преимущественно комбинированная штамповка, осуществляемая в совмещенных штампах. Применяется она для изготовления деталей размером до 6000 мм и может обеспечить 3—5-й классы точности. Число совмещения зависит от толщины штампуемого материала, которая не должна превышать 8 мм, и размеров детали, так как при определенных соотношениях наружного и внутреннего контуров детали толщина стенок у пуансонов и матриц слишком мала, что затрудняет их изготовление и термообработку. При этом способе штамповки труднее авто-

матизировать подачу полосы (ленты), и прежде чем решить, какой тип механизации может быть использован, необходимо установить способ удаления отштампованной детали. Совмещенная штамповка на быстроходных прессах-автоматах не рекомендуется из-за ненадежной работы пружинно-буферной системы.

В штампах последовательного действия комбинированная штамповка осуществляется по различным схемам. Наиболее распространенной является комбинированная штамповка в полосе с вырезкой готовых деталей на последнем переходе.

Штампы такой конструкции допускают применение прессов с любым числом двойных ходов в минуту и позволяют легко автоматизировать подачу полосы. При шаге подачи менее 50 мм механизм подачи может быть встроен в штамп, а при больших перемещениях он является дополнительным узлом пресса. Преимуществом этого способа штамповки следует считать возможность объединения большого числа переходов, т. е. использование его для изготовления деталей сложной конфигурации. Факторами, ограничивающими применение этого способа, являются габаритные размеры деталей (линейный размер в направлении подачи не может быть больше 150 мм) и толщина материала детали, которая должна быть больше 0,2 мм. Для деталей, требующих одного формоизменяющего перехода, комбинированная последовательная штамповка в полосе или ленте с вырезкой заготовки перед формоизменяющими переходами и запрессовкой вырезанной заготовки обратно в полосу применяется при условии, что толщина штампуемого материала равна 0,3—2 мм. Штампы, построенные по этой схеме, используются для деталей сравнительно небольших габаритных размеров, штампуемых на прессах с числом двойных ходов до 150 в минуту.

Комбинированную штамповку в полосе с вырезкой заготовки перед формоизменяющим переходом и передачей этой заготовки на последующие формоизменяющие переходы специальными шиберными, револьверными и грейферными механизмами следует применять для материала толщиной 0,5—6 мм. Если для транспортировки заготовок используется шиберный механизм, число переходов должно быть не более трех. Если же вырезанная заготовка перемещается револьверным механизмом, число формоизменяющих переходов может быть увеличено до 6, а в отдельных случаях и более. Штампы, построенные по этой схеме, применяются при работе на прессах с числом двойных ходов не более 250 в минуту.

При штучных заготовках комбинированную штамповку следует применять для деталей, требующих в основном формоизменяющих переходов. Штампы, работающие по этой схеме в автоматическом режиме, можно устанавливать на прессах с числом двойных ходов не более 120 в минуту.

Комбинированная штамповка может осуществляться на многопозиционных прессах-автоматах, являющихся одним из наиболее прогрессивных видов прессового оборудования. За один рабочий ход на них можно отштамповать детали, требующие различных операций: вырезки, гибки, формовки, вытяжки и др. В настоящее вре-

мя на многопозиционных прессах штампуют детали размером до 600 и толщиной листа до 5—6 мм.

Опыт эксплуатации многопозиционных прессов для вытяжки позволяет дать некоторые рекомендации по разработке технологических процессов. Детали, высота которых более 0,5 диаметра, следует вытягивать открытой стороной вниз (нижнее расположение пуансонов). Если деталь не имеет фланца, на первых операциях ее вытягивают с фланцем, потом производится отрезка фланца небольших размеров и окончательная вытяжка без изменения диаметра. Детали без дна на первых операциях вытягивают в виде колпачков, затем в дне пробивают отверстия и отбортовывают.

При изготовлении деталей с различной сложностью конфигурации в массовом производстве широкое распространение получили специальные прессы-автоматы.

В массовом производстве при выборе способов штамповки большое внимание следует уделять механизации и автоматизации как отдельных операций, так и всего процесса в целом, созданию специализированных автоматических штамповочных линий.

Тип средств автоматизации, выбираемый в каждом конкретном случае, зависит от размеров и точности штампуемой детали, толщины материала, шага подачи, производительности, обусловленной производственной программой.

Таким образом, при изготовлении штампованных деталей могут быть использованы различные технологические способы и варианты технологического процесса.

Наиболее рациональным вариантом будет тот, который обеспечит наименьшую себестоимость изготовления деталей и явится наивыгоднейшим с экономической точки зрения. Методика определения экономической эффективности различных вариантов технологических процессов холодной листовой штамповки подробно приведена в работе [17].

Выбор типа и технологической схемы штампа. При изготовлении мелких деталей целесообразно применять комбинированные штампы, дающие полностью законченные детали, так как пооперационная штамповка с установкой заготовок вручную пинцетом недостаточно производительна и небезопасна. Для автоматической подачи полуфабриката требуются сложные и дорогие устройства. К тому же подача не всякого полуфабриката поддается автоматизации.

Сложные комбинированные штампы оказываются целесообразными и при штамповке крупных деталей, так как один крупный комбинированный штамп обходится дешевле, чем два крупных однооперационных штампа.

Иногда возникают трудности при выборе типа штампа (совмещенного или последовательного действия). Оба типа штампов, как и способы штамповки, имеют свои достоинства и недостатки, непосредственно отражающиеся на качестве, точности и стоимости детали.

В массовом производстве мелких деталей, не требующих большой точности изготовления, штампы последовательного действия

получили широкое применение. При изготовлении крупных деталей чаще всего применяют штампы совмещенного типа.

Для увеличения производительности и экономии металла при изготовлении мелких деталей следует применять многорядные последовательные штампы, имеющие 2—11 рядов и изготавливающие за каждый ход ползуна пресса такое же количество готовых деталей. Применение многорядных штампов выгодно еще тем, что их стоимость возрастает меньше, чем рядность штамповки.

При выборе типа штампа, так же как и при установлении способа штамповки, большое внимание должно уделяться вопросу механизации и автоматизации штамповочных операций. Применение автоматических и полуавтоматических штампов позволяет почти полностью использовать число ходов пресса, увеличить производительность в 2—3 раза.

У многооперационных последовательных штампов полностью механизированы межоперационная передача заготовок и удаление готовых деталей. Оснащенные автоматической подачей ленты, эти штампы представляют собой автомат, для которого требуется лишь установка нового бунта ленты и периодическое наблюдение за износом рабочих частей и качеством деталей. При применении штампов совмещенного типа задача автоматизации процесса штамповки полностью решается только в случае автоматической подачи заготовок и удаления деталей.

Итак, в результате решения основных технологических вопросов, а именно: установления характера, количества, последовательности и совмещенности операций листовой штамповки, выявляется технологическая схема штампа, которая должна отражать:

1) тип штампа в соответствии с характером производимых деформаций;

2) количество одновременно выполняемых операций или переходов (совмещенность операций);

3) способ выполнения операций по времени (последовательно или параллельно);

4) количество одновременно штампуемых деталей;

5) схему расположения рабочих частей штампа;

6) способ подачи и фиксации материала или заготовки в штампе;

7) способ удаления деталей и отходов.

Выбранный вариант технологического процесса является основой для разработки всех вопросов проекта, общие черты которого устанавливают уже при составлении производственной программы цеха и его отделений.

Выбор варианта технологического процесса холодной листовой штамповки и заготовительных работ определяется в первую очередь объемом производства и требованиями, предъявляемыми к выпускаемой продукции.

9.2. Краткие сведения об оборудовании цехов листовой штамповки

В листовой штамповке применяются разнообразные типы прессов, а также специальные профилировочные, профилегибочные, трубогибочные, накатные и другие станки. Используются и штамповочные падающие молоты, но их применение в промышленности ограничено. В основном операции листовой штамповки осуществляются на прессах. По способу приведения в действие прессы подразделяются на приводные механические, гидравлические, пневматические, электромагнитные и ручные. Основными машинами для производства большинства операций являются приводные механические прессы. Они подразделяются на кривошипные и винтовые.

По количеству ползунов и способу воздействия на штампуемый металл кривошипные и гидравлические листоштамповочные прессы разделяются на прессы простого, двойного и тройного действия.

Прессы простого действия применяются для различных операций листовой штамповки, не требующих большой величины хода ползуна. Прессы двойного действия используются для вытяжных работ, если необходимо произвести прижим фланца. Прессы тройного действия имеют или два верхних ползуна, аналогичных прессу двойного действия, и один нижний, или два верхних ползуна и подъемный стол. Они применяются для изготовления деталей с различно направленными полостями.

Прессы простого действия могут использоваться для вытяжки только сравнительно неглубоких изделий простой конфигурации. Объясняется это тем, что усилие прижима фланца заготовки, обеспечиваемое на этих прессах пневматическими или гидропневматическими подушками, не может превышать 25% номинального усилия, что недостаточно для вытяжки деталей сложной формы и большой глубины. Прессы двойного действия существенно отличаются от универсальных прессов того же номинального усилия. Так, длина хода внутреннего ползуна их примерно в 2 раза больше, чем у обычных прессов. Для получения устойчивого процесса вытяжки в таких прессах стремятся снизить скорость ползуна на участке рабочего хода или по всей его длине. Поэтому обычно число ходов пресса двойного действия в 1,5—2 раза меньше числа ходов обычных прессов, что существенно снижает их производительность. Длина хода наружного ползуна в 1,5—2 раза меньше внутреннего.

Прессы двойного действия используют, как правило, в качестве головных в прессовых линиях. При штамповке крупногабаритных деталей производительность прессовой линии лимитируется производительностью головного пресса, выполняющего операцию вытяжки. В связи с этим созданы такие конструкции прессов двойного действия, у которых при той же скорости в период рабочего хода (скорость вытяжки ограничивается величиной 300 мм/с) примерно в 2 раза большее число ходов ползуна в минуту. Это достигается уменьшением приблизительно в 3 раза затрат времени на перемещение ползуна на участке холостого хода (обратный ход и подвод).

Для штамповки мелких деталей широко применяются открытые кривошипные прессы. Доступ к штампу у них открыт с трех сторон. Это удобно при установке и обслуживании штампа, а также оснащении пресса средствами механизации и автоматизации. К недостаткам оборудования такого типа следует отнести значительные упругие деформации станин при повышенных усилиях, что отрицательно сказывается на точности штампуемых изделий и стойкости штампового инструмента.

Открытые двухстоечные кривошипные прессы выпускают с ненаклоняемой и наклоняемой станиной, имеющей С-образную форму. Наклоняемые прессы установлены на специальных стойках, позволяющих поворачивать их таким образом, что плоскость стола составляет угол 30—45° к горизонту. Это облегчает удаление деталей после штамповки.

Одностоечные открытые кривошипные прессы выпускают с неподвижным, поворотным и передвижным столом. Станины их имеют замкнутое коробчатое сечение и обладают более высокой жесткостью (на 30—40%), чем двухстоечные.

Поскольку в промышленности преобладает штамповка мелких и средних деталей, открытые прессы более распространены и составляют до 80—85% парка кривошипных прессов.

Закрытые прессы имеют станину в виде симметричной рамы, что снижает ее деформацию и исключает перекосы при внецентренной нагрузке. Выпускается три типа закрытых прессов: одно-, двух- и четырехкривошипные. У четырехкривошипных прессов ползун подвешен на четырех шатунах, что делает их менее чувствительными по сравнению с двух- и однокривошипными к внецентренно приложенным нагрузкам, возникающим при штамповке крупных сложных деталей.

Однокривошипные прессы обычно предназначаются для разъединительных операций, гибки, формовки, неглубокой вытяжки. Двух- и четырехкривошипные прессы используют для штамповки крупногабаритных изделий сложной конфигурации. В отличие от однокривошипных прессов двухкривошипные позволяют выполнять штамповку со смещением центра давления штампа от центра в обе стороны по фронту пресса, а четырехкривошипные — со смещением в любую сторону. При этом для разгрузки направляющих ползуна, а следовательно, и уменьшения его перекосов пресс может иметь кривошипы, вращающиеся попарно в противоположные стороны.

Конструкции столов и стоек большинства прессов позволяют размещать на них средства механизации и автоматизации с индивидуальными приводами или от прессов.

Для удобства и ускорения смены штампов современные крупные прессы имеют подштамповые плиты, которые выдвигаются или через боковые окна в стойках станины пресса, или в направлении, перпендикулярном к фронту пресса.

Для ускорения переналадок инструмента на некоторых прессах используются гидравлические зажимы крепления штампов.

При таких операциях, как чеканка, калибровка и выдавливание, используются холодноштамповочные кривошипно-коленные прессы, причем прессы для холодного выдавливания изготавливаются с номинальным усилием до 1000, а чеканочные — до 4000 тс. Для изготовления гнутых деталей используются листогибочные кривошипные прессы.

У кривошипных прессов во время рабочего хода непрерывно меняются усилие, развиваемое на ползуне, и скорость его движения. Этих недостатков лишены гидравлические прессы, которые имеют постоянную скорость движения ползуна во время деформирования заготовки. В современных гидравлических прессах применяется ускоренное перемещение ползуна при подводе его к заготовке и обратном ходе. Листоштамповочные гидравлические прессы выпускаются простого и двойного действия. Они используются для глубокой вытяжки, формовки, гибки, а также пакетирования отходов листоштамповочного производства.

Для изготовления профилей и гибки кромок листовых деталей в мелкосерийном и серийном производстве применяют листогибочные прессы.

В цехах холодной листовой штамповки для сборочных и мелких штамповочных работ используются винтовые, реечные и рычажные ручные, а также педально-рычажные ножные прессы. Они вытесняются пневматическими и электромагнитными прессами.

В современном листоштамповочном производстве широко применяются многопозиционные прессы-автоматы. Количество позиций у них — от 6 до 14, рабочее усилие — 16—4000 тс. Такие прессы допускают штамповку деталей, у которых габаритные размеры достигают 500 мм и более, а толщина материала — 5—6 мм. Они обычно имеют устройство для подачи рулонного материала на первую позицию, где производится вырезка заготовки, и грейферную подачу для перемещения заготовки с одной позиции на другую. На некоторых прессах устанавливают револьверный механизм для подачи штучных заготовок на первую позицию.

Для получения больших номинальных усилий такие прессы должны иметь блочно-секционную конструкцию, т. е. состоять из отдельных секций с общим или индивидуальными синхронизированными приводами. Секции могут компоноваться в агрегаты в зависимости от особенностей технологического процесса. Такая конструкция многопозиционных прессов обеспечивает нормальное распределение силовых нагрузок на ползуны от отдельных операций, в многопозиционных же прессах с одним ползуном возможно появление усилий, вызывающих перекос ползуна в направляющих со всеми вытекающими из этого вредными последствиями.

В массовом и крупносерийном производстве широко используются универсальные и специальные прессы-автоматы разнообразных конструкций. Для штамповки сравнительно небольших деталей весьма эффективны автоматы с нижним приводом. Они имеют высокую производительность, большую жесткость конструкции и, как следствие этого, высокую стойкость инструмента. Для пода-

чи рулонного или полосового материала на автомате установлена двусторонняя валковая подача. Имеется также бесступенчатая регулировка числа ходов ползуна.

Так как на автоматах этого типа устанавливают, как правило, штампы последовательного действия и равнодействующая усилий в большинстве случаев не совпадает с осью симметрии автомата, для предотвращения перекосов траверсы привод ее осуществляют от двухкривошипного вала.

Быстроходные бесшатунные автоматы с самоподачей материала и автоматы с плавающим ползуном имеют регулируемое число ходов до 1000 в минуту и усилие 10—50 тс. Автоматы такой же конструкции, но с меньшим числом ходов выпускают усилием до 200 тс.

Для штамповки мелких деталей широко применяются многоползунковые автоматы, которые позволяют полностью изготавливать сложные детали, требующие нескольких переходов гибки в различных плоскостях.

Для раскройно-заготовительных работ в цехах холодной листовой штамповки применяют гильотинные ножницы. Разрезку широкорулонного материала на карточки или вырубку из него штучных заготовок производят на специальных высокопроизводительных автоматических линиях и агрегатах, разрезка широких лент на более узкие производится на многодисковых ножницах.

Ножницы комплектуются роликами различной ширины, что позволяет налаживать их на требуемую ширину лент. Скорость резания на них — 60—180 м/мин.

В мелкосерийном производстве для вырезки заготовок сложной конфигурации применяют двухдисковые и вибрационные высечные ножницы. Двухдисковые ножницы подразделяют на три группы: с параллельным расположением ножей, с наклонным расположением нижнего ножа и наклонным (под углом 45°) верхним и нижним ножами. Наибольшее распространение получили ножницы двухдисковые с наклонным расположением нижнего и верхнего ножей. Отечественная промышленность выпускает эти ножницы для листа толщиной до 10 мм, скорость резания на них — 2,5—7,5 м/мин.

Тип пресса (с открытой или закрытой станиной, однокривошипный или многокривошипный, простого или двойного действия и т. д.) зависит от конструктивных особенностей штампуемой детали и специфики выбранного варианта технологического процесса. Производительность оборудования при этом выбирается в зависимости от типа и объема производства и характера выполняемой операции.

Размер пресса по усилию принимается на основании расчетных данных, полученных при определении усилия деформации, необходимого для осуществления технологической операции штамповки. Расчетные усилия деформации определяют по соответствующим формулам, приведенным в справочной литературе [15, 17]. Эти усилия умножают на коэффициент, принимаемый равным

1,2—1,3, который учитывает разнотолщинность материала, износ инструмента и т. д.

При выполнении операций, требующих значительного хода ползуна, необходимо проверять пресс по работоспособности. Для этого по соответствующим формулам подсчитывают работу, необходимую для выполнения технологической операции, и сравнивают ее с допускаемой полезной работой пресса.

Разрабатывая технический проект, ориентировочно определяют размеры штампа и на основании этого выбирают пресс по закрытой высоте, размерам стола и ползуна, приведенным в его технической характеристике. Паспортные размеры стола и ползуна, а также закрытая высота пресса указывают на предельные габаритные размеры штампа, который может быть установлен на нем.

Соответствие выбранного пресса данной операции по величине хода проверяется в зависимости от характера выполняемой операции, способа подачи заготовок и удаления деталей. Это особенно важно для операций вытяжки и гибки. Так, для удобства подачи заготовки и удаления детали при вытяжке величину хода вытяжного ползуна пресса принимают в 2,5—3 раза большую, чем высота детали.

Гильотинные ножницы для резки листового материала можно выбирать по расчетному усилию резания. Однако в каталогах и паспорте на ножницы содержатся сведения о предельной толщине, наибольшей длине разрезаемых стальных листов и пределе прочности разрезаемого материала на растяжение. Поэтому выбор ножниц чаще всего производят по этим параметрам. При резке металла с пределом прочности, отличающимся от указанного в паспорте, производят перерасчет, т. е. определяют допускаемую толщину резки данного материала.

9.3. Автоматизация и механизация листовой штамповки

Процессы листовой штамповки сравнительно легко поддаются механизации и автоматизации. В зависимости от серийности и вида производства в цехах листовой штамповки используются:

1) универсальные прессы с приспособлениями, механизирующими и автоматизирующими подачу заготовки в штамп, перемещение полуфабриката с одной позиции на другую (по переходам или операциям), удаление детали и отходов;

2) универсальные прессы с автоматическими и полуавтоматическими штампами, снабженными механизмами для полной или частичной автоматизации операций, связанных с изготовлением штампованных деталей;

3) штамповку на переналаживаемых или специальных прессах-автоматах, многопозиционных и секционных прессах;

4) комплексную автоматизацию с применением автоматических или автоматизированных линий.

Механизация не исключает ручного труда. При автоматизации

же листовой штамповки роль рабочего сводится к наблюдению за технологическим процессом и устранению случайных неполадок.

В цехах листовой штамповки механизируют или автоматизируют подачу заготовок в штампы, межоперационную транспортировку полуфабриката, удаление деталей и отходов из штампа и цеха, сортировку и укладку деталей и др. Большое внимание необходимо уделять механизации работ, связанных с заменой штампов.

Механизация заготовительных операций при резке листа на полосы осуществляется применением универсальных механизированных установок, которые состоят из специальных листоукладчиков в комплекте с подъемным столом, роликовых или шариковых столов, гильотинных ножниц и стапелирующих устройств. Толстый лист в зону резания подается специальными толкающими захватами, тонкий — вакуумными присосками.

В массовом и крупносерийном производстве, особенно при изготовлении металлоемких изделий, создающих большие грузопотоки заготовок, применяется комплексная механизация и автоматизация заготовительных операций.

В современных прессовых цехах автомобильных заводов используется листовая сталь в рулонах шириной до 2,3 м. Так, фирма «Фиат» перерабатывает 70% стали в широких рулонах, западногерманские фирмы — 50—70, «Рено» — 100%. Корпус холодной листовой штамповки Волжского автомобильного завода спроектирован на потребление до 70% этой стали. Такое большое потребление широкорулонной стали объясняется возможностью автоматизировать раскройно-заготовительные и штамповочные работы, увеличить производительность заготовительного оборудования, снизить трудоемкость производства заготовок и получить значительную экономию металла. По данным фирмы «Фиат», коэффициент использования металла при применении широкого рулона увеличился на 4—6% по сравнению с потреблением листа за счет более рационального раскроя металла и устранения отходов по некратности размеров полосы и детали.

При использовании широкого рулона комплексная автоматизация раскройно-заготовительных операций достигается применением специализированных, автоматически действующих линий. Они состоят из разматывающих и правильно-подающих механизмов, гильотинных ножниц на поворотном круге или вырубного пресса, стапелирующих устройств и накопителей для нарезанных заготовок. Производительность одной из таких линий, установленной в корпусе холодной листовой штамповки ВАЗа, 1200—1500 вырезанных заготовок в час. Для ее обслуживания требуется двое рабочих.

На рис. 9.1 представлена схема агрегата для разрезки рулона на полосы.

Если на линию подаются рулоны с одинаковым внутренним диаметром, рулонница может быть с центральным валом. Для ру-

лонов с различными внутренними диаметрами следует применять рулонницы на роликах.

Гильотинные ножницы могут устанавливаться на поворотном круге для того, чтобы можно было отрезать заготовки под различными углами.

Для разрезки широкого рулона на ленты определенной ширины применяются автоматизированные агрегаты, состоящие из

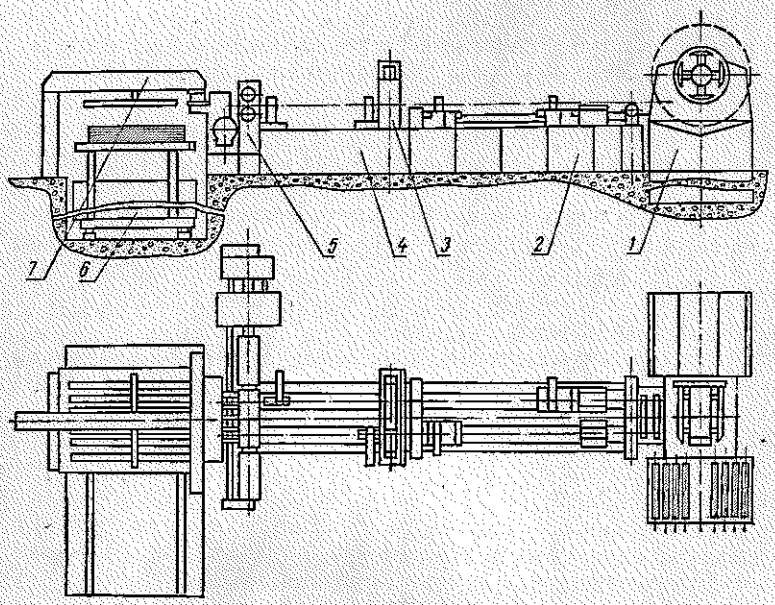


Рис. 9.1. Схема агрегата для разрезки рулона на полосы:

1 — разматывающее устройство; *2* — шаговое подающее устройство с клещевыми захватами; *3* — ножницы гильотинные; *4* — механизм подачи отрезанного листа; *5* — ножницы многодисковые; *6* — приемный стол; *7* — механизм укладки нарезанных полос

многодисковых ножниц с разматывающим и наматывающим устройством. Функции рабочего сводятся к заправке нового материала и съему рулонниц с нарезанными лентами.

Для автоматической подачи в штампы непрерывного материала применяются валковые, роликовые, клещевые и крючковые подачи. Эти подачи могут приводиться от вала или ползуна пресса, быть встроенными в штампы или иметь индивидуальный привод.

Автоматические подачи универсальны: их можно переналаживать на различную толщину и ширину подаваемой ленты, регулировать шаг подачи материала и изменять расстояние ленты от стола пресса.

В условиях серийного производства, когда за одним прессом закреплено изготовление нескольких деталей, наиболее рацио-

нальным является применение штампов-автоматов. При этом облегчается переналадка пресса с одной операции на другую, так как она сводится к замене штампов.

С этой же целью могут быть использованы и автоматические подачи с индивидуальным приводом. В этом случае запуск новой партии может быть ускорен за счет быстрой смены автоматических подач. Такие подачи с индивидуальным пневматическим приводом и числом ходов до 80 в минуту — клещевая для ленточного материала (проект ЭНИКмаш) и шиберная для штучных заготовок (проект ЦБКМ) — изготавливаются на Тюменском заводе кузнечно-прессового оборудования. У этих подач необходимо предусматривать блокировку с прессом, которая обеспечивала бы работу в режиме непрерывных ходов пресса и отключение его при неправильной работе подачи.

Наиболее универсальными являются валковая и роликовая подачи, которые позволяют применять широкую ленту и обеспечивают наибольшие возможности в отношении регулировки шага подачи.

Крючковые подачи можно использовать для лент, толщина которых больше 0,5 мм, поскольку перемычки в этом случае должны быть достаточно прочными.

Полосовые заготовки, так же как и лента, могут подаваться в штамп автоматически, но в этом случае необходимо использовать механизмы двустороннего действия. Для автоматической подачи полос в штамп используются полосоукладчики, захватывающие их из стопы магнитными устройствами или резиновыми присосами. Для автоматического перемещения полосы на величину шага подачи применяются валковые подающие механизмы. При использовании полосоукладчиков повышается производительность труда примерно в 3 и производительность пресса в 1,5 раза.

Следует отметить, что более выгодными для повышения производительности и уменьшения отходов по сравнению с полосовыми заготовками являются рулонные материалы.

При изготовлении деталей из толстолистовых материалов, а также крупных изделий приходится в ряде случаев иметь дело со штучными заготовками. Штучными заготовками является также полуфабрикат при изготовлении таких мелких деталей, как колпачки, гильзы и т. п.

При ручной подаче штучных заготовок на мелких прессах можно использовать 30—50 ходов его в минуту. Чтобы увеличить число ходов и снизить трудоемкость изготовления деталей, следует применять различные механизмы для подачи штучных заготовок в штамп. Так как эти механизмы должны определенным образом ориентировать заготовку перед подачей в штамп и обеспечивать требуемое положение ее в рабочей зоне, они гораздо сложнее по устройству и в эксплуатации, чем механизмы для подачи непрерывного материала. В связи с этим необходимо стремиться устранять штамповку из штучных заготовок и последующую штамповку штучного полуфабриката.

Наиболее полно разработаны и широко применяются в промышленности устройства для автоматизации подачи в штамп малогабаритных заготовок, устройства для подачи крупных заготовок более сложны и зачастую ненадежны в работе.

Автоматизация подачи в штамп штучных заготовок осуществляется магазинными, шиберными, бункерными, револьверными и грейферными устройствами. Подробно устройства рассматриваются в литературе [17], поэтому приведем лишь общие сведения.

По принципу загрузки штучных заготовок в накопители различают магазинные и бункерные устройства. В *магазинных устройствах*, как правило, заготовки ориентируются вручную, в *бункерные* загружаются навалом. Для ориентирования выдаваемых заготовок бункерные устройства имеют специальные механизмы. Наиболее широко распространены вибрационные бункеры. Они надежны в эксплуатации, просты по конструкции и обеспечивают подачу 250—300 заготовок в минуту. И магазинные и бункерные устройства работают в сочетании с шиберными или револьверными подающими устройствами.

Шиберные механизмы применяются для подачи как плоских, так и объемных заготовок. Привод их осуществляется от клина, качающихся рычагов, зубчатой рейки и системы зубчатых колес, пневматического или гидравлического цилиндра. Подача может быть узлом пресса, встроенной в штамп или иметь индивидуальный привод. Шиберные механизмы применяют для подачи плоских заготовок толщиной не менее 0,5 мм, так как тонкие заготовки могут терять устойчивость и гнуться. При использовании этих подач заготовки должны иметь как можно меньшие заусенцы, в противном случае они могут застревать в магазине или направляющем канале. Производительность шиберных механизмов достигает 150 заготовок в минуту, стоимость их — 150—200 руб.

Револьверные механизмы применяются для подачи в штамп объемных и плоских штучных заготовок. В большинстве случаев они являются принадлежностью специальных прессов, но могут быть встроенными в штамп. Загрузка заготовок в отверстия транспортирующего револьверного диска может производиться как из магазина-накопителя, так и вручную. Даже при ручной укладке заготовок в гнезда револьверного диска производительность труда увеличивается более чем на 50% благодаря сокращению вспомогательного времени, затрачиваемого на подачу заготовок и удаление отштампованных деталей. К тому же улучшаются условия труда с точки зрения техники безопасности, так как укладка заготовок производится вне зоны штамповки. Периодический поворот револьверного диска осуществляется храповым, реечным или мальтийским механизмом, а также пневматическим или гидравлическим цилиндром.

Ориентировочная стоимость револьверных подач к прессам усилием до 100 тс составляет 200—300 руб., для крупных прессов усилием 800 тс она доходит до 1500 руб. и выше, стоимость револьверной подачи, встроенной в штамп,— 40—60 руб.

К числу автоматических подач штучных заготовок относится также грейферная подача с подающими планками, имеющими возвратно-поступательное движение. Они своими захватами передают заготовки с одной операции на другую.

Грейферные подачи применяются в многопозиционных прессах-автоматах, иногда используются и в штампах для передачи полуфабриката с одной позиции на другую. Для передачи полуфабриката с одного пресса на другой в автоматических линиях с жесткой связью также используются грейферные подачи, длина которых может достигать 50 м. Подачи этого типа могут обеспечивать работу пресса с числом ходов до 80 в минуту. Стоимость такой подачи, встроенной в штамп, составляет 400—800 руб.

Штучные листовые заготовки средних и крупных размеров подаются в штамп листоукладчиками, которые делятся на автоматические и полуавтоматические. При применении листоукладчиков полуавтоматического типа заготовки из пачки снимаются вручную и сталкиваются оператором на склиз или рольганг. Для отделения листа от пачки рабочие в этом случае используют вшитые в перчатки магниты. Листоукладчики автоматического типа полностью автоматизируют съем из стопы и подачу заготовок в штамп.

Листоукладчики используют для подачи в штамп листов толщиной 0,5—5 мм. Из-за слипания в пачке листов, особенно тонких, возможен одновременный захват двух заготовок. Распушитель предотвращает это: он пропускает через стопу магнитный поток. Под воздействием магнитного поля между листами возникают силы взаимного отталкивания, которые разводят края верхних листов веером, что облегчает отделение листа от пачки. Контроль подачи одного листа производится радиоизотопным блокирующим устройством, действующим по принципу толщиномера листов с помощью β-излучения. Кроме того, в механизме листоукладчика предусматриваются щелевые или роликовые ограничители. Величина зазора в них несколько больше толщины подаваемого материала, но меньше двух толщин, что предотвращает попадание в штамп двух листов одновременно. Производительность листоукладчиков — до 7, реже до 12 заготовок в минуту. Стоимость листоукладчиков — 2500—3500 руб.

Для загрузки штучных средне- и крупногабаритных изделий пространственной формы используются различные механизмы заталкивающего типа, но они работают надежно только при штамповке деталей относительно несложной конфигурации. Такие детали, как цилиндры, стаканы, кольца, легко могут быть ориентированы транспортными устройствами и подачами. Изделия, трудно ориентируемые, но сохраняющие ориентацию при выполнении технологической операции, могут перемещаться с одной позиции на другую при помощи грейферной подачи, встроенной в один пресс или линию. Благодаря этому заготовки при переносе между позициями сохраняют свою ориентацию.

Подачу изделий, трудно ориентируемых и теряющих ориента-

цию на отдельных технологических операциях, не всегда удается полностью автоматизировать. В этом случае необходимы рабочий, восстанавливающий ориентацию заготовки, или вообще ручная загрузка их, так как механизирующие и автоматизирующие устройства для таких заготовок очень сложны по устройству и в эксплуатации.

Механизации и автоматизации удаления отштампованных деталей и отходов из штампов необходимо уделять серьезное внимание, так как наиболее часто случаи травматизма наблюдаются при ручном съеме и удалении деталей и отходов. Удаление деталей и отходов может быть сравнительно легко автоматизировано. При этом необходимо обеспечить съем детали или отхода со штампа и вынос их с пресса с последующим сбрасыванием или стапелированием.

Наиболее просто деталь удаляется с пресса при штамповке «на провал», когда штампуемая деталь проталкивается через матрицу пуансоном и под действием собственного веса падает в тару или на приемный лоток. Сравнительно легко удаляются небольшие детали с наклоняемых прессов.

Съем деталей со штампа производится съемниками и выталкивателями. Они могут быть жесткими и эластичными, подвижными и неподвижными. Подвижные съемники и выталкиватели работают с помощью пружин, резиновых элементов, пневматических или гидравлических цилиндров и рычажных систем. Привод их может быть встроенным в штамп, пресс или индивидуальным.

Для удаления легких, небольших штампованных деталей с пресса широко используется пневмосдув. Сдуватели просты по конструкции и надежны в работе. В них, как правило, используется сжатый воздух, поступающий из цеховой сети, но могут применяться также и индивидуальные компрессоры. Пневмосдувом легко удаляются мелкие детали, вырубленные в штампах совмещенного действия или полученные гибкой и неглубокой вытяжкой.

В тех случаях, когда невозможно обеспечить удаление штампованных деталей с пресса перечисленными способами, применяются сбрасыватели различных конструкций. Для удаления мелких деталей используются щелчковые и маятниковые сбрасыватели. Такие сбрасыватели, как рычажно-крючковые, шиберные с рычажным или клиновым приводом, применяются для деталей мелких и средних размеров.

При мелкой и средней штамповке большое распространение получили лотковые сбрасыватели маятникового и качающегося типов. Они применяются для удаления деталей, которые остаются при штамповке в верхней половине штампа. Механизмы эти просты по конструкции, надежны в работе и позволяют использовать прессы при числе ходов до 60 в минуту.

Для удаления изделий с пресса при штамповке крупногабаритных деталей преимущественное распространение получили механические руки. Они могут быть двух типов: маятникового и горизонтального.

Маятниковая (качающаяся) механическая рука (рис. 9.2) подвешивается на тележке к балке или раме, прикрепляемым к станине с задней стороны пресса. Тележка может быть легко отведена в сторону, что обеспечивает смену штампов без отключения механической руки от пресса. В цехах листовой штамповки все большее применение находят механические руки горизонтального типа. Их устанавливают на раме с тыльной стороны пресса или делают передвижными на массивных тележках. Такие механизмы занимают значительные площади и ограничивают доступ к штампу при переналадке, однако обеспечивают большую производительность (15 и более двойных ходов в минуту). Возможность значительно повысить скорость работы механизма обеспечивается благодаря сравнительно небольшому ходу выноса (до 1,5 м). В то же время за счет использования дополнительных склизов и рольганговых проводок для деталей механические руки горизонтального типа позволяют удалять изделия значительных размеров.

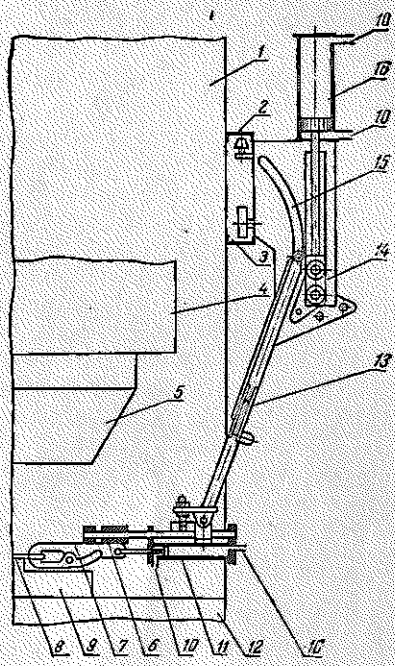


Рис. 9.2. Маятниковая механическая рука:

1 — станина пресса; *2* — рама; *3* — тележка; *4* — ползун; *5* — верхняя часть штампа; *6* — каретка захвата; *7* — захват механической руки; *8* — отштампованная деталь; *9* — нижняя часть штампа; *10* — шланги для подачи сжатого воздуха; *11* — пневмоцилиндр захвата; *12* — стол; *13* — телескопический рычаг механической руки; *14* — ползушка; *15* — копир; *16* — пневмоцилиндр руки

В настоящее время созданы механические руки горизонтального типа, прикрепляемые к станине пресса, а не устанавливаемые на полу. Механические руки — механизмы универсальные. Снабженные захватами, они могут снимать разные детали, что позволяет применять их не только в массовом и крупносерийном производстве, но и при изготовлении изделий небольшими сериями. Ориентировочная стоимость механической руки маятникового и горизонтального типов — 1000 руб.

Наряду с механическими руками для удаления крупногабаритных деталей из штампов применяются сбрасыватели, встроенные в штамп. Эти механизмы имеют пневматический или рычажный привод, действующий на рычажную систему, приподнимающую и наклоняющую деталь на угол, достаточный для ее соскальзывания под действием сил тяжести.

В настоящее время в некоторых странах при штамповке успешно используются промышленные роботы, которые подают

заготовки в штамп и снимают отштампованные детали. По данным фирм-изготовителей, роботы универсальны и надежны в работе. С их помощью перемещаются и поворачиваются в нужном темпе, укладываются в штамп и снимаются детали весом до 45 кг.

Наиболее полно вопросы автоматизации процесса штамповки решаются при создании автоматических поточных линий. На таких линиях с помощью различных механизмов осуществляется автоматическая подача заготовок и полуфабрикатов в штамп, их фиксация, удаление детали и отходов из штампа, транспортировка полуфабриката на последующие операции и его ориентирование. Линии снабжаются автоблокировкой, обеспечивающей их безаварийную работу [18].

На механизированных поточных линиях возможны, например, ручная подача заготовок или полуфабриката в штамп, ориентирование их с помощью рабочих и др. На таких линиях механизируется, как правило, перемещение изделий с одной операции на другую и съем деталей с пресса.

Различают непереналаживаемые и переналаживаемые автоматические и механизированные линии. Непереналаживаемые линии — специализированные, они предназначены для изготовления одной детали. Такие линии используются только в условиях массового производства, когда их можно загрузить одной деталью.

На групповых переналаживаемых линиях можно штамповать несколько сходных по типу и близких по размеру деталей.

При проектировании переналаживаемых линий следует оценивать целесообразность полной ее автоматизации. Для ориентирования, подачи в штамп и правильной фиксации в нем заготовки или полуфабриката в ряде случаев требуются весьма сложные механизмы, которые при эксплуатации часто выходят из строя. Кроме того, они затрудняют переналадку линии на изготовление другой детали. В связи с этим в серийном производстве создаются автоматизированные и поточно-механизированные легко переналаживаемые линии, в которых допускается неточная ориентация заготовок при межоперационной транспортировке и применение ручного труда на отдельных операциях при максимальном его облегчении.

По принципу работы автоматические линии делятся на три типа: линии с жесткой, гибкой и смешанной связью.

Линии с жесткой связью оснащаются жестко соединенными между собой транспортирующими устройствами, передающими заготовки с одной позиции на другую. Обычно в качестве таких устройств используются грейферные подачи. Многопозиционный пресс-автомат является по существу автоматической линией с жесткой связью.

Грейферные подачи могут переносить заготовки и между прессами. При создании такой линии необходимо выдерживать одинаковые или кратные расстояния между прессами, располагать оси

прессов на одной линии, а плоскости разъема штампов — на одном уровне.

При работе автоматической линии с жесткой связью появляются значительные силы инерции, которые возрастают с увеличением веса движущихся частей механизмов и заготовок, скорости перемещения и шага подачи. Поэтому в таких линиях устанавливают не более трех средних или крупных прессов. Количество мелких прессов может быть большим, так как возникающие при этом силы инерции малы.

В линиях с гибкой связью межоперационная транспортировка деталей осуществляется механизмами, которые не имеют прямого соединения между собой. Транспортные устройства включаются в работу заготовками, которые через соответствующие устройства подают сигналы на включение данного механизма.

Межоперационная транспортировка изделий на механизированных и автоматических линиях осуществляется по рольгангам и склизам, а также ленточными и специальными шаговыми транспортерами с захватами или толкателями.

Наиболее универсальны ленточные транспортеры. Передвижные ленточные транспортеры, широко использующиеся в настоящее время, могут иметь регулируемую высоту и длину, а также снабжаться вариаторами скорости, которые позволяют подбирать наиболее благоприятный темп штамповки изделия.

Иногда при транспортировке деталей необходимо их переворачивать. Для межоперационной кантовки изделий используются встроенные в ленточные транспортеры или отдельно стоящие кантователи рычажного или мельничного типа.

Все средства автоматизации в переналаживаемых линиях необходимо устанавливать таким образом, чтобы можно было быстро их отключить и перевести пресс на ручное обслуживание. Для этого напольные механизмы должны иметь колесный ход, а подвесные устанавливаться на балках или рамах, позволяющих легко отводить эти механизмы в сторону для освобождения рабочего пространства пресса.

В линиях со смешанной связью наряду с жесткой между отдельными устройствами имеется гибкая связь.

Для автоматической смазки заготовок перед штамповкой применяют валковые механизмы и распыление с помощью форсунок. Распыление с помощью форсунок наиболее перспективно, так как обеспечивает лучшее качество смазки и экономное использование смазочных веществ.

В механизированных и автоматических линиях прессы располагаются фронтально или последовательно друг за другом. Фронтальное расположение предпочтительнее с точки зрения занимаемой линией площади, удобств обслуживания и переналадки. При последовательном расположении закрытых прессов необходимо предусматривать между ними расстояния, достаточные для размещения не только средств автоматизации, но и штампов при их замене. При фронтальном расположении уменьшается расстояние между

прессами, а следовательно, и занимаемая линией площадь, так как между ними необходимо размещать только автоматизирующие устройства. Фронт и тыл пресса при этом остаются открытыми, что делает удобными наблюдение за процессом и замену штампов при переналадке линии, быстрое отключение средств автоматизации от пресса с переводом его на ручное обслуживание в случае выхода из строя какого-либо агрегата.

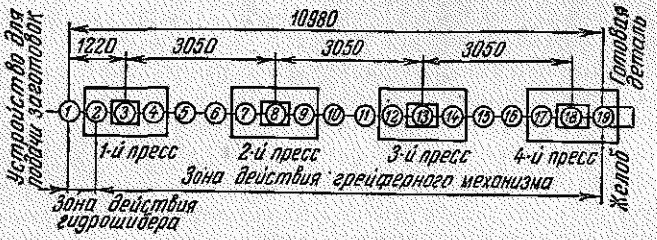


Рис. 9.3. Схема автоматической линии для штамповки дисков колес автомобиля

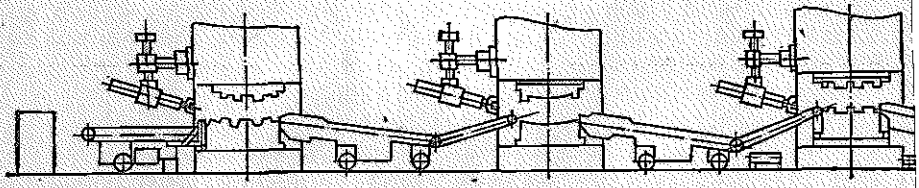


Рис. 9.4. Схема комплексно-механизи

При последовательном расположении открытые прессы должны иметь задние окна в станинах или отверстия в столах прессов для штамповки напровал. При фронтальном расположении в линии закрытые прессы должны иметь боковые проемы, достаточные для прохождения заготовок.

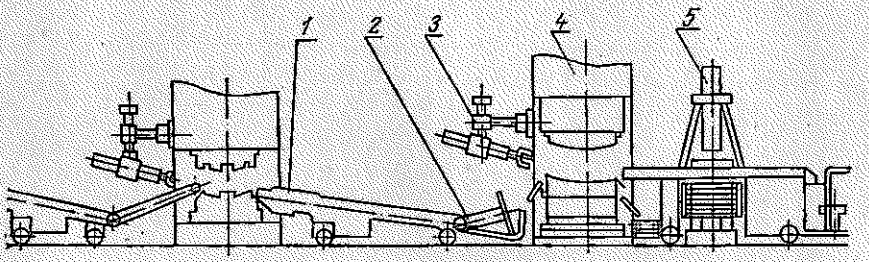
Проектированию линии должна предшествовать тщательная оценка технологического процесса и технологичности детали. При этом может оказаться целесообразным некоторое изменение конструкции детали, благоприятно сказывающееся на упрощении технологического процесса.

В процессе эксплуатации линий необходимо предъявлять повышенные требования к листовому материалу в отношении однородности его качества и размеров. На рис. 9.3 изображена схема автоматической линии для штамповки дисков колес автомобиля [16]. Линия состоит из пресса усилием 275 тс и трех прессов усилием 600 тс, связанных между собой грейферной подачей. Располо-

жение прессов в линии — фронтальное. Темп работы линии — 12 деталей в минуту. Вся линия разбита на четыре секции, каждая из которых имеет грейферный механизм для транспортировки заготовок с одной позиции на другую. Для уменьшения сил инерции, возникающих при возвратно-поступательном движении грейферной подачи, вся линия разбита на 18 участков и имеет 19 позиций: позиции *3, 8, 13* и *18* рабочие, а остальные — промежуточные.

На линию поступают штучные квадратные заготовки размером 350×350 мм, вырезанные из ленты толщиной 3 мм вне линии. Заготовки в кассетах загружаются на позицию *1* линии, с которой шиберным механизмом с гидравлическим приводом поштучно подаются на позицию *2*. Затем заготовки перемещаются по позициям грейферным механизмом. На позиции *15* соответствующим механизмом заготовка кантуется на 180°, с позиции *19* готовая деталь сбрасывается на желоб. Положение заготовок на всех позициях контролируется конечными выключателями, и если заготовка ориентирована неправильно, линия останавливается. Любой из прессов может быть отключен от линии и переведен на ручное обслуживание.

На рис. 9.4 представлена схема переналаживаемой линии кон-



рованной линии с гибкой связью

струкции НИИТавтопром, предназначенной для штамповки однотипных деталей четырех наименований. Ее расчетная производительность — 6 деталей в минуту.

Линия состоит из пяти прессов *4*. Заготовки подаются на этот пресс листоукладчиком *5*, съем деталей осуществляется механическими руками *3*, межоперационная транспортировка — транспортерами *1*. Для переворачивания детали между первой и второй операциями используется кантователь *2*.

Как видим, линия состоит из универсального прессового оборудования и универсальных быстропереналаживаемых средств автоматизации. Это позволяет эффективно использовать их при штамповке довольно большой номенклатуры деталей на одной прессовой линии, причем применение этих линий может быть экономически целесообразно не только в массовом, но и в серийном производстве.

В настоящее время для штамповки мелких деталей в промышленности успешно применяются роторные линии. Они состоят из

операционных технологических *1* и транспортных *2* роторов, кинематически связанных между собой (рис. 9.5).

Технологические роторы имеют инструментальные блоки, в которых производится деформирование штампуемой заготовки. Вертикальное возвратно-поступательное движение инструмента в блоках осуществляется копирами, установленными в верхнем барабане технологического ротора. Транспортные роторы подают заготовки в рабочие роторы и снимают с них отштампованные детали.

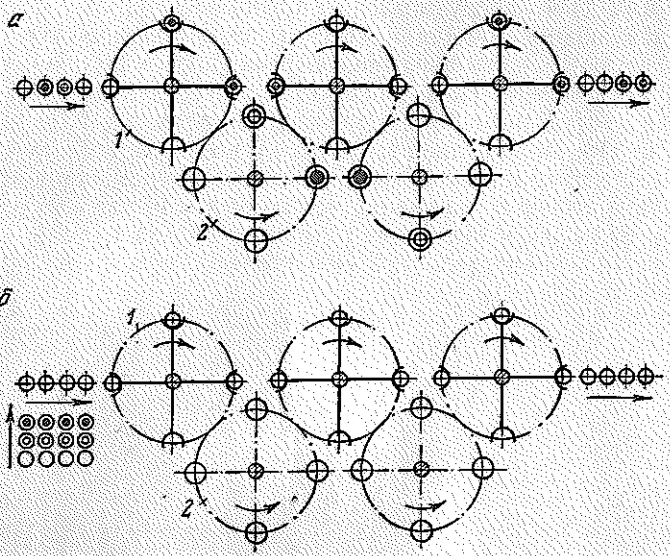


Рис. 9.5. Принципиальная схема роторной линии:
а — многономенклатурная; *б* — переналаживаемая

Штампуемая заготовка в роторных машинах перемещается вместе с деформирующим инструментом, что обеспечивает высокую их производительность. Автоматические роторные линии очень компактны и занимают сравнительно небольшую площадь. Они используются не только в крупносерийном и массовом, но и в серийном производстве.

В серийном производстве применяются такие роторные линии и автоматы, на которых можно штамповать несколько деталей: многономенклатурные и переналаживаемые роторные линии и многооперационные роторные автоматы и линии.

Многономенклатурные роторные линии осуществляют штамповку нескольких деталей параллельно, а на переналаживаемых линиях обработка изделий производится последовательно, партиями.

На рис. 9.6 представлена схема многооперационного роторного автомата. Он состоит из технологического ротора *1*, транспортных *2* и *3* и ротора возврата потока изделий *4*.

Заготовки подаются автоматом питания *5* в транспортный питающий ротор *2*, который их переносит в технологический ротор *1*, оснащенный инструментальными блоками для выполнения различных технологических операций. После выполнения первой операции изделие принимается транспортным ротором *3* и передается в ротор *4*, возвращающий поток изделий в питающий ротор *2*, откуда заготовка подается снова в технологический ротор *1*, но уже на вторую операцию, т. е. в другой инструментальный блок. Чтобы обеспечить подачу изделия в инструментальный блок, выполняющий вторую технологическую операцию, выбирается соответствующее число позиций и взаимное положение роторов *1—4*.

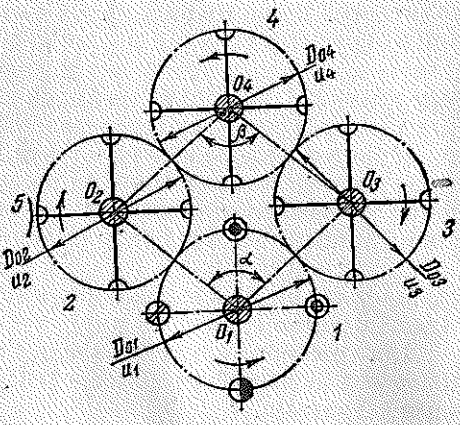


Рис. 9.6. Схема многооперационного роторного автомата

Автоматы такого типа занимают меньшую производственную площадь, чем роторные линии обычного исполнения. Металлоемкость их и производственные затраты на изготовление самих автоматов тоже меньшие, так как уменьшается количество узлов и деталей оригинального исполнения, упрощаются некоторые узлы. Срок экономической окупаемости роторных автоматов, созданных по описанной схеме, в мелкосерийном и серийном производстве не превышает 1—1,5 года.

В настоящее время все более широко применяется штамповка на многопозиционных и блочно-секционных прессах-автоматах, представляющих по существу автоматические линии. Это оборудование, обладая высокой производительностью, простотой конструкции и надежностью в работе, занимает значительно меньшие производственные площади, чем эквивалентные ему автоматические линии, составленные из универсальных прессов. Это не значит, однако, что все автоматические линии следует заменять многопозиционными прессами. Им присущи и недостатки. Так, например, на многопозиционных прессах довольно сложно перевертывать заготовки, труднее встраивать в технологический процесс непрессовые операции. К тому же автоматические линии более универсальны в отношении выпускаемой продукции, их можно реконструировать в случае перехода к выпуску нового вида продукции. Многопозиционные же прессы-автоматы (в том числе и секционных конструкций) специализированы на выпуске определенного вида деталей.

Для штамповки мелких деталей в крупносерийном и массовом производстве широко используются специальные автоматы, в серийном — универсальные прессы-автоматы.

Установка штампов с весом до 20 кг производится, как правило, вручную. Для облегчения труда наладчиков штампов могут использоваться приставные столы и тележки с подъемными роликовыми столами.

При установке средних и крупных штампов используются различные средства механизации.

Для механизации операции замены штампов можно использовать мостовой кран и систему блоков, однако этот способ непроизводителен. В настоящее время выпускают прессы с выдвижными или выкатными столами на фронт пресса, на одну или две стороны. Снятие со стола и установка на него штампа производятся мостовым краном. При замене штампов на прессах, не имеющих выдвижных столов, используются передвижные подъемные столы или стационарно установленные рольганги.

Установка штампа в зону пресса и выталкивание его осуществляются пневматическими или гидравлическими цилиндрами. Снимаемый штамп может сразу выдвигаться устанавливаемым, если рольганги расположены с двух сторон пресса. Это значительно сокращает время на переналадку и позволяет заменить штамп весом около 40 т примерно за 30 мин.

Для быстрого закрепления штампов к столу и ползуну пресса последний оснащается быстродействующими пневмогидравлическими захватами.

Экономическая эффективность применения средств механизации и автоматизации зависит от серийности производства. В мелкосерийном и серийном производстве механизация и автоматизация могут не только не снизить себестоимость выпускаемой продукции, но и увеличить ее. Поэтому автоматизация и механизация прессового оборудования и выбор их средств в цехах листовой штамповки должны приниматься на основании технико-экономического расчета.

Механизация и автоматизация процессов штамповки увеличивают производительность труда, так как делают возможным многостаночное обслуживание. Однако в холодноштамповочном производстве экономия от высвобождения рабочей силы обычно невелика. Важным является высвобождение оборудования, связанное или с уменьшением числа технологических операций, или с повышением производительности штамповки за счет увеличения числа используемых ходов пресса. Увеличение числа используемых ходов особенно значительно при механизации и автоматизации быстроходных прессов. При механизации тихоходных прессов ее эффективность особенно ощутима в том случае, если устраняется тяжелый физический труд.

Механизация и автоматизация отдельных операций или участков может иногда не приносить ощутимого эффекта, так как общее повышение производительности по цеху сдерживается смежными участками производства. В связи с этим вопросы механизации и автоматизации необходимо рассматривать комплексно как с технической, так и с организационной стороны.

Основным фактором, который должен приниматься за основу при выборе тех или иных средств механизации и автоматизации, является экономическая эффективность, определяемая путем сопоставления предполагаемых единовременных затрат с ожидаемой экономией на текущих затратах производства. Сумма дополнительных затрат на автоматизацию технологических процессов не должна превышать суммы экономии, ожидаемой в течение срока изготовления данного изделия. Срок окупаемости затрат, показывающий, за какое время дополнительные капиталовложения на автоматизацию окупят себя за счет экономии от снижения себестоимости, должен быть меньшим срока списания затрат (амортизации).

Средства автоматизации штамповочных работ обходятся недорого по сравнению со стоимостью прессового оборудования и составляют в среднем 10—15% стоимости пресса.

Глава 10. ОСНОВНЫЕ РАСЧЕТЫ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ЦЕХОВ ЛИСТОВОЙ ШТАМПОВКИ

10.1. Расчет количества оборудования

Количество оборудования, необходимого для выполнения производственной программы, можно определить на основании средней часовой производительности или годовой загрузки оборудования.

В первом случае количество единиц производственного оборудования рассчитывают по формуле

$$h_{\text{р}} = \sum \frac{П'}{H_{\text{г}}},$$

где $П'$ — годовой выпуск деталей (или годовое количество деталеопераций), закрепленных за каждым типоразмером прессов, шт.;

$H_{\text{г}}$ — годовая производительность каждого типоразмера прессов, детали или детале-операции.

Годовой выпуск деталей $П'$ определяется по ведомости маршрутных технологических процессов и расчета оборудования.

Годовая производительность пресса

$$H_{\text{г}} = \frac{HT'_{\text{доп}} T_{\text{пар}}}{T_{\text{с}} + T_{\text{пар}}},$$

где H — средняя часовая производительность пресса, детали или детале-операции;

$T'_{\text{доп}}$ — допускаемая годовая загрузка пресса с учетом времени на переналадки, ч;

$T_{\text{пар}}$ — продолжительность изготовления партии деталей, ч;

$T_{\text{с}}$ — продолжительность одной переналадки, ч.

Нормы производительности оборудования приведены в справочной литературе [2].

Допускаемая загрузка оборудования

$$T'_{\text{доп}} = Ф_0 K_{\text{з}},$$

где Φ_0 — годовой действительный фонд времени работы оборудования, ч;

$K_з$ — допускаемый коэффициент загрузки оборудования, учитывающий возможные его простои по организационно-техническим причинам и определяемый по табл. 10.1

Табл. 10.1. *Нормы загрузки оборудования по группам*

Группы оборудования	Допускаемый коэффициент загрузки	
	средний по группе	максимальный
Автоматические линии штамповки и резки заготовок	0,8	1,2 *
Линии и прессы крупной и средней штамповки	0,75	0,85
Многопозиционные и другие прессы-автоматы	0,75	0,85
Мелкие прессы	0,8	0,9
Гильотинные ножницы, правильно-вальцовочные машины и др.	0,8	0,9
Прочее оборудование	0,7	0,95

* Для уникального оборудования допускается частичная работа в третью смену.

Продолжительность изготовления партии деталей

$$T_{пар} = \frac{C}{H},$$

где C — оптимальная величина партии штамповки, которая может быть принята по табл. 10.2, детали или детале-операции.

Количество единиц производственного оборудования по годовой загрузке

$$h_р' = \frac{T'}{\Phi_0} = \frac{T_п + T_н}{\Phi_0}, \qquad (10.1)$$

где T' — общая загрузка оборудования данной группы за год, ч;

$T_п$ — время производственной работы оборудования, затрачиваемое на изготовление деталей;

$T_п$ — время, затрачиваемое на переналадки в рабочие смены в течение года.

При детальном проектировании время загрузки оборудования на выполнение производственной программы подсчитывается как сумма норм штучного времени для всех деталей, закрепленных за данным типоразмером пресса, с учетом годовой производственной программы

$$T' = \sum_0^n T_{шт} П,$$

Табл. 10.2. *Ориентировочные величины оптимальных партий штамповки*

Оборудование	Ориентировочная величина оптимальной партии штамповки (тыс. деталей) при годовом выпуске деталей одного наименования, тыс. деталей							
	25	50	100	200	400	800	1600	3200
Линии (прессы) для тонколистовой штамповки:								
крупной	5—7	6—9	8—12	10—15	14—20	—	—	—
средней	9—11	12—14	16—20	22—25	30—40	—	—	—
Линии (прессы) для толстолистовой штамповки:								
специальные	4—6	5—8	7—12	10—15	—	—	—	—
крупной	4—6	8—10	12—15	16—18	—	—	—	—
средней	5—7	8—9	10—12	14—16	18—20	—	—	—
Универсальные кривошипные прессы усилием, тс:								
до 160	8—10	12—14	18—20	23—25	40—45	50—55	—	—
с автоподачами до 160	—	—	30—40	70—80	100—110	140—150	180—200	240—260
Многоползунковые прессы-автоматы	—	—	50—60	70—80	95—110	130—150	180—200	240—280
Многопозиционные прессы-автоматы	—	—	40—50	55—65	75—85	100—115	135—155	185—200

где n — количество деталей, закрепленных за данным типоразмером пресса;

$T_{шт}$ — норма штучного времени;

$П$ — годовая производственная программа (количество комплектов штампованных деталей в год).

При проектировании по деталям-представителям время производственной работы оборудования подсчитывается по норме времени на типовую деталь с учетом количества деталей данной группы на годовую программу

$$T' = T_{шт.д.пр} n_{гр} П,$$

где $T_{шт.д.пр}$ — норма штучного времени на деталь-представитель;

$n_{гр}$ — количество деталей группы.

Нормы штучного времени определяются путем нормирования операций принятых технологических процессов. Время, затрачиваемое на переналадку оборудования, может быть рассчитано по формуле

$$T_н = T_с n_{гр} m k \frac{\eta}{100},$$

где m — среднее количество операций на деталь, принимаемое по технологии для детали-представителя;

k — расчетное число запусков партий штампуемых деталей в год;

η — время на переналадки, выполняемые в рабочие смены, % от общего времени переналадки.

Поскольку расчетное количество оборудования, полученное по формуле (10.1),— дробное число, оно округляется до целого в сторону увеличения, и подсчитывается действительный коэффициент загрузки оборудования

$$K_з = \frac{h_р}{h_ф} \cdot 100\%,$$

где $h_ф$ — принятое количество единиц оборудования.

Загрузка оборудования должна соответствовать нормам, приведенным в табл. 10.1.

Общее количество оборудования по всей номенклатуре определяется как сумма по группам

$$h_ф = \sum h_{ф.гр}.$$

Количество единиц оборудования в поточных линиях определяется количеством позиций штамповки. Для обеспечения эффективной работы линии необходимо, чтобы время на каждой позиции было примерно одинаковым и приближалось к ритму линии, определяемому по наиболее трудоемкой операции.

Годовая загрузка оборудования всей линии

$$T_л = \frac{\tau h_л П_л}{3600} \text{ ч},$$

где τ — такт линии, с;

$h_л$ — количество единиц оборудования в линии, шт.;

$П_л$ — годовая программа выпуска, шт.

Средний коэффициент загрузки оборудования по линии

$$K_э = \frac{T_л + T_{н.л}}{Ф_0},$$

где $T_{н.л}$ — время на переналадку линии.

Этот коэффициент показывает, насколько эффективно используется установленное в линии оборудование.

Расчет количества оборудования оформляется в маршрутной ведомости технологического процесса и расчета количества оборудования или в операционных картах технологического процесса. На основании произведенных расчетов составляется сводная ведомость состава, количества и загрузки оборудования, которую приводят в текстовой части проекта, а также совмещенная форма спецификации и сметы на приобретение и монтаж оборудования.

10.2. Определение численности рабочего состава

Количество производственных рабочих, к которым относятся рабочие, выполняющие технологические операции основного производства (прессовщики, резчики, галтовщики и др.), определяют по формуле

$$P_{пр} = \frac{T}{Ф_р},$$

где T — суммарная трудоемкость годовой программы, ч;

$Ф_р$ — действительный годовой фонд времени рабочего, ч.

Время, затрачиваемое производственными рабочими для выполнения годовой программы:

$$T = \sum \frac{П'}{H} Ч_б (1 + \alpha) = T_п Ч_б (1 + \alpha),$$

где $Ч_б$ — плотность бригад рабочих;

α — коэффициент, учитывающий потери времени рабочими из-за различных организационно-технических неполадок и по другим причинам (табл. 10.3).

Табл. 10.3. *Коэффициент α, учитывающий потери времени рабочими*

Оборудование	α
Автоматические линии штамповки и резки заготовок	0,2
Линии и прессы крупной и средней штамповки	0,15
Прессы-автоматы	0,15
Прессы мелкой штамповки	0,10
Гильотинные ножницы, правильные машины	0,10
Прочее оборудование	0,05

При укрупненных расчетах численность вспомогательных рабочих, инженерно-технического и счетно-конторского персонала определяют по данным, приведенным в табл. 10.4. Количество вспомогательных рабочих при этом определяют в процентах от производственных, а счетно-конторских работников и инженерно-технического персонала отдела технического контроля в процентах к числу производственных и вспомогательных рабочих.

Табл. 10.4. *Соотношения между категориями работающих*

Категория работающих	Тип производства			
	мелкосерийное	серийное	крупносерийное	массовое
Вспомогательные рабочие *	65	75	85	100
Инженерно-технические работники **	8	9	10	12
Счетно-конторские работники **	2,5	2,5	2	2
Работники инженерно-технического контроля **	2	1	1	1

* Процент к числу производственных рабочих.
** Процент к числу производственных и вспомогательных рабочих.

Состав инженерно-технического и счетно-конторского персонала при разработке технического проекта устанавливают по штатному расписанию. В итоге расчета численности рабочего состава при разработке технического проекта цеха составляется сводка состава работающих. Так как сотрудники отдела технического контроля, работающие в цехе, относятся к штату общезаводского ОТК и не входят в штат цеха, их указывают отдельно за итогом по цеху. Общая численность работающих в цехе, включая работников ОТК, необходима для расчета его бытовых помещений.

10.3. Расчет количества штампов и приспособлений

Различают штампы и приспособления начального фонда и дублеры. Начальный фонд составляют штампы и приспособления, необходимые для пуска цеха. Штампы и приспособления-дублеры составляют запас, необходимый для бесперебойной работы цеха. Величину этого запаса определяет стойкость штамповой оснастки.

Количество штампов и контрольных приспособлений начального фонда рассчитывают по ведомостям маршрутных технологических процессов или по технологическим картам процессов путем суммирования закрепленных за каждым прессом штамповочных операций. При этом все штампы разделяются на группы сложности, и в каждой группе выбирается типовой представитель, для которого принимается средняя стоимость по «Укрупненным сметным нор-

мам» или по данным действующих прессовых цехов соответствующей отрасли промышленности.

Разбивка штампов и приспособлений по группам и типам прессов должна соответствовать табл. 10.5.

Табл. 10.5. *Разбивка штампов и контрольных приспособлений по группам*

Группа штампов	Прессы однокривошипные усилием, тс	Прессы двух- и четырехкривошипные усилием, тс	Прессы-автоматы многопозиционные усилием, тс	Число приспособлений, % от начального фонда штампов
Особо мелкие	До 25	—	160	10
Мелкие	40—160	—	250—1000	10
Средние	200—630	100—250	2000—4000	30
Крупные	800—1600	315—630	—	25
Особо крупные	2000 и выше	800—2000	—	25
Специальные	—	2500 и выше	—	25

Количество штампов-дублеров принимается в процентах от начального фонда штампов в зависимости от производственной программы выпуска штампованных деталей цехом.

Стоимость годового расхода штампов в зависимости от годовой производственной программы цеха определяется по данным, приведенным в табл. 10.6. Спецификация штампов составляется укрупненно по группам.

Табл. 10.6. *Годовой расход штампов*

Группа штампов	Годовой расход штампов, % стоимости начального фонда при годовой программе в тысячах комплектов деталей (изделий одного типоразмера)						
	4	10	25	50	100	200	400
Особо мелкие	20	20	20	30	60	120	240
Мелкие	20	20	20	25	50	100	200
Средние	20	20	20	20	25	50	100
Крупные	20	20	20	20	20	30	60
Особо крупные	20	20	20	20	20	20	40
Специальные	20	20	20	20	20	20	40

10.4. Расход основных и вспомогательных материалов

В цехах холодной листовой штамповки в качестве основных материалов используют листы, ленты и полосы, проволоку в бунтах, профильный и прутковый прокат из различных марок стали и цветных металлов и сплавов, а также различные неметаллические

материалы — картон, фибра, миканит, пластмассы и др. К вспомогательным материалам, используемым в этих цехах, относятся смазочные (машинное масло и солидол), обтирочные материалы, керосин, применяемый для промывки деталей, узлов оборудования и оснастки, материалы.

Потребность в основных материалах определяют по годовому выпуску деталей (по их спецификациям и чертежам) с учетом среднего коэффициента использования материала $k_и$. Ориентировочные значения этого коэффициента следующие: приборостроение и электротехническая промышленность — 0,60—0,65; производство мотоциклов и велосипедов — 0,70—0,75; автомобилестроение — 0,6—0,75; тракторостроение — 0,7—0,85; производство холодильников и стиральных машин — 0,8—0,85.

Приведенные значения коэффициентов не следует рассматривать как установившиеся, необходимо стремиться к их увеличению, так как в определении себестоимости продукции затраты на основные материалы имеют большой удельный вес. Увеличить коэффициент использования материала можно отработкой технологичности штампуемых деталей, применением рациональных способов раскроя, использованием рулонного материала вместо листового и полосового.

Потребность в основных материалах определяют по выражению

$$Q_м = \frac{Q_д}{k_и},$$

где $Q_д$ — масса выпускаемой продукции в год, т.

Количество вспомогательных материалов определяют по нормам расхода их на единицу основного оборудования, установленного в цехе. Укрупненные величины этих норм приведены в табл. 10.7.

Табл. 10.7. *Годовой расход вспомогательных материалов на единицу оборудования, кг*

Оборудование	Усилие (суммарное), тс	Масло машинное	Солидол	Керосин	Обтирочные материалы
Прессы-автоматы	До 63	48	27	10	22
Однокривошипные прессы	До 100	65	30	13	25
Многокривошипные прессы	До 315	90	50	17	35
	315—630	105	60	20	40
	Свыше 630	120	70	25	50
Прессы двойного действия	200—500	110	65	22	42
	Свыше 500	200	100	25	45
Гильотинные ножницы	—	25	35	18	35
Прочее	—	65	30	15	30

При разработке рабочих чертежей расход основных материалов уточняется по технологическим картам.

По результатам расчета составляется ведомость расхода (спецификация) основных материалов. В спецификацию не включают материалов, поступающих в цех со стороны и из других производственных цехов завода в виде заготовок, полуфабрикатов, готовых деталей и узлов.

Спецификация на вспомогательные материалы, как правило, не составляется, а определяется стоимость их годового расхода.

10.5. Склады и расчет их площадей

Вопросам организации складского хозяйства, месту расположения каждого склада в общем производственном потоке необходимо уделять серьезное внимание. Складское хозяйство цеха листовой штамповки включает в себя склад металла, нарезанных заготовок, промежуточные склады полуфабриката и готовой продукции, склады готовой продукции, штампов и приспособлений, кладовые инструмента, смазочных, обтирочных материалов и др.

Поскольку склады занимают значительную долю площади цеха, их устраивают в виде стеллажей или штабелей. Важное значение имеют вопросы организации механизированного обслуживания складов, т. е. механизированной погрузки и разгрузки, складирования, доставки грузов к месту потребления и от них.

Для механизации работ на складах металла используются мостовые краны, электро- и автопогрузчики. При расположении склада металла в отдельном пролете применяют мостовые краны грузоподъемностью 20—50 т, а если на складе имеется широкорулонный материал, грузоподъемность их должна быть 30—50 т в зависимости от веса рулонов. Краны в этом случае используют для разгрузки металла, укладки его в штабеля, погрузки на транспортные средства для передачи его в другие пролеты.

Если склад металла расположен в штамповочном пролете, мостовой кран используется также для подачи металла к заготовительному и технологическому оборудованию, для транспортировки штампов, монтажа и демонтажа оборудования. Грузоподъемность крана при этом зависит от максимального веса груза. На 40—50 м пролета склада принимают один кран.

Листовой металл в пачках на складе укладывают в штабель, ширина которого должна быть не более двух рядов. Для удобства захвата к пачкам прикрепляют деревянные бруски. Широкие рулоны устанавливают на ребро в специальные металлические подставки. Ширина штабеля обычно не превышает двух рулонов. Ленту в рулонах массой до 60 кг складируют в полочных стеллажах, а массой более 60 кг укладывают в горизонтальном положении в штабеля. Высота штабеля не должна превышать 4 м.

Склады штампов могут быть общецеховыми и децентрализованными. Иногда целесообразно располагать места для хранения штампов, особенно крупных, рядом со штамповочным оборудованием.

Мелкие штампы хранят в стеллажах высотой до 6 м, обслуживаемых специальными штабелерами. Средние и крупные устанавливают друг на друга в штабеля высотой не более 4 м. Обслуживают такие склады погрузчики, мостовые краны, приводные и неприводные тележки с подъемными столами. Грузоподъемность мостовых кранов принимают по весу самого большого штампа.

Заготовки в пачках укладывают на складе в штабеля. Здесь используются те же средства механизации, что и на складе металла. На складе заготовок могут быть установлены также козловые или полукозловые краны грузоподъемностью до 5 т.

Мелкие и средние штампованные детали укладывают для хранения в металлическую, унифицированную по размерам тару, которую на складе готовой продукции устанавливают в штабеля. Крупные детали укладывают в специальную металлическую тару, которую также можно устанавливать в несколько ярусов. При складировании деталей сложной конфигурации предусматривают специальную тару, которая предохраняет их от деформации под воздействием собственного веса.

Детали, предназначенные для облицовки (детали кузова автомобиля, корпуса холодильников и т. д.), следует хранить на подвесном толкающем конвейере, который одновременно и транспортирует их. На этом конвейере детали помещаются в специальную тару-подвеску.

В крупносерийном и массовом производстве для хранения штампованных деталей организуют механизированные склады, оборудованные штабелерами или кранами-штабелерами. На таких складах может быть использован стеллажный или многоярусный способ хранения. В первом случае мелкие детали помещают в ящики в отдельных ячейках, а средние и крупные укладывают на полках стеллажа. При многоярусном хранении детали хранят в ящиках или специальной таре, установленных друг на друга в несколько ярусов.

Площади склада металла, заготовок или готовых деталей определяют по формуле

$$F = \frac{Qz}{Zgk_{\text{п}}},$$

где Q — количество материала, проходящего через склад за год, т;

z — запас хранения металла в календарных днях, заготовок и деталей в рабочих днях;

Z — число календарных дней для склада металла или рабочих дней для склада заготовок и деталей в году;

g — усредненная нагрузка в тоннах на 1 м^2 полезной площади склада, т;

$k_{\text{п}}$ — коэффициент использования общей площади склада, учитывающий наличие на складе проходов, проездов, приемочных площадок и др.

Табл. 10.9. *Основные данные для проектирования складов при хранении металла в штабелях или стеллажах*

Материалы	Вид упаковки	Высота укладки, м		Усредненная нагрузка на 1 м² полезной площади при полной высоте укладки, тс		Усредненный коэффициент использования общей площади склада	
		штабель	стеллаж	штабель	стеллаж	штабель	стеллаж
Лист тонкий	В пачках	4	—	8	—	0,35—0,40	—
Лист толстый	То же	4	—	10	—	0,35—0,40	—
Рулон широкий	В рулонах	4	—	8	—	0,35—0,40	—
Лента	То же	4	4	5	4	0,30—0,35	0,3
Заготовки из листа и рулона	В пачках	2,5	2,5	8	6	0,5—0,6	0,4—0,5
Штамповки типа кузовных деталей автомобилей	В специальной таре	4	6	1,0	0,8	0,4—0,5	0,35—0,4
Штамповки крупные толстолистовые	То же	4	6	1,6	1,5	0,4—0,5	0,35—0,4
Штамповки крупные тонколистовые простые	В кроватках	4	6	1,2	1,0	0,4—0,5	0,35—0,4
Штамповки мелкие	В ящиках	4	6	1,4	1,25	0,4—0,5	0,35—0,4

Многоярусная установка крупных штампов нежелательна, так как при их замене в этом случае приходится иногда разбирать штабель, если нужный штамп оказался внизу, а это требует значительных затрат времени и труда. Поэтому при небольших партиях запуска и частой замене крупных штампов их устанавливают в один ряд.

Приведенные выше нормы удельной площади учитывают наличие на складе проходов между штабелями штампов.

Площади кладовых вспомогательных материалов зависят от количества установленного в цехе оборудования, определяют их по нормам, приведенным в табл. 10.11.

10.6. Внутрицеховой транспорт и определение его количества

В цехах холодной листовой штамповки используются мостовые краны, кран-балки и электротельферы, подвесные конвейеры, напольные и подземные транспортеры, колесные транспортные машины и рельсовые приводные тележки.

В штамповочных пролетах краны применяют для монтажа и демонтажа оборудования, транспортировки деталей и узлов прессов,

Ширина проходов между штабелями принимается при обслуживании мостовыми кранами равной 0,8—1 м и при обслуживании погрузчиками — 2,5—3 м.

Удельная нагрузка на пол характеризует плотность укладки материалов и полезное использование высоты помещения. Размеры запасов на складах зависят от типа производства и размеров партий деталей, периодически запускаемых в производство. Для склада металла и заготовок размеры запаса приведены в табл. 10.8. Запас хранения штампованных деталей на складе (в рабочих днях)

$$Z = C_{дн} - t_п + Z_г,$$

где $C_{дн}$ — величина партии запуска штампуемых деталей, т. е. количество рабочих дней между двумя запусками партий;

$t_п$ — продолжительность штамповки партии деталей;

$Z_г$ — гарантийный (страховой) запас, предусматриваемый на случай выхода из строя оборудования, перебоев в снабжении и др.:

$Z_г = 1 — 3$ рабочих дня.

Табл. 10.8. *Запасы хранения материалов на складах*

Склад	Единицы измерения	Тип производства		
		серийное	крупносерийное	массовое
Металла	Календарный день	50	40	30
Заготовок	Рабочий день	12—15	10—12	8—10

Нормы удельной нагрузки на пол и коэффициент использования общей площади при проектировании складов металла, заготовок и штампованных деталей приведены в табл. 10.9.

Площадь склада штампов определяют по среднестатистическим нормам удельной площади, приходящейся на один штамп, в зависимости от способа их укладки. Как было указано выше, все штампы разбивают на группы и подсчитывают количество их в каждой группе. Затем выбирают тот или иной способ укладки штампов и по удельным нормам занимаемой площади определяют общую площадь склада.

Для мелких и средних штампов нормы удельной площади приведены в табл. 10.10. Для крупных штампов, устанавливаемых на прессах усилием 315—630 тс, при укладке их на складе в трехъярусный штабель норма удельной площади составляет 1,2, а на прессах с усилием выше 630 тс — 3,3—4,5 м² на один штамп, уложенный в один-два яруса. Норма площади особо крупных лонжеронных штампов с площадью плиты до 10 м² и массой до 35—50 т составляет 9,5 м² на один штамп, установленный в один или два яруса [16].

Табл. 10.10. *Ориентировочные удельные площади, занимаемые мелкими и средними штампами*

Суммарное усилие, тс	Усредненные размеры штампов, мм	Удельная площадь (м²) на 1 штамп (с учетом проходов, проездов и размеров ячеек стеллажа) при высоте хранения 6 м	
		стеллажи со штабелерами	стеллажи без штабелеров
	Прессы однокривошипные		
2,5	180 × 125 × 125	0,015	0,025
6,3	250 × 200 × 150	0,020	0,035
16	350 × 200 × 200	0,025	0,045
25	360 × 250 × 250	0,035	0,060
40	500 × 300 × 250	0,045	0,070
50	550 × 350 × 300	0,050	0,080
63	600 × 350 × 300	0,065	0,100
100	700 × 450 × 400	0,100	0,150
160	800 × 550 × 450	0,150	0,250
	Многопозиционные прессы-автоматы		
20	100 × 100 × 200	0,010	0,015
40	150 × 150 × 250	0,015	0,025
80	175 × 175 × 300	0,020	0,035
160	200 × 200 × 300	0,020	0,035
250	250 × 250 × 350	0,030	0,055
400	300 × 300 × 350	0,035	0,060
630	400 × 400 × 400	0,055	0,085
1000	500 × 500 × 500	0,075	0,125

Табл. 10.11. *Нормы для расчета площадей кладовых*

Кладовые	Оборудование	Площадь на единицу оборудования, м²
Кладовые смазочных и горючих материалов	Пресс крупный	1,2
	Пресс средний	0,6
	Пресс мелкий	0,25
Кладовые вспомогательных материалов	Пресс (станок)	0,3
Кладовые инструмента	Пресс (станок)	0,2

подачи заготовок на рабочие места, а также для наладки средних и крупных штампов на прессах, транспортировки штампов и материалов.

Установка и снятие штампов с помощью мостовых кранов непроизводительны, применение крупных прессов с выдвижными столами или столами с толкателями более совершенно. Использовать мостовые краны для полного обслуживания штамповочных пролетов из-за низкой производительности их и с точки зрения техники безопасности также не следует. Поэтому в современных листоштамповочных цехах они должны использоваться для ремонта оборудования и транспортировки таких грузов, как крупные штампы, широкие рулоны. Грузоподъемность мостовых кранов в штамповочных пролетах устанавливают по массе самых тяжелых штампов, но не менее 20 т. В цехах мелкой штамповки вместо кранов могут использоваться кран-балки. Грузоподъемность их принимается по массе самого тяжелого груза, но не более 5 т.

Электротельферы на подвесных монорельсах применяются в основном для обслуживания складов и кладовых. На складе заготовок могут использоваться также козловые и полукозловые краны. Грузоподъемность их не превышает 5 т.

В современных крупных цехах листовой штамповки широко используются подвесные конвейеры с несущей цепью и толкающие. Особыми преимуществами обладают конвейеры толкающего типа, обеспечивающие программное адресование грузов к различным местам назначения и хорошую сохранность транспортируемой продукции, что очень важно для штампованных деталей сложной формы, предназначенных для облицовки изделий. Кроме того, они могут быть использованы при создании специальных подвесных складов для накопления и хранения готовой продукции или полуфабриката, загрузка и разгрузка которых осуществляется автоматически. Несмотря на их сложность и высокую стоимость, транспортировка на толкающих конвейерах может оказаться дешевле, чем на конвейерах обычного типа, благодаря высокой степени механизации транспортных работ.

Транспортеры напольного типа (непрерывного действия или шаговые) используются для межоперационной транспортировки заготовок на поточных линиях. Подпольные транспортеры применяют для уборки производственных отходов.

Широко используется в цехах листовой штамповки колесный транспорт: авто- и электрокары, авто- и электропогрузчики и автопоезда (тягачи с прицепами). Особенно удобны авто- и электропогрузчики, которые обеспечивают подъем, транспортировку и штабелирование перевозимых грузов. Грузоподъемность их обычно не превышает 5 т.

Колесный транспорт маневрен, может обеспечивать быструю доставку грузов на любые расстояния. Электро- и автокары и подъемники используют для транспортировки штампованных деталей и штампов от прессов к местам складирования. Предпочтение следует отдавать машинам с электрическими аккумуляторами, так как кар-

бюраторные двигатели создают сильную загазованность воздуха в цехе.

Тягачи с прицепами применяют для транспортировки металла, заготовок и деталей на расстояния более 100 м. Грузоподъемность автопоездов — до 20 т.

Рельсовые приводные тележки используют для передачи тяжелых грузов из одного пролета в другой. Для этих же целей могут применяться более маневренные безрельсовые самоходные тележки грузоподъемностью до 50 т.

В штамповочных пролетах количество мостовых кранов принимают из расчета одного крана для крупной штамповки и одного-двух для средней штамповки на длину пролета до 120 м.

Количество единиц колесного транспорта

$$n_{тр} = \frac{Q_c t_р k}{60 g_р \delta_c k_{и.т}},$$

где Q_c — количество грузов, перевозимых в течение суток, т или шт.;
$t_р$ — продолжительность одного рейса, мин;
k — коэффициент неравномерности грузопотоков: $k = 1{,}1$;
$g_р$ — количество грузов, перевозимых за один рейс, т или шт.;
δ_c — число рабочих часов в сутки;
$k_{и.т}$ — коэффициент использования транспорта, учитывающий простой его по организационно-техническим причинам: $k_{и.т} = 0{,}85$.

Продолжительность одного рейса

$$t_р = t_1 + t_2 + \frac{(V_{гр} + V) L}{V_{гр} V},$$

где t_1 и t_2 — продолжительность погрузки и разгрузки, мин;
$V_{гр}$ и V — скорость движения транспортного средства с грузом и без груза (м/мин), принимаемая по паспортным данным, но не более 5 км/ч;
L — расстояние между местами погрузки и разгрузки.

10.7. Организация уборки технологических отходов

В цехах холодной листовой штамповки образуется большое количество технологических отходов, составляющих до 35—40% потребляемого цехом исходного материала. Так как отходы листовой штамповки, как правило, имеют значительные габаритные размеры (решетки после вырубки) и искривленную форму (гофрированные отсечки после формовки и вытяжки), они быстро заполняют пространство у пресса, поэтому правильная организация уборки отходов имеет большое значение для нормальной работы всего цеха.

Отходы листовой штамповки можно разделить на используемые повторно (деловые) и неиспользуемые (неделовые), отправляемые на переплавку.

Используемые отходы подвергают вторичной переработке. Из них штампуют более мелкие детали. Штамповка из отхо-

дов довольно трудоемка и непроизводительна, так как при этом необходимы такие операции, как правка, отрезка и др. К тому же средств автоматизации здесь нельзя применить, и штамповку осуществляют, как правило, с ручной подачей материала в штамп. Тем не менее необходимо использовать возможность штамповки из отходов, так как стоимость материала обычно выше стоимости труда, затраченного при изготовлении штампованных деталей.

К деловым отходам относятся обычно крупные куски листового металла. Из тонколистовых отходов повторная штамповка затруднительна, и целесообразность вторичного их использования определяется технико-экономическим расчетом. Эти отходы используют в том случае, если расходы на их правку, разделку и увеличение трудоемкости при штамповке окупаются достигаемой экономией. Что же касается листа толщиной более 3 мм, использование отходов из него обязательно.

Деловые отходы собирают в тару на рабочих местах и подвергают переработке, отрезке, разделке, правке и др. Эти операции подготавливают заготовки для повторной штамповки. Для переработки отходов могут быть организованы специальные отделения и участки.

Неделовые отходы в виде мелких высечек, обрезков можно не пакетировать, а отправлять в таре на переплавку. Сюда же относятся в большинстве случаев и толстолистовые отходы, которые состоят обычно из кусков сравнительно небольших размеров.

Пакетируемые неделовые листовые отходы транспортируют в отделение пакетирования следующим образом. При сравнительно небольшом количестве отходов в цехе (до 50 кг/ч на один пресс крупной штамповки, до 75 — средней и до 100 — мелкой) их собирают на рабочих местах в тару и напольным транспортом отвозят к пресс-пакету. При большем количестве отходов для транспортировки их в отделение пакетирования используют механизированные системы.

Наиболее распространенными из них являются системы пластинчатых или ленточных транспортеров. Их размещают в тоннелях ленточных фундаментов, технических этажах или специальных траншеях, расположенных под полом цеха. Скорость перемещения лент транспортеров составляет обычно 5—10 м/мин. Отходы сбрасываются в люки, расположенные у пресса, и по лоткам попадают на транспортер, который доставляет их в отделение пакетирования.

Если под прессами имеется технический этаж, высота которого достаточна для движения колесного транспорта с крупногабаритной тарой, может быть использована система с применением механизированных тележек. В этом случае отходы сбрасываются через люки в тележки, установленные под ними. Система требует строгой диспетчеризации подачи порожних и отвоза заполненных тележек. Она наиболее эффективна, если время заполнения тары тележек кратно половине смены или тележки заполняются за одну смену.

В пакетировочных отделениях отходы прессуются в пакеты, которые системой транспортеров или шахтных подъемников элеватор-

ного типа подаются в опрокидывающиеся бункеры. С бункеров пакеты сбрасываются в железнодорожные вагоны и по специальной ветке отвозятся на шихтовые дворы литейных цехов для переплавки в вагранках.

Для прессования отходов в пакеты применяются специальные пакетировочные прессы периодического и непрерывного действия. Первые целесообразно использовать при транспортировке отходов в таре колесным транспортом, вторые — при использовании механизированных систем уборки отходов.

Количество пакетировочных прессов

$$h = \frac{Q_0}{g_ч \Phi_0 k_з},$$

где Q_0 — годовое количество пакетируемых листовых отходов, т;

$g_ч$ — часовая производительность пресса, принимаемая по паспорту, т;

$k_з$ — допускаемый коэффициент загрузки прессов: для прессов периодического прессования $k_з = 0{,}8 - 0{,}85$, для прессов непрерывного прессования — 0,45 — 0,5.

При непрерывном прессовании необходимо предусматривать резервный пресс на случай выхода из строя основного. В случае остановки пресса периодического прессования отходы накапливаются в специальном бункере. Если количество отходов в цехе не превышает 5000—7000 т в год, пакетировочное отделение может быть размещено в здании основного производства, при большем количестве отходов его целесообразно размещать в отдельном здании.

10.8. Ремонтные отделения

Ремонтные службы цеха обеспечивают, как правило, техническое обслуживание и ремонт оборудования, штампов, средств механизации и автоматизации. В цехах листовой штамповки предусматривают ремонтно-механическое отделение и отделение ремонта штампов.

Ремонтное отделение механика и энергетика осуществляет ремонт технологического, подъемно-транспортного, энергетического и санитарно-технического оборудования. Для оборудования проводят межремонтное обслуживание, плановые и внеплановые ремонты. Межремонтное обслуживание осуществляется специальными рабочими с привлечением работающих на соответствующем оборудовании. Оно предусматривает наблюдение за состоянием оборудования, устранение мелких неисправностей и его регулирование. Ремонтные рабочие периодически осматривают оборудование, меняют масло, производят проверку на точность и др.

Трудоемкость ремонта, а следовательно, и мощность ремонтной базы зависят от количества установленного в цехе оборудования, сложности ремонта, характеризуемых числом ремонтных единиц, и количества ремонтов, предусмотренных системой ППР.

Количество основного оборудования определяют по формуле

$$h = \frac{t_{р.е} E k_з}{\Phi_0},$$

где $t_{р.е}$ — продолжительность работ на ремонтный цикл на одну ремонтную единицу, станко-ч;

E — общее количество ремонтных единиц оборудования цеха, шт.;

$k_з$ — коэффициент загрузки оборудования ремонтного отделения цеха: $k_з = 0{,}6 — 0{,}8$.

Ремонтное отделение с числом основных станков до 15 осуществляет только техническое обслуживание и малый ремонт. В ремонтном отделении, кроме основных станков, предусматривают и вспомогательное оборудование, которое используется слесарями-ремонтниками.

Штампо-ремонтное отделение цеха выполняет периодический осмотр и проверку штамповой оснастки, малый и средний ремонты ее. Капитальный ремонт штампов выполняет инструментальный цех завода.

При малом ремонте заменяют до 20—25% основных и вспомогательных деталей штампа. При среднем — до 50% основных и не менее 25% вспомогательных деталей штампа, а при капитальном — до 50% основных и вспомогательных. Количество единиц основного оборудования можно определить по трудоемкости ремонта, порядок расчета которой приведен выше. Количество вспомогательного оборудования, в состав которого входят обдирочно-шлифовальные и настольно-сверлильные станки, ручные прессы, настольное точило, в штампо-ремонтном отделении составляет 40% числа единиц основных станков, но не менее трех и не более одиннадцати.

Численность рабочих ремонтных баз приводилась выше, количество инженерно-технических работников принимают равным 9—12% числа рабочих, служащих — 1,2—2,5% числа рабочих, а численность инженерно-технических работников ОТК — равным 5% количества рабочих-контролеров.

Площади ремонтных отделений определяют в зависимости от числа основных станков по нормам, приведенным в табл. 10.12.

Табл. 10.12. *Показатели общей площади на единицу основного оборудования ремонтных служб, м²*

Ремонтные базы оборудования с числом основных станков			Ремонтные мастерские штампов и приспособлений цехов		
3—6	7—10	11 и больше	крупной штамповки	средней штамповки	мелкой штамповки
Общая площадь на единицу основного оборудования, м²					
31—32	29—30	27	45—50	40—45	35—40

10.9. Площади, компоновка и планировка цеха

Цехи листовой штамповки рекомендуется размещать в многопролетных прямоугольных зданиях с подвальным этажом, цехи мелкой штамповки — в многоэтажных. Тип и размеры зданий принимаются в соответствии со СНиП II-М. 2—62.

При разработке технического проекта размер производственной площади определяют по удельным нормам площади на единицу установленного в цехе оборудования, принимаемым по «Нормам технологического проектирования цехов холодной листовой штамповки». Методика определения площадей складов, кладовых и ремонтных отделений была изложена выше. Наиболее точно площадь цеха определяется при разработке его планировки.

Табл. 10.13. *Ориентировочные соотношения между площадями в цехах листовой штамповки*

Площади цеха	Площадь, % общей площади цеха		
	крупной штамповки	средней штамповки	мелкой штамповки
Производственная	25—40	40—50	55—60
Вспомогательная:			
склад металла	10—15	8—12	8—9
склад заготовок	5	4	3
склад штампов, средств механизации и автоматизации, контрольных приспособлений	15—20	13—17	12—14
склад деталей	20—25	18—20	14—16
рембаза оборудования	2	1,5	0,5
рембаза энергетика	2	1,5	0,5
мастерская по ремонту оснастки	5	3	1,5
кладовые вспомогательных материалов	1	1	0,5
Итого . . .	60—75	50—60	40—45

Примечание. Площади, занимаемые сантехническими и энергетическими устройствами, принимают в размере 15—20% производственной площади.

В табл. 10.13 приведено ориентировочное соотношение между площадями в цехах листовой штамповки. Для сравнения приведем величину площадей корпуса холодной листовой штамповки Волжского автомобильного завода (тыс. м²).

Площадь, занятая производственными цехами (цехи крупной, средней и мелкой штамповки)	57,5
Площадь, занятая вспомогательными службами	122,7

В том числе:	
складами (металла, заготовок, штампов, деталей)	104
ремонтными службами	10,5
отделениями пакетирования (располагаются вне корпуса)	2,4
отделениями подготовки отходов к штамповке	2,9
Общая площадь, занятая под производство штампованных деталей	180,2
Площадь, занятая под производство штампов (3 тыс. м² вне корпуса)	28
Общая площадь корпуса (5,9 тыс. м² вне корпуса)	208,2

Таким образом, производственная площадь составляет 32% общей площади, занятой под производство штампованных деталей, а на долю вспомогательной приходится 68%. Данные показывают, что основная часть площадей занята вспомогательными подразделениями. Такое соотношение, подтверждаемое мировой практикой проектирования цехов холодной листовой штамповки, является оптимальным.

В техническом проекте разрабатывается компоновочный план цеха, на котором показывается размещение производственных отделений и обслуживающих их участков и устройств. Этот план предназначен для взаимной увязки входящих в состав цеха отделений и участков, выбора оптимального направления производственного процесса и внутрицехового грузопотока, анализа людского потока, определения наилучшего размещения вспомогательных отделений и устройств и бытовых помещений.

Компоновочный план должен обеспечивать минимальную протяженность и максимальную прямолинейность основных грузопотоков цеха, с тем чтобы максимально сократить длину транспортных связей между производственными и вспомогательными отделениями.

Отделения цеха размещаются в последовательности технологического потока, т. е. склад металла, заготовительное отделение, склад нарезанных заготовок, штамповочные отделения, склад штампованных деталей, отделения сборки, склад готовой продукции.

Для обеспечения единого фронта подачи заготовок заготовительные отделения со складом металла размещают в пролетах, примыкающих к штамповочным. Ширина пролетов принимается равной 24; 30; 36 м, а высота их до головки рельса подкранового пути — 11,45; 12,65 или 14,45 м. Склад нарезанных заготовок размещают в пролетах заготовительного отделения. Склады крупных и средних штампов размещают в зонах штамповочных пролетов, максимально приближенных к отделениям штамповки. Склады мелких штампов, обычно занимающие небольшую площадь, устраивают централизованными, и размещать их можно в зонах, не обязательно приближенных к штамповочным участкам.

Место расположения склада штампованных деталей должно обеспечивать единый фронт выдачи штампованных деталей, минимальную протяженность и максимальную прямолинейность транс-

портных перевозок, соответствующих общему направлению основных грузопотоков цеха. Склады штампованных деталей размещают обычно в пролетах, примыкающих к штамповочным.

Вспомогательные отделения и помещения (ремонтные базы, кладовые) размещают по возможности вблизи тех основных отде-

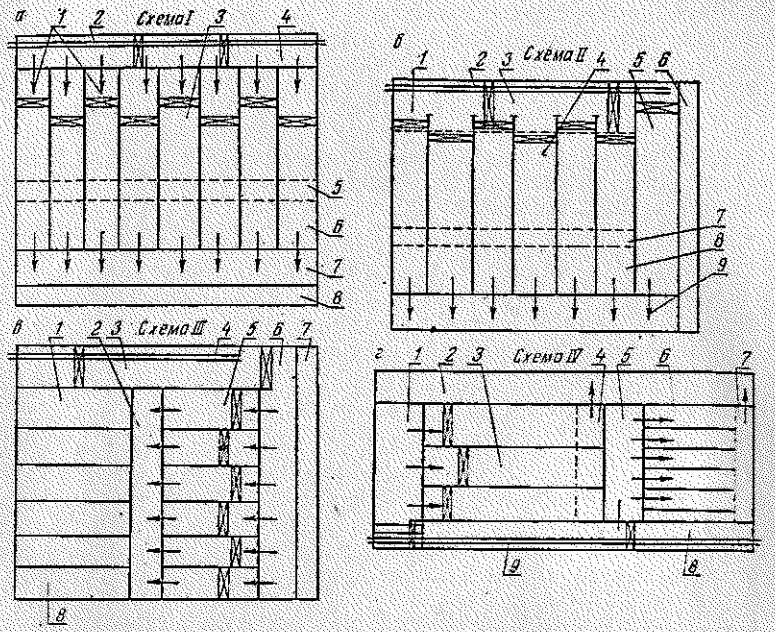


Рис. 10.1. Схемы компоновочных планов цехов холодной листовой штамповки:

а — схема *I*: *1* — подача металла на рельсовых тележках с электролебедками; *2* — ввод железнодорожных путей; *3* — участки штамповки; *4* — склад металла, заготовительное отделение, участок переработки, пакетирования отходов; *5* — промежуточные склады; *6* — сборочные участки и вспомогательные службы; *7* — склад готовой продукции; *8* — бытовые помещения; *б* — схема *II*: *1* — мостовые краны, заходящие в заготовительный пролет; *2* — ввод железнодорожных путей; *3* — склад металла, заготовительное отделение, отделение переработки и пакетирования отходов; *4* — участки штамповки; *5* — пролет штамповки крупногабаритных деталей; *6* — бытовые помещения; *7* — промежуточные склады; *8* — сборочные участки и вспомогательные службы; *9* — склад готовой продукции, окраска изделий; *в* — схема *III*: *1* — сборочные участки; *2* — промежуточные склады и вспомогательные службы; *3* — склад металла; *4* — ввод железнодорожных путей; *5* — участки штамповки; *6* — заготовительное отделение и пакетирование отходов; *7* — бытовые помещения; *8* — склад готовой продукции и экспедиция; *г* — схема *IV*: *1* — склад металла и заготовительное отделение; *2* — сборочные участки и бытовые помещения; *3* — участки штамповки (линии крупных прессов); *4* — промежуточные склады; *5* — склад металла, заготовительное отделение; *6* — участки штамповки (линии мелких прессов); *7* — промежуточные склады; *8* — переработка и пакетирование отходов; *9* — ввод железнодорожных путей

лений, которые они обслуживают. Служебно-бытовые помещения располагают в многоэтажных пристройках к торцу здания цеха (а иногда и продольной его стороне) или в отдельно стоящих зданиях для крупных штамповочных цехов таким образом, чтобы обеспечивались короткие и безопасные пути следования основных людских потоков к рабочим местам и обратно.

Прессовое оборудование для крупной и средней штамповки размещают в пролетах шириной 24 и 30 м. В пролетах шириной 30 м прессы с выдвижными в сторону столами или оснащенные механизмами для выталкивания штампов устанавливают в две параллельные линии (нитки). Высота до головки рельса подкранового пути в пролетах крупной штамповки принимается равной 11,45; 12,65 или 14,45 м; средней штамповки — 9,65 м.

Участки мелкой штамповки размещают в пролетах шириной 18, 24 или 30 м в зависимости от числа устанавливаемых в них параллельных линий прессов. Высота пролетов принимается равной 7,2 или 8,15 м.

На рис. 10.1 приведены схемы компоновочных планов цехов холодной листовой штамповки крупносерийного производства автомобильной промышленности.

Недостатком схемы *I* является увеличение количества перевалок грузов при подаче заготовок с пролета заготовительного отделения в штамповочные, осуществляемых при помощи рельсовых тележек. По схеме *II* металл из заготовительного пролета в штамповочные передается мостовыми кранами, которые заходят из штамповочных пролетов на склад заготовок. В этом случае пролет склада металла и заготовительного отделения должен иметь большую высоту подкрановых путей, чем в штамповочных пролетах. На этой схеме имеется ввод железнодорожных путей прямо в пролет штамповки деталей лонжеронных рам, что облегчает транспортировку металла особо крупных габаритов.

Недостаток схемы *III* — значительная длина пути, совершаемого металлом через пролеты склада металла и заготовительного отделения до поступления его к линиям прессов. Этот недостаток можно устранить, если склад металла с вводом железнодорожных путей расположить в пролете, параллельном заготовительному отделению. При этом создается возможность сквозного ввода железнодорожного пути, а не тупикового, представленного на схемах *II* и *III*, который является менее предпочтительным.

На схеме *IV* имеется два заготовительных отделения, предназначенных для специализированного изготовления заготовок крупной и мелкой штамповки. Такая схема при массовом производстве обеспечивает рациональное распределение грузопотоков металла.

Пример компоновочного плана цеха холодной листовой штамповки автомобильного завода представлен на рис. 10.2.

При разработке технического проекта по корпусам и крупным цехам составляется план расположения оборудования и рабочих мест (планировка), хотя следует считать полезной разработку планировки цеха на стадии технического проекта во всех случаях. На планировке показывают строительные элементы здания (стены, колонны, перегородки и др.), технологическое оборудование и основной производственный инвентарь, подъемно-транспортные устройства и расположение вспомогательных помещений. Оборудование изображают условным контуром в предельных габаритных размерах с учетом крайних положений движущихся частей.

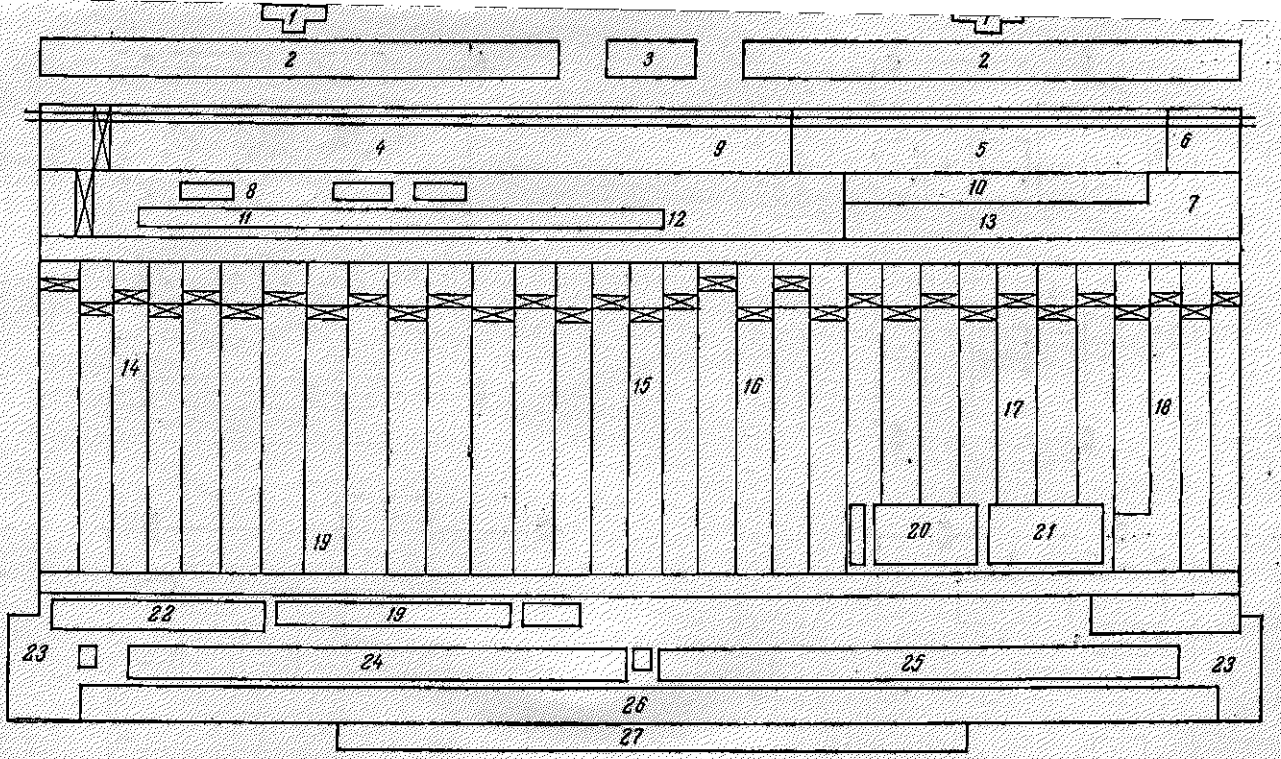


Рис. 10.2. Компоновочный план прессового корпуса автомобильного завода с выпуском 600 тыс. автомобилей в год:

1 — пакетирование отходов; *2* — бытовые помещения; *3* — модельное отделение; *4* — склад металла цеха крупной штамповки; *5* — склад металла цехов средней и мелкой штамповки; *6* — погрузочно-разгрузочная площадка; *7* — зона распределения пустых контейнеров; *8* — заготовительное отделение цеха крупной штамповки; *9* — склад запасных частей, оснастки и оборудования; *10* — заготовительное отделение цехов средней и мелкой штамповки; *11* — склад нарезанных заготовок; *12* — склад металла цехов изготовления и отладки штампов, а также ремонта и обслуживания оборудования и оснастки; *13* — склад заготовок и полуфабрикатов; *14* — штамповочные линии цеха крупной штамповки; *15* — цех изготовления и отладки штампов; *16* — цех ремонта и обслуживания оборудования и оснастки; *17* — цех средней штамповки; *18* — цех мелкой штамповки; *19* — склад крупных штампов; *20* — склад штампов цеха средней штамповки; *21* — склад штампов цеха мелкой штамповки; *22* — склад вспомогательных материалов; *23* — фронт погрузочно-разгрузочных работ; *24* — склад деталей и изделий цеха крупной штамповки с контейнерами; *25* — склад деталей и изделий цехов средней и мелкой штамповки; *26* — подвесной склад штампованных деталей; *27* — конторские помещения

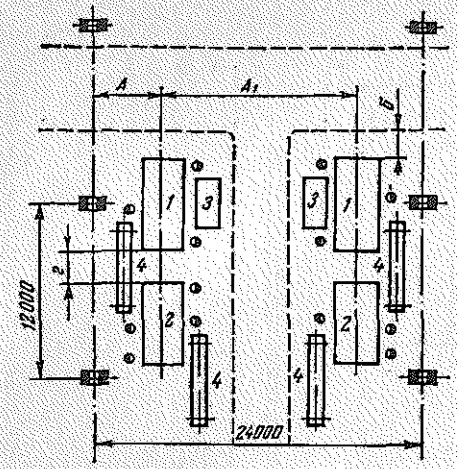


Рис. 10.3. Схема продольного расположения крупных и средних прессов:
1 — прессы двойного действия; *2* — прессы простого действия; *3* — механизмы загрузки заготовок; *4* — межоперационные транспортеры

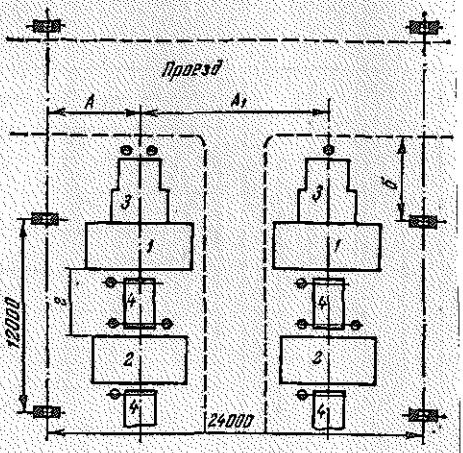


Рис. 10.4. Схема поперечного расположения крупных и средних прессов:
1 — прессы двойного действия; *2* — прессы простого действия; *3* — механизмы загрузки заготовок; *4* — межоперационные транспортеры

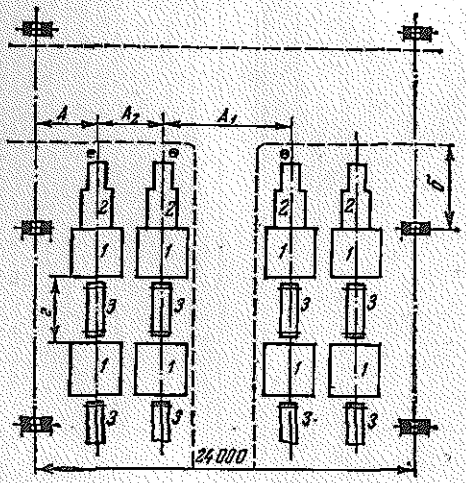


Рис. 10.5. Схема поперечного четырехрядного расположения средних прессов:
1 — пресс однокривошипный закрытый; *2* — механизмы загрузки заготовок; *3* — межоперационные транспортеры

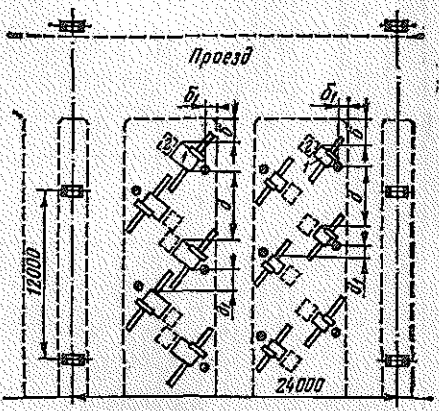


Рис. 10.6. Схема расположения мелких прессов с автоматическими подачами:
1 — пресс однокривошипный открытый с автоматической подачей; *2* — тара с деталями

Крупные и средние прессы в штамповочных пролетах могут быть расположены по двум схемам: последовательно друг за другом, когда фронт пресса перпендикулярен к продольной оси колонн здания цеха (поперечное расположение), и фронтально, когда фронт прессов параллелен этим осям (продольное расположение).

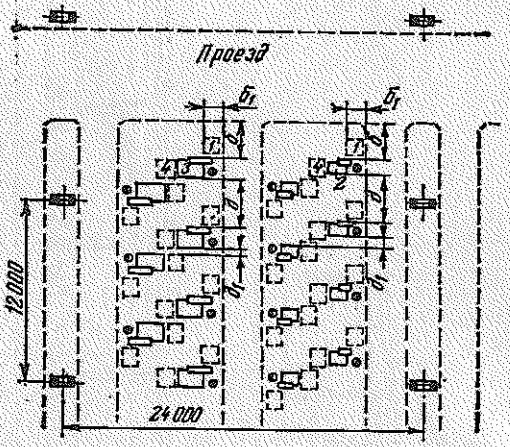


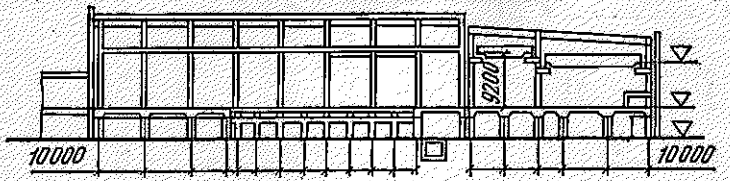
Рис. 10.7. Схема расположения мелких прессов:
1 — тара для заготовок; *2* и *3* — прессы однокривошипные открытые; *4* — тара для деталей

При поперечном расположении прессов легче механизировать и автоматизировать процессы штамповки. Продольное расположение затрудняет механизацию и автоматизацию, поэтому в крупносерийном и массовом производстве использовать его для крупных прессов нецелесообразно. Оно может быть использовано при реконструкции цеха, если габаритные размеры прессов не позволяют применить поперечное расположение. В серийном и мелкосерийном производстве продольное расположение крупных и средних прессов применяют при штамповке длинномерных деталей или тогда, когда подача заготовок и съем деталей осуществляются с одной стороны пресса.

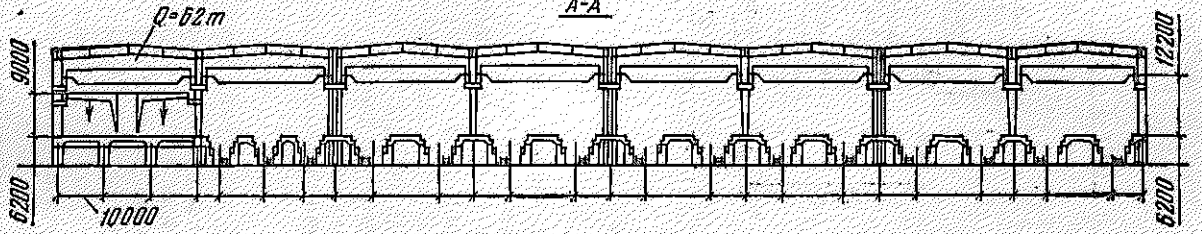
Схемы расположения крупных и средних прессов приведены на рис. 10.3—10.5, а расстояния между оборудованием и элементами здания — в табл. 10.14, 10.15. Мелкие прессы располагают, как правило, продольно. Мелкие прессы с автоматическими подачами, имеющие рулонницы для разматывания материала и сматывания отходов, могут устанавливаться под углом 45° к оси пролета, если при этом уменьшается производственная площадь (рис. 10.6—10.7) (табл. 10.16).

Ширину главных проездов принимают равной 6 м, проездов между отделениями и участками — 4, цеховых проходов — 2 м. Ширина проездов между линиями крупных прессов составляет 4—5, средних — 3—3,5, мелких — 2,5—3 м. Расстояние от границы

Б-Б



А-А



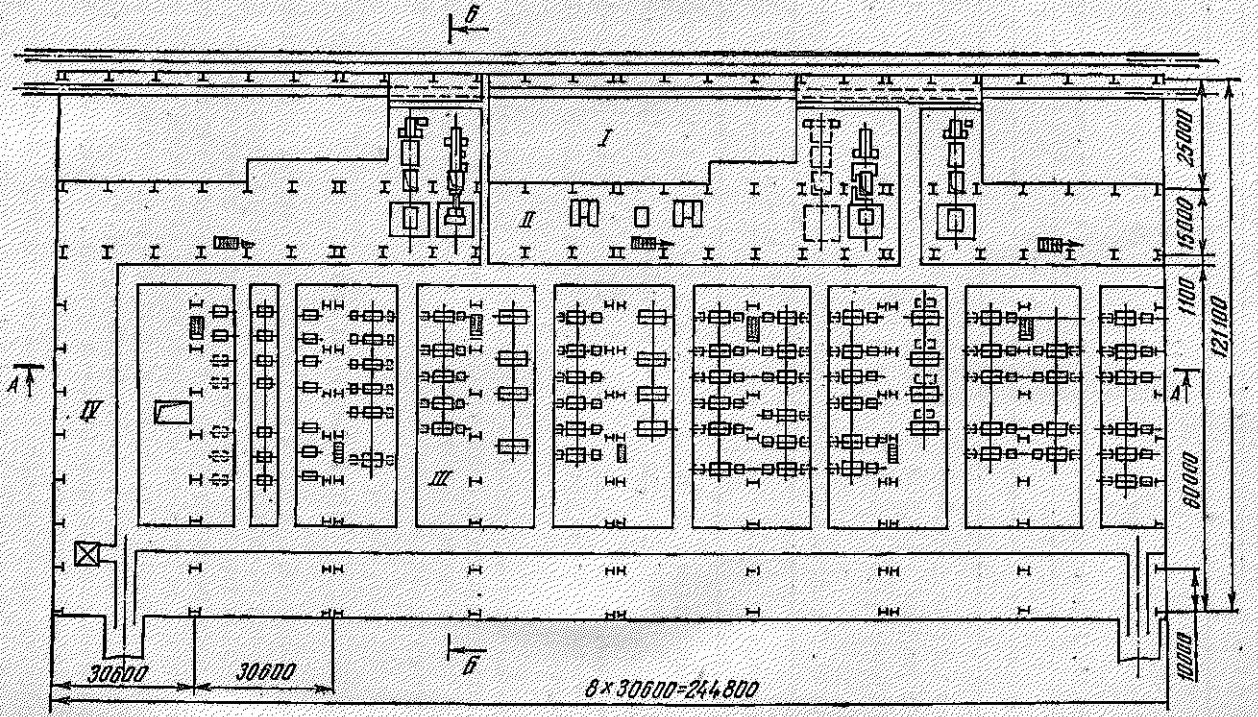


Рис. 10.8. Планировка прессового корпуса фирмы «Рено»:

I — склад металла (1-й этаж); *II* — заготовительное отделение; *III* — отделения штамповки со складами штампов; *IV* — ремонтные службы

Табл. 10.14. *Расстояния между крупными прессами и элементами здания*

Расположение прессов	Размеры, м			
Поперечное	5—7	10—14	5,5—6	4—5
Продольное	5—6	12—14	1,0—1,5	1,5—2

Табл. 10.15. *Расстояния между средними прессами и элементами здания*

Расположение прессов	Размеры, м				
Поперечное в три ряда	3,5—4	8—8,5	—	5,5—6	3—4
Продольное в три ряда	3,5—4	8—8,5	—	1—1,5	1,3—1,8
Поперечное в четыре ряда	4—4,5	8—8,5	3,5—4	5,5—6	2,5—3

Табл. 10.16. *Расстояния между мелкими прессами и элементами здания*

Типы прессов	Усилие, тс	Размеры, м			
Прессы однокривошипные открытые с автоматическими подачами	До 40	1,5—2	4—4,5	0,8—1	0,5—0,8
	50—250	1,5—2	4,5—5,5	1,2—1,5	0,5—0,8
Прессы однокривошипные открытые без автоматических подач	До 40	2—2,5	2,5—3,5	0,4—0,8	1,2—1,5
	50—250	2—2,5	3—4	0,5—1	1,2—1,5

проезда до элементов здания — 0,2—0,3, а до оборудования — 0,4—0,5 м. К планировке цеха составляют спецификацию оборудования.

На рис. 10.8 в качестве примера представлена планировка прессового корпуса завода с массовым производством по выпуску автомобилей.

10.10. Энергетика цеха

В цехах холодной листовой штамповки в качестве энергоносителей применяются электроэнергия, сжатый воздух, пар, вода, природный и углекислый газ, ацетилен, кислород. Электроэнергия используется электродвигателями прессов, средств механизации и автоматизации, для питания нагревательных устройств, сварочного оборудования, привода вентиляционных систем, подъемно-транспортного оборудования и т. д. Электроэнергию, идущую на освещение и различные санитарно-бытовые нужды, в технологическую часть проекта не включают.

Для расчета необходимого количества электроэнергии все потребители ее делятся на группы по принципу однородности (например, группа прессов, группа вентиляторов, группа нагревательных устройств) и по загруженности оборудования. По каждой группе

подсчитывают установленную мощность $N_у$ (сумма мощностей каждого токоприемника, входящего в группу, принятых по паспортным данным) и определяют потребляемую мощность $N_п$ каждой группы

$$N_п = N_у k_с,$$

где $k_с$ — коэффициент спроса, или одновременности: для мелких прессов $k_с = 0{,}25$; средних — 0,30; крупных — 0,35; металлорежущих станков — 0,20; вспомогательного оборудования — 0,25; установок токов высокой частоты — 0,30; нагревательных устройств — 0,60; сварочного оборудования — 0,45; подъемно-транспортного оборудования — 0,15; автоматических линий — 0,50—0,55; вентиляционных систем — 0,70; освещения — 0,80; конвейеров и транспортеров, работающих непрерывно,— 0,75.

Табл. 10.17. *Расход воздуха прессовым оборудованием*

Типы и краткая характеристика прессового оборудования	Часовой расход воздуха при работе, м³	
	одиночными ходами *	в автоматическом цикле
Гильотинные ножницы:		
толщина разрезаемого материала до 4 мм, длина отрезаемой полосы до 3200 мм	8—12 (15—20)	5—6
толщина разрезаемого материала до 12 мм, длина отрезаемой полосы до 5000 мм	20—25 (35—45)	15—20
Прессы однокривошипные усилием, тс:		
до 160	3—5 (6—8)	1—2
250—630	7—10 (18—20)	4—5
800—1250	15—25 (35—40)	10—12
свыше 1250	20—30 (40—45)	15—20
Двух- и четырехкривошипные прессы простого действия усилием, тс:		
до 315	8—12 (18—20)	4—5
400—800	15—25 (38—40)	10—12
свыше 800	25—35 (55—60)	12—15
Двух- и четырехкривошипные прессы двойного действия усилием, тс:		
до 250	8—15 (20—25)	6—8
315—800	20—30 (50—55)	12—15
свыше 800	30—40 (75—80)	15—20

* В скобках приведены нормы расхода с применением средств механизации автоматизации.

Годовой расход электроэнергии по каждой группе

$$Э = N_{\text{п}} \Phi_0 k_{\text{з}},$$

где $k_{\text{з}}$ — коэффициент загрузки: для цехов холодной листовой штамповки $k_{\text{з}}$ в среднем равно 0,85—0,95.

Сжатый воздух в цехах листовой штамповки используется для включения пневматических муфт прессов, привода автоматизирующих устройств, различных механизмов, пневматических прижимов, сдува деталей, работы пневматических инструментов и т. д. Сжатый (осушенный) воздух поступает в цех из общезаводской или цеховой компрессорной станции под давлением 5—6 ат.

Годовой расход сжатого воздуха определяют по среднему часовому его расходу единицей соответствующего оборудования:

$$Q_{\text{сж.в}} = (\sum g_{\text{в}\,i} h_i \Phi_{0i} k_{\text{з}i})\, k_{\text{у}},$$

где $g_{\text{в}i}$ — средний часовой расход сжатого воздуха единицей оборудования, м³;

h_i — число единиц соответствующего оборудования, шт.;

Φ_{0i} — действительный годовой фонд времени работы данного оборудования, ч;

$k_{\text{з}i}$ — коэффициент его загрузки;

$k_{\text{у}}$ — коэффициент, учитывающий потери воздуха в сетях из-за неплотностей соединений: $k_{\text{у}} = 1{,}35 - 1{,}45$.

Нормы среднего часового расхода сжатого воздуха прессовым оборудованием, средствами механизации и автоматизации приведены в табл. 10.17—10.18.

Табл. 10.18. *Расход воздуха средствами механизации и автоматизации*

Средства механизации и автоматизации	Расход воздуха на 1 ход ползуна пресса, м³
Пневмосдуватели	0,001—0,002
Пневмосъемники	До 0,01
Полосоукладчики (толщина полосы до 4 мм)	До 0,01
Листоукладчики (максимальные габаритные размеры листа 0,004 × 1,5 × 3 м)	До 0,025
Механические руки для подачи мелких заготовок	До 0,003
Механические руки подвесные (для крупных деталей):	
одинарные	До 0,01
сдвоенные	До 0,018
Механические руки горизонтальные	До 0,025
Подъемные столы (грузоподъемностью 0,2—3 т)	0,04—0,45
Кантователи	До 0,025
Пневмопитатели	0,003—0,006

Пар используется в цехе на производственные цели (подогрев воды в моечных машинах, в установках для приготовления смазочно-охлаждающих жидкостей, сушилках, ваннах для травления). Обычно это пар давлением 3—4 ат и температурой 130—150° С. Потребность в нем определяется по среднему часовому расходу пара потребителями. Например, жидкость в моечных машинах разогревается в течение двух часов, при этом расходуется в среднем около 390 кг пара в час на каждый бак. Для поддержания температуры промывочной воды и содового раствора затрачивается около 80 кг пара в час на всю моечную машину. Пар в цехах расходуется также на отопление, но его в технологическую часть проекта не включают.

Вода в цехе используется на производственные и санитарно-бытовые цели. В технологическую часть проекта включается только вода, идущая на производственные нужды (моечные агрегаты, ванны для травления, сварочные машины, галтовочные виброустановки, гидравлические подушки прессов).

На охлаждение системы гидравлической подушки пресса расходуется 2—3 м³/ч воды при непрерывной его работе. Расход воды галтовочными виброустановками приведен в табл. 10.19.

Табл. 10.19. *Расход воды галтовочными виброустановками* *

Производительность (стальные детали), кг/ч	Емкость резервуара для воды, м³	Количество добавляемой воды, м³
20	0,5	0,1
50	1,0	0,2
100	1,2	0,2
200	1,8	0,3

* Периодичность пополнения резервуара — 1 ч.

Различные моечные машины расходуют в среднем 0,2—0,5 м³/ч воды на 1 т промываемых деталей.

Раздел IV. АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ

Глава 11. ПРИМЕНЕНИЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ

11.1. Автоматизация проектирования кузнечных цехов

В настоящее время проектирование кузнечных цехов машиностроительных заводов ведется многими отраслевыми проектно-технологическими организациями. Из-за отсутствия единой методики проектирования (даже в пределах одной отрасли) и субъективного подхода к решению технико-экономических задач качественные показатели проектируемых цехов, однотипных по размерам и номенклатуре поковок, существенно отличаются друг от друга.

При проектировании конкретного цеха технически допустимых проектных решений может быть весьма много в силу большого количества сочетаний различных технологических процессов для разных и даже одинаковых поковок, из-за возможности использования однотипного оборудования соседних размеров и различного уровня механизации производственных процессов. Кроме этого, в зависимости от реального состава имеющегося на заводе оборудования и его стоимости выбор технологических процессов для одних и тех же условий может быть различным. Все это приводит к созданию проектов кузнечных цехов, которые только случайно могут иметь технико-экономические показатели, близкие к оптимальным. Это не дает возможности объективно оценить степень приближения принятого решения к оптимальному.

Обычный, традиционный способ проектирования кузнечных цехов «вручную» является весьма трудоемким и длительным процессом. Так, разработка технического проекта среднего кузнечного цеха станкостроительного завода занимает около 18 чел.-мес. и продолжается около полугода. При этом проектирование такого цеха с выпуском 1000—3000 т поковок в год ведется, как правило, по номенклатуре около 150—300 наименований поковок, в то время как средняя номенклатура станкозавода составляет около 1500 наименований.

Задача резко усложняется в силу необходимости получения решения, которое было бы оптимальным для всей совокупности поковок. Это требует учета загрузки оборудования всеми поковками, которые на нем могут быть изготовлены. Естественно, что подобный объем работы не может быть выполнен вручную. В этом случае является неприемлемым также и метод использования типовых проектов, которые даже при привязке их к конкретным условиям

(а это равносильно новому проектированию) приводят в действительности к заведомому ухудшению показателей цеха.

Учет всех факторов и наиболее эффективное проектное решение возможны только при автоматизации проектирования кузнечных цехов с использованием ЭВМ. Проектирование кузнечных цехов на ЭВМ дает возможность, используя сравнительно небольшой объем исходной информации, получить решение проекта кузнечного цеха, привязанное к конкретным условиям, с наилучшими технико-экономическими показателями. Это становится возможным благодаря анализу полной номенклатуры поковок и всех технически возможных вариантов технологических процессов их изготовления и использования различного оборудования. Кроме этого, применение ЭВМ сокращает трудоемкость и длительность цикла проектирования по сравнению с ручной разработкой проекта в 15—20 раз.

Метод автоматизированной разработки проекта кузнечного цеха на стадии технического проекта или проектного задания включает выбор наиболее эффективных технологических процессов, состава оборудования и средств механизации, расчета рабочей силы, необходимых площадей, металла, оснастки, энергоносителей, масс изготовляемых поковок и заготовок для них, трудоемкости и станкоемкости изготовления, технико-экономических показателей и экономической части проекта, что обеспечивает комплексность получаемых проектных решений. С помощью ЭВМ могут быть также разработаны подетальные ведомости загрузки оборудования и маршрутные технологические процессы.

Отбор наилучших проектных решений должен производиться по экономическому показателю, который синтезирует все технологические и организационные характеристики проекта.

Даже при автоматизации проектирования с помощью ЭВМ перебрать все возможные варианты технологических процессов для каждого наименования поковки практически невозможно. Поэтому задача автоматизации проектирования кузнечных цехов требует прежде всего классификации поковок по конструктивно-технологическим признакам (например, планки, рычаги, втулки, шестерни без отверстий и т. д.). В свою очередь все технологические процессы получения заготовок из проката (применительно к станкостроению) можно классифицировать следующим образом: ковка; штамповка в подкладных штампах; штамповка на ПШМ; штамповка на КГШП; штамповка на ГКМ; ковка на радиально-ковочных машинах; получение заготовок из проката на металлорежущих станках. При этом по первому и седьмому технологическим процессам могут быть получены практически все конструктивно-технологические группы деталей из проката, а по остальным — лишь некоторые.

Общее количество технически возможных вариантов изготовления всей совокупности заготовок из проката получается перемножением количеств допустимых технологических процессов по всем группам деталей. Фактически же количество вариантов будет еще большим, поскольку необходимо принимать во внимание возможность получения заготовки на соседнем (большем по усилию или

массе падающих частей) типоразмере оборудования, а также рациональную степень механизации последнего. Для решения вышеприведенной задачи следует просмотреть около 2,5 — 3 млн. вариантов.

Последовательность решения задачи следующая. В ЭВМ вводятся данные по очередной детали, заготовка которой получается из проката. По шифру детали определяется принадлежность заготовки к одной из конструктивно-технологических групп. Просчитываются все необходимые показатели получения заготовки последовательно по всем технологическим процессам, присущим данной группе.

Все эти показатели в пределах каждого процесса и конкретной модели оборудования суммируются с соответствующими данными по ранее введенным деталям. После ввода и обработки данных в машине образуются массивы информации по соответствующим группам поковок. Внутри каждой из этих групп данные хранятся раздельно по соответствующим технологическим процессам, а внутри каждого технологического процесса — раздельно по каждому типоразмеру оборудования.

Отбор одного из просмотренных вариантов как лучшего означает, что определенной конструктивно-технологической группе поковок поставлен в соответствие только единственный технологический процесс; что для каждого технологического процесса определены состав и количество (по конкретным моделям) необходимого оборудования; что для каждого технологического процесса выбран наиболее рациональный уровень механизации. И все это осуществлено таким образом, что при принятых допущениях гарантируется минимум приведенных затрат. Эти данные позволяют выдать на печать состав и потребное количество оборудования, затраты на его приобретение, потребность в штампах, энергоносителях и т. д.

В результате расчета проектант получает полные сведения, необходимые для проекта кузнечного цеха: годовую программу, трудоемкость, развес поковок по группам, состав оборудования цеха и коэффициент его загрузки, потребные площади, расход оснастки, металла и энергоносителей (в натуральном и денежном выражении), наиболее экономичный уровень механизации, состав работающих, заработную плату и т. п. Перечисленные сведения, содержащие цифровую и текстовую информацию, выдаются в форме готовых таблиц и ведомостей, получаемых с алфавитно-цифрового печатающего устройства (АЦПУ).

Метод многовариантного проектирования кузнечных цехов с применением ЭВМ может быть с успехом использован для определения специализации производства поковок и проектирования отраслевых базовых кузнечных цехов. Так, для одного из наиболее крупных станкостроительных кустов — группы станкозаводов Прибалтики и Белоруссии, объединяющего около 20 предприятий,— возможны варианты организации производства поковок (табл. 11.1).

Программа, реализующая на ЭВМ изложенный метод решения,

Табл. 11.1. *Возможности организации производства поковок в станкостроительной отрасли*

Вариант организации производства поковок	Суммарные приведенные затраты на годовой выпуск, тыс. руб.
Изготовление поковок на каждом заводе существующими методами	3322,45
Изготовление поковок на каждом заводе наиболее экономичными методами	3103,21
Изготовление поковок в трех подетально специализированных кузнечных цехах	2227,0
Изготовление поковок в централизованном кузнечном цехе	2108,1

состоит из шести основных блоков, насчитывающих около 10 000 команд. Укрупненная блок-схема программы изображена на рис. 11.1.

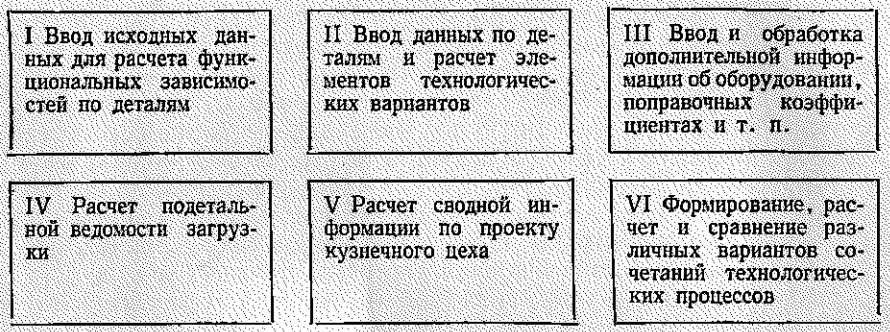


Рис. 11.1. Общая блок-схема программы автоматизированного расчета технического проекта кузнечного цеха на ЭВМ

Блок *I* вводит в оперативную память машины информацию, необходимую для расчета весовых характеристик поковок, затрат времени на их изготовление, а также необходимого усилия оборудования, стоимости и стойкости штампов и т. д. Этот же блок вводит данные о ценах на металл (по маркам и диаметрам) и подготавливает их для дальнейшего использования. Кроме того, здесь же осуществляется подготовка ячеек на магнитном барабане для заполнения сведений по деталям, которые на каком-либо технологическом процессе требуют большего усилия, чем предусмотрено оборудованием, заложенным в программе.

Блок *II* вводит информацию о деталях, заготовки которых должны быть определены для каждой детали. По ее классификационной группе определяется, какими технологическими процессами она может быть получена. Далее, по номеру классификационной группы и порядковому номеру технологического процесса на магнитном барабане находятся необходимые нормативные данные, которые

позволяют рассчитать массу поковки, заготовки, норму расхода, штучное время, нужное усилие и т. д. По ним определяется стоимость потребного металла, конкретный типоразмер оборудования, стоимость оснастки, обдирки, а также станкоемкость. Вся эта информация заполняется и фиксируется на специальном бланке.

Если на каком-либо технологическом процессе заготовка требует такого типоразмера оборудования, который не предусмотрен программой, она запоминается особо. При этом на основном технологическом процессе, которого заготовка не прошла, деталь особым образом метится. Блок *II* повторяет свою работу столько раз, по скольким наименованиям деталей рассчитывается проект.

Блок *III* по существу заканчивает работу, начатую блоком *I*. Такое разделение вызвано ограниченностью оперативной памяти машины. Блок *III* вводит данные о возможности и объемах получения поковок по кооперации со стороны, о ценах на кооперированные поставки, о количестве и стоимости имеющегося оборудования и другие, т. е. все данные, которые обеспечивают нормальную работу блока *IV*.

Блок *IV* формирует очередной вариант сочетания технологических процессов и выбирает из всех просмотренных вариантов наиболее рациональный, т. е. обеспечивающий минимальную сумму приведенных затрат. Работа этого блока состоит в следующем: проверяется, просмотрен ли весь перечень возможных вариантов. Если да, то вызывается программа блока *V*. В противном случае формируется очередной вариант. После его формирования определяется, просмотрены ли все технологические процессы. Если нет, определяется, просмотрены ли все типоразмеры оборудования, предусмотренные для данного технологического процесса, и т. д.

Блок *V* вводит данные по потребным площадям, энергоносителям и рабочей силе, после чего считывает с магнитного барабана лучшее решение и печатает по нему все суммарные сведения, т. е. технологический процесс, номер типоразмера оборудования, его загрузку, тоннаж поковок и т. д.

Блок *VI* вводит заново перфокарты с деталями на базе выбранного технологического процесса, считает и печатает подетальную ведомость загрузки оборудования.

Такое многовариантное проектирование на ЭВМ кузнечных цехов позволяет наряду с определением наиболее эффективного проектного решения получить значительную экономию непосредственно в проектных организациях (около 28% общей стоимости проектных работ).

11.2. Оптимальное планирование технологической подготовки производства

Современный уровень развития промышленности характеризуется выпуском сложных изделий, непрерывным повышением их качества и связанной с этим частой сменой объекта в производстве. В настоящее время возникло определенное противоречие между достаточно высоким уровнем производительности труда в сфере

основного производства и сравнительно низким уровнем в сфере инженерной подготовки и управления производством (проектирование различных объектов, технологические разработки, планирование производства и пр.).

Если проанализировать процесс проектирования, становится очевидным, что, как правило, результаты одного этапа проектирования являются в то же время исходными данными для следующего. В частности, результаты конструирования детали (размеры, материал, чистота и точность обработки и т. д.) являются той информацией, которая необходима для проектирования технологического процесса ее обработки. В свою очередь в процессе проектирования технологии создается объем данных, на основе которых проектируется необходимая технологическая оснастка и т. д .

Таким образом, в самой структуре процесса проектирования заложена целесообразность и необходимость комплексного подхода к его автоматизации, т. е. создания автоматизированных систем. При создании таких систем отпадает необходимость в неоднократном вводе исходной информации и выводе промежуточных результатов. Время проектирования при этом значительно сокращается по сравнению с суммарным временем проектирования отдельных этапов. Создание таких систем — дело недалекого будущего.

Разрабатываемые в настоящее время на многих предприятиях страны автоматизированные системы управления промышленными объектами охватывают различные области работ по управлению предприятием, начиная от автоматизации локальных технологических процессов и кончая управлением производственной деятельностью всего завода. Они представляют собой сложный комплекс подсистем. Одной из основных подсистем АСУП является автоматизированная система технологической подготовки производства (АС ТПП).

Требования сокращения трудоемкости и длительности процесса ТПП выдвинули на передний план задачи его совершенствования. В настоящее время все большее внимание уделяется внедрению типовых и групповых технологических процессов, унификации технологической оснастки и инструмента, специализации производства, внедрению прогрессивной технологии изготовления оснастки и т. п. Одним из путей совершенствования ТПП является применение различных методов ускоренного проектирования технологических процессов и оснастки, в том числе технологическое проектирование с использованием средств вычислительной техники.

Разнообразие работ, выполняемых в процессе технологической подготовки производства, их трудоемкость, участие в процессе ТПП различных служб и подразделений предприятия затрудняют его планирование и практически не позволяют достичь оптимального варианта плана технологической подготовки при использовании традиционных методов.

На передовых предприятиях находят все более широкое применение методы сетевого планирования ТПП. Весь комплекс работ ТПП представляется в форме сетевого графика, при составлении

которого учитываются звенья комплекса. График позволяет сделать вывод о том, какие работы нужно выполнять сначала, какие позже, какие можно вести параллельно, а какие — нельзя.

Любой проект состоит из множества работ (в качестве объекта производства может выступать какое-то изделие, комплекс технологической оснастки для его изготовления, отдельный штамп и т. п.). Графическое изображение их в виде ориентированного связного графа без циклов, имеющего одну начальную и одну конечную вершину, на котором будут отображены все взаимозависимости между отдельными этапами (операциями, событиями), и будет являться сетью работ проекта ТПП.

Начальная вершина графа соответствует началу работ, конечная — окончанию. Каждой внутренней вершине графа ставится в соответствие некоторое событие (например, окончание проектирования техпроцесса изготовления отдельной детали). Затем для каждой работы назначаются временные оценки длительности ее выполнения. На графике длительности работы по отдельным операциям всего комплекса ТПП характеризуются ориентированными ребрами графа, связывающими каждое предыдущее событие с последующим. Самый продолжительный путь, ведущий от начального события сети к конечному (он называется *критическим*), определит наименьшее время, необходимое для завершения работ всего комплекса ТПП. Анализ подобного графика позволяет установить как наиболее раннее возможное время начала каждой работы, так и наиболее позднее допустимое время ее окончания. При этом возможность установления резервов времени каждой работы (этапа) обеспечивает определение важнейшего участка работ, т. е. тех работ, у которых резервы времени минимальны. Они либо уже находятся на критическом пути, либо грозят попасть на него в ближайшее время.

Вычисления, связанные с расчетом сетевого плана-графика ТПП, весьма трудоемки. Они еще более усложняются при внедрении на предприятиях автоматизированных систем технологической подготовки производства. Одна из отличительных черт АС ТПП — комплексное решение на ЭВМ задач технологического проектирования. При этом очевидно, что ручной способ вычислений будет менее желательным по мере того, как усложняется сетевой график и возрастает число работ в сети, т. е. объективно должен существовать такой объем, когда становится оправданным использование ЭВМ. Существующий некоторый опыт такого планирования и имеющиеся источники указывают, что подобная точка соответствует таким планируемым проектам (ТПП), которые содержат от 100 до 500 работ. В общем случае есть смысл использовать ручные методы вычислений только для сетей «одноразового» планирования.

11.3. Автоматизация проектирования технологии горячей штамповки

Задача автоматизации проектирования технологических процессов изготовления деталей сводится к моделированию на ЭВМ деятельности инженера-технолога по разработке технологической до-

кументации. В свою очередь задачей моделирования является построение машинного алгоритма (программы) для ЭВМ, реализация которого обеспечит получение нужного комплекта документации. Построение машинного алгоритма требует формализации всех этапов проектирования технологии.

Использование вычислительной техники выдвигает ряд специфических требований к технологическим рекомендациям: они должны быть четкими, математически строгими и представлены в виде формул, таблиц, в них необходимо отчетливое разграничение применения различных методов расчета, причем все качественные показатели, которыми оперирует инженер-технолог, должны иметь строгую количественную оценку.

В кузнечных цехах ежедневно штампуются сотни тысяч деталей. При проектировании технологии их штамповки стремятся к минимуму материальных и трудовых затрат. Таким образом, в реальных процессах обычно бывают заложены многолетний опыт технологов и результаты различных заводских экспериментов. Если обобщить с помощью методов математической статистики доработанные в цехе технологические процессы, полученные зависимости в полной мере отразят возможности кузнечно-штамповочного производства и вскроют закономерности, присущие этим процессам.

Проектирование технологии штамповки и конструирование штампов на заводах представляют собой процесс преобразования технологом и конструктором исходной информации (конструкторский чертеж детали, технические условия, марка стали, количество поковок в партии, состав оборудования в цехе и т. п.) в выходную (чертеж поковки, технологическая карта процесса штамповки, чертежи ковочных и обрезных штампов и пр.).

В автоматизированной системе проектирования работа по преобразованию исходной информации в выходную осуществляется на ЭВМ без участия специалистов по кузнечно-штамповочному производству. В разработанных системах проектирования для деталей типа тел вращения (удельный вес в общей номенклатуре заводов 30—60%) исходная (оперативная) информация о детали переносится с чертежа на кодировочный бланк. При этом геометрический образ детали задается координатами вершины контура, охватывающего половину осевого сечения детали, в декартовой системе координат при обходе последнего по часовой стрелке [20]. За начало обхода может быть принята любая точка контура. Система кодирования выбирается такой, что ось ординат является осью вращения детали, а рассматриваемый контур располагается в первом квадранте, т. е. все координаты точек контура положительны. Информация о дугах скругления задается их радиусами.

Такая система кодирования позволяет передать в ЭВМ чертеж детали типа тел вращения с любой формой контура. Расчет координат при кодировании по заданным на чертеже размерам детали не требует больших затрат времени. Разработанные с учетом этой системы кодирования алгоритмы для ЭВМ дают возможность распознать образ и решать все вопросы, связанные с преобразованием

таблицы координат чертежа детали в таблицу координат чертежа поковки и штампа (назначение припусков, напусков, расчет объема и массы детали и т. п.). Для поковок произвольной формы разработана система кодирования, где выделены типовые элементы. Для них приводятся таблицы размеров, снимаемых непосредственно с чертежа поковки.

Использование в качестве алгоритмов статистических зависимостей, отражающих реальную взаимосвязь между рядом технологических параметров процесса штамповки, может дать в лучшем случае лишь тот технико-экономический уровень проектирования, который был достигнут на передовых предприятиях. Более глубокий учет закономерностей технологического процесса горячей штамповки с целью его оптимизации может быть осуществлен при помощи математико-экономической модели, которая позволяет вскрыть резервы производства и отыскать оптимальный вариант процесса. При этом качественный экономический анализ может быть заменен количественным, что необходимо для перехода на машинный способ проектирования.

Математико-экономическая модель представляется в виде системы уравнений, связывающих технологические параметры и экономические показатели процесса. Так, частной моделью такого рода для горячей штамповки на молотах и прессах должна быть система уравнений, связывающих размеры мостика облойной канавки, характеристики формы и размеров поковки и исходной заготовки, расход металла с облоем, стойкость штампов, нормы времени на штамповку и резку, стоимость изготовления штампа и поковки, себестоимость продукции и т. д.

Изменение одного параметра ведет к изменению других, что отражается на экономических показателях процесса. Так, например, уменьшение толщины мостика облойной канавки и увеличение его ширины значительно снижают расход металла с облоем, но при этом резко возрастают усилия в последней стадии штамповки, что ведет к повышению числа ударов молота (времени, затрачиваемого на изготовление поковки), снижению стойкости штампа и повышению доли его стоимости в себестоимости поковки и т. д. Использование математико-экономической модели позволяет найти оптимальный с точки зрения себестоимости вариант процесса в результате варьирования его параметров [21].

Каждая из подсистем обеспечивает выбор лучшего варианта штамповки на данном типе оборудования. Однако ряд поковок можно изготавливать как на ПШМ, так и на КГШП и ГКМ. Разрабатываемая в настоящее время комплексная программа позволит не только выбрать рациональный технический процесс штамповки осесимметричных деталей на каждом из указанных типов оборудования, но и указать, на каком из них изготовление поковок будет предпочтительнее.

Поковки типа тел вращения, хотя и составляют большую часть номенклатуры всех штампуемых поковок, все же не охватывают всего многообразия их форм. Другая многочисленная группа —

поковки с удлиненной осью. Вместе с осесимметричными они охватывают примерно 90% всех поковок. Однако процесс проектирования несимметричных поковок значительно сложней. В настоящее время получены только первые результаты: разработана программа для ЭВМ, позволяющая рассчитывать эпюру диаметров и выбирать типы заготовительных ручьев. Тем самым автоматизирована наиболее трудоемкая часть расчетов при проектировании техпроцессов штамповки.

Не менее трудоемкой частью технологической подготовки производства является выбор рационального варианта совокупности технологических процессов штамповки с учетом равномерной загрузки имеющегося в цехе оборудования. При решении этой задачи на ЭВМ необходимо учитывать такие факторы, как тип и массу поковки, трудоемкость и себестоимость ее изготовления, имеющееся в цехе оборудование, действительный фонд времени его работы и мощность, номенклатуру и программу поковок, стойкость штампов, оптимальную величину партии, возможность изготовления данной поковки на оборудовании одного типа, но разной мощности или на оборудовании разного типа и др.

Целью оптимизации в этом случае является такое распределение поковок между имеющимся в цехе оборудованием, которое обеспечит его равномерную загрузку при условии, что производственная программа для заданной партии поковок будет выполнена в указанный календарный срок с наименьшими в условиях данного производства затратами.

11.4. Основные принципы автоматизированной подсистемы технологической подготовки листоштамповочного производства

Использование универсальных ЭВМ в сфере технологической подготовки листоштамповочного производства позволяет значительно сократить сроки проектирования технологических процессов и оснащения, снизить себестоимость, а в отдельных случаях и значительно улучшить качество проектирования. Наибольший экономический эффект от использования вычислительной техники в проектировании достигается при создании автоматизированных систем, т. е. при комплексной автоматизации процессов технологического и конструкторского проектирования.

В настоящее время разрабатывается автоматизированная подсистема технологической подготовки штамповочного производства (АПС ТПШП), которая войдет в автоматизированную систему технической подготовки производства.

В состав АПС ТПШП входит несколько самостоятельных частей, каждую из которых можно рассматривать как подсистему второго ранга. Каждая из подсистем второго ранга (геометр, раскрой, технолог, штамп, документ) может разрабатываться, внедряться и стыковаться с АСУП автономно (рис. 11.2).

В подсистемах второго ранга решаются задачи преобразования геометрической информации о детали, определения схемы раскроя

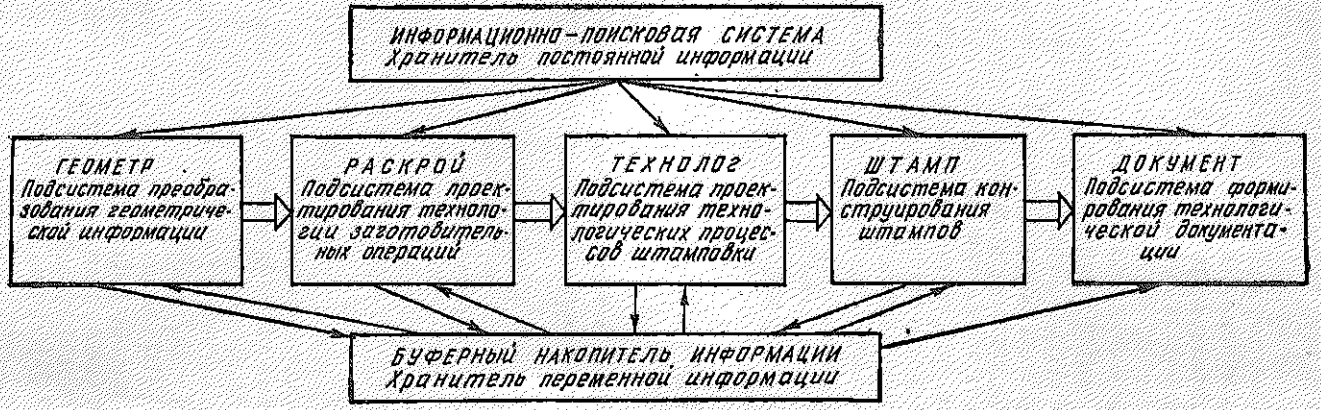


Рис. 11.2. Принципиальная схема автоматизированной подсистемы проектирования технологической подготовки штамповочного производства

полосы, технологического проектирования заготовительных операций и операций штамповки, конструирования разделительных, гибочных и вытяжных штампов, формирования технологической документации. Структурный состав программного комплекса АПС ТПШП позволяет осуществлять с помощью ЭВМ различные виды технологического проектирования, выполняемые в настоящее время разными службами предприятия. В связи с тем что методика подготовки и кодирования исходных данных для всей АПС ТПШП и для каждой из ее внутренних подсистем однотипна, становится возможным выполнение вышеуказанных работ в одном месте (например, в группе отдела АС ТПП, занимающейся вопросами технологического проектирования).

Автоматизированная подсистема технологической подготовки штамповочного производства снабжается информационно-поисковой системой, которая является хранителем условно-постоянной информации, и буферным накопителем информации (БНИ), служащим для хранения переменной информации в процессе работы АПС ТПШП. Накопитель переменной информации, который содержит исходную информацию подсистемы и результаты отдельных этапов проектирования, обеспечивает совместное функционирование подсистем низших рангов в общей системе проектирования и их информационную стыковку.

Автоматизация проектирования технологии и штампов листовой штамповки основывается на типизации методов и объектов проектирования. Автоматизированное конструирование штампов ведется на основе базового набора типовых конструкций, проектирование технологических процессов — на основе типовых операций и типовых технологических схем изготовления листовых деталей. Поэтому необходимым условием для успешной разработки и внедрения автоматизированных методов проектирования является типизация и унификация штамповой оснастки и широкая типизация технологических процессов на базе классификации листоштампованных деталей и установления строгих регламентаций применяемости типовых технологических операций и переходов обработки.

Блок проектирования технологических процессов холодной листовой штамповки (блок ТЕХНОЛОГ) включает в себя программы определения всех параметров технологического процесса штамповки и подготовки данных для проектирования штамповой оснастки.

Внешними устройствами блока ДОКУМЕНТ выдается следующая документация: карта технологического процесса изготовления штампуемой детали; приложения к технологической карте (чертеж штампуемой детали, чертежи пооперационных переходов, схема раскроя полосы при штамповке и схема раскроя листа на полосы); техническое задание на конструирование штамповой оснастки.

Техническое задание на конструирование оснастки передается также в блок ШТАМП, для которого оно служит исходной информацией. Кроме того, в блоки ШТАМП и ИЗГОТОВЛЕНИЕ передаются массивы кодированных сведений о детали, пооперационных переходах и заготовке, а также структурное описание ее кон-

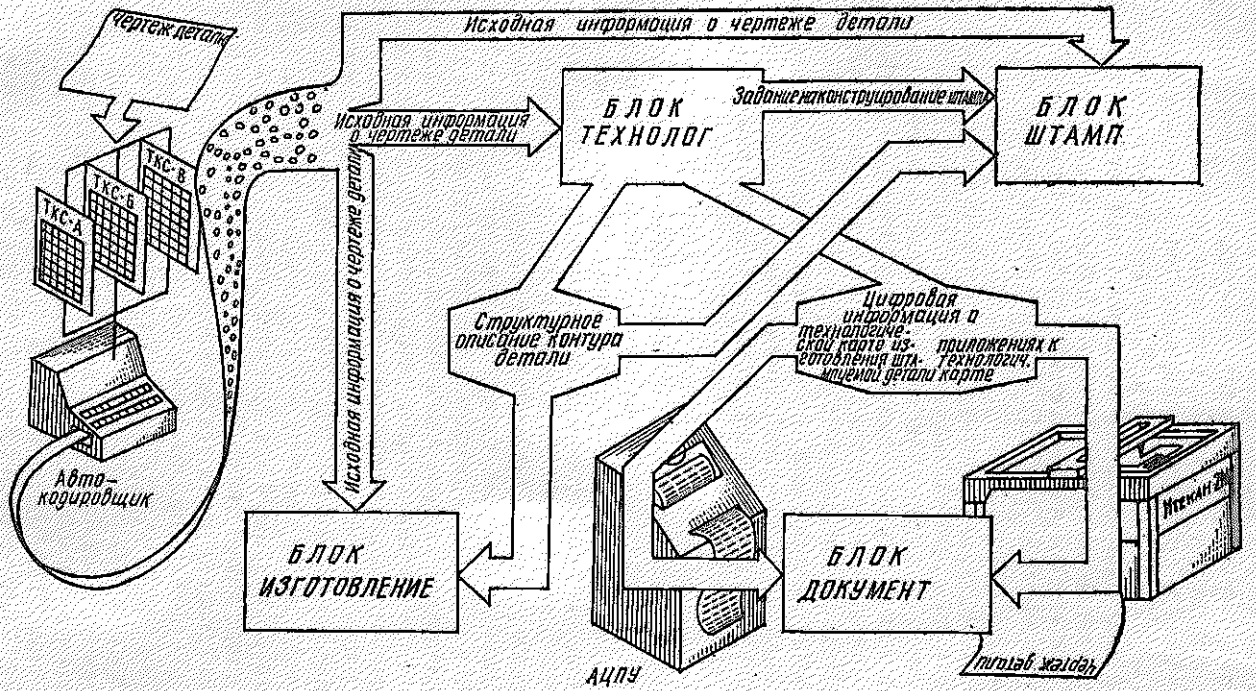


Рис. 11.3. Схема потоков входной и выходной информации блока ТЕХНОЛОГ

фигурации. Схема потоков входной и выходной информации блока ТЕХНОЛОГ в АПС ТПШП приведена на рис. 11.3.

Формирование базового набора типовых конструкций штампов непосредственно предшествует разработке алгоритмов проектирования и является первым этапом создания подсистемы ШТАМП. Все переменные сведения, которые необходимо определить при проектировании штампа на конкретную штампуемую деталь, получают на ЭВМ в процессе реализации программ проектирования (рис. 11.4).

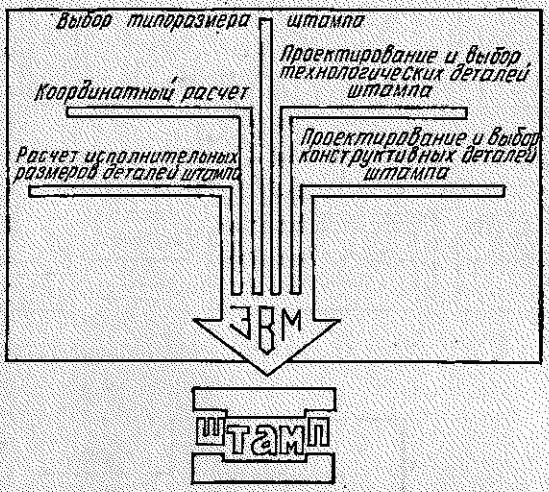


Рис. 11.4. Схема автоматизированной подсистемы проектирования штампов

Совокупность алгоритмов проектирования штампов должна обеспечивать полное и однозначное определение всех этих сведений на основании информации о штампуемой детали, представленной в цифровой или буквенно-цифровой форме в таблице кодированных сведений (ТКС).

Результаты автоматизированного проектирования штампов могут быть представлены либо в буквенно-цифровом виде, используемом для ручной доработки бланк-чертежей, либо в виде программы вычерчивания чертежей штампа на чертежно-графическом автомате (рис. 11.5).

Поскольку вся информация о спроектированных штампах представлена в ЭВМ в цифровом виде, открываются реальные перспективы применения станков с цифровым программным управлением для изготовления штамповой оснастки, что создает предпосылки для централизации не только проектирования, но и изготовления штампов.

На рис. 11.6 представлена схема комплекса технических средств автоматизированной системы проектирования, который предусмат-

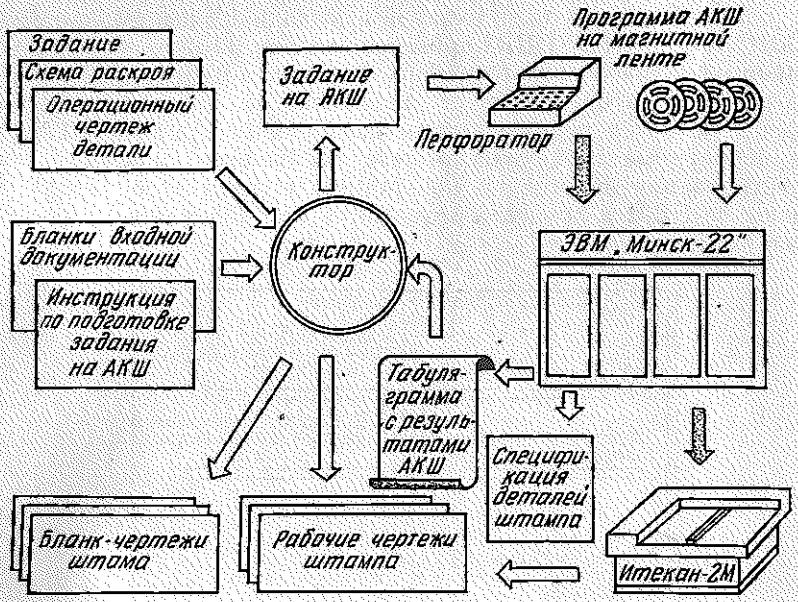


Рис. 11.5. Технология автоматизированного проектирования

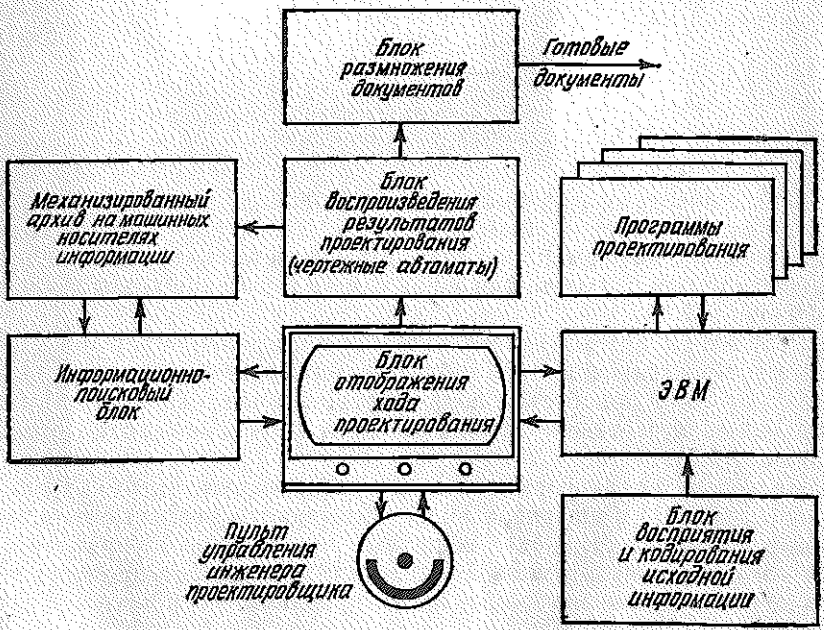


Рис. 11.6. Схема комплекса технических средств автоматизированной системы проектирования

ривает как автоматическое функционирование некоторых подсистем, так и работу их в режиме человек — машина.

Все вышеописанные локальные подсистемы являются составной частью автоматизированной системы технологической подготовки производства и предназначены для решения основных задач технологического проектирования и получения исходной информации, а также автоматизированной ее передачи в АСУ предприятия.

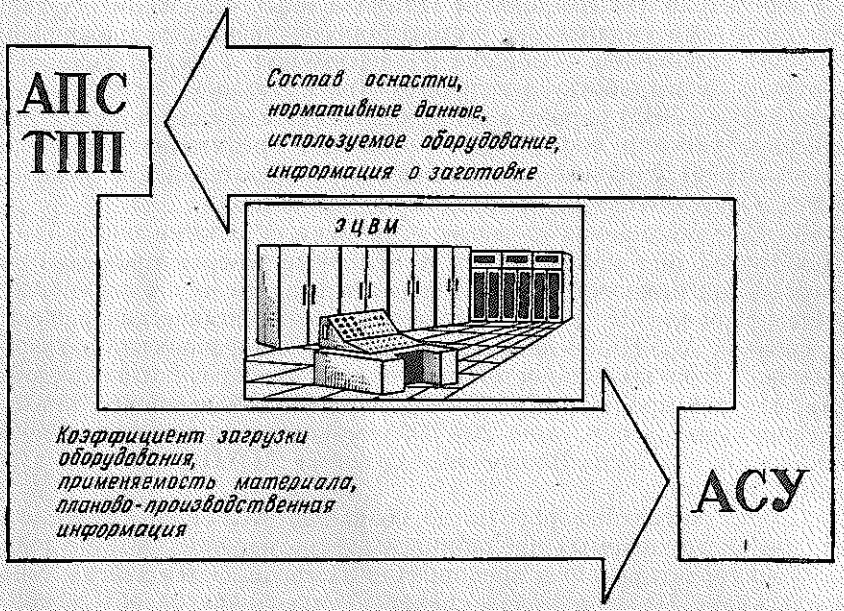


Рис. 11.7. Стыковка подсистемы проектирования (АПС ТПП) и АСУ

Состыковать АПС ТПП и АСУ — значит создать такие информационные потоки между этими подсистемами, которые обеспечат автоматическую совместную их работу (рис. 11.7).

Основным источником сведений для функционирования АСУ является информация, вырабатываемая в процессе проектирования технологической документации. Ввод ее в ЭВМ при ручном способе разработки документов осуществляется путем перфорации последних. Это процесс длительный и трудоемкий. Автоматизированный способ получения документов дает возможность готовить и передавать информацию из АПС ТПП в АСУ без вмешательства человека. Совместное функционирование АПС ТПП и АСУ делает использование вычислительной техники на предприятии особенно эффективным.

11.5. Особенности проектирования АСУ кузнечно-штамповочным производством

Разработка и внедрение автоматизированных систем управления предприятиями (АСУП) является одним из главных путей повышения эффективности производства.

АСУП представляет собой организационно-технический комплекс, обеспечивающий организацию управления промышленным производством на базе всемерного использования ЭВМ и экономико-математических методов (ЭММ) и включающий в ограниченной степени выработку и принятие установленных человеком решений. Экономико-математические методы обеспечивают две важнейшие стороны управления — обработку информации с целью анализа и контроля и выработку наилучших (оптимальных) управляющих воздействий. ЭВМ наряду с непосредственным осуществлением процессов обработки информации позволяют организовать хранение (накопление) справочно-статистических показателей для решения задач планирования и управления производством.

За счет повышения качества и времени обработки информации АСУП позволяет мобилизовать те наличные резервы производства, которые оказываются вне деятельности традиционно сложившихся систем управления. Оптимизация планово-экономических решений в условиях АСУП обеспечивает повышение коэффициента загрузки производственных мощностей или соответствующее увеличение объема выпуска продукции на 7—8%, сокращение величины запасов материальных ресурсов на 20—30, уменьшение сроков выполнения заказов на 30—35%. Вложения в создание АСУП окупаются в течение трех лет.

Подготовительные работы по созданию АСУП на строящихся или реконструируемых предприятиях тесно переплетаются с работами по проектированию предприятия и определяются действующей инструкцией [1]. Она подчеркивает и узаконивает необходимость проектирования предприятий с учетом основных требований по научной организации труда и управления производством и указаний по проектированию автоматизированных систем управления.

На Минском тракторном заводе в 1966—1970 гг. разработана и внедрена первая очередь автоматизированной системы управления предприятием (АСУ-МТЗ), которая охватывает общезаводское (межцеховое) управление и управление в цехах основного производства [22].

В комплекс технических средств первой очереди АСУ-МТЗ (рис. 11.8) входят две ЭВМ «Минск-22», расположенные в ИВЦ завода, и периферийное оборудование, установленное в цехах.

Техническое обеспечение подсистемы управления кузнечным корпусом включает установки АРП-1М, Ввод-1М и коммутатор оперативной связи КОС-22М, размещенные на пункте сбора информации. В цеховых службах смонтированы табло вывоза служб (Т-50). Рабочие места мастеров и контролеров оснащены периферийными устройствами ввода данных (ПУ). На основном оборудовании (прессы, пресс-ножницы, дисковые пилы) смонтированы устройства

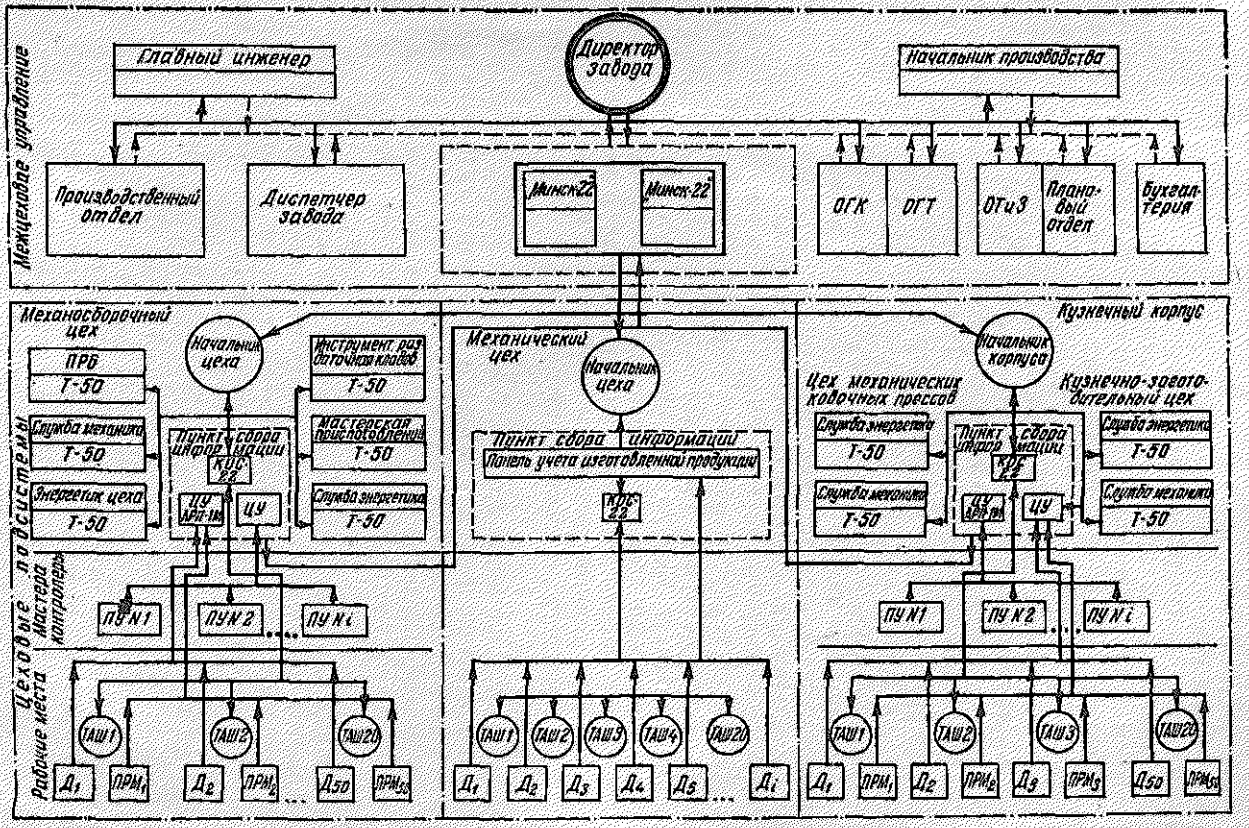


Рис. 11.8. Схема комплекса технических средств первой очереди АСУ-МТЗ

счета продукции (УСП), подключенные к установке АРП-1М. Рабочие места оборудованы пультами рабочего места (ПРМ) и антишумовыми телефонами.

Автоматизированный регистратор производства АРП-1М предназначен для централизованного сбора, передачи и регистрации информации в цехах предприятий крупносерийного и массового производства. Он обеспечивает учет выпуска продукции и простоев оборудования, вызывную сигнализацию, формирование промежуточного носителя информации (перфоленты) и телефонную связь. Количество рабочих мест, обслуживаемых установкой, около 50.

Учет простоев оборудования в установке АРП-1М производится по каждому рабочему месту отдельно по семи фиксированным причинам. Данные о выпуске и простоях в течение смены накапливаются в оперативном запоминающем устройстве (ОЗУ). По команде информация может выводиться на печать и перфоленту, причем сведения о выпуске продукции выводятся по команде, а о простое — автоматически. Из ОЗУ на перфоленту может выводиться цифровая информация, набираемая вручную на клавишном пульте диспетчера, вручную вводятся также корректировки.

Автоматизированный регистратор производства построен как циклическая система с поочередной обработкой всех включенных в нее объектов контроля. Раз в секунду происходит поочередный опрос рабочих мест. Синхронно с ним идет обращение к зоне ОЗУ, закрепленной за данным рабочим местом, и подключение соответствующей ему ячейки в табло служб. Информация вводится в систему с УСП и пультов рабочих мест. Сигналы простоя, вызова и ремонта по магистрали связи поступают в ЦУ и параллельно в табло служб.

Установка дистанционного сбора первичной информации Ввод-1М предназначена для сбора и полуавтоматического ввода сведений непосредственно в местах их возникновения с помощью специальных носителей записи и наборных устройств с накоплением этих данных на перфоленте. Возможен их ввод в ЭВМ непосредственно или с помощью аппаратуры передачи данных по каналам связи. Область применения — цехи и участки промышленных предприятий с дискретным характером производства. Помимо центрального устройства (типа ЦУ-1М), в состав установки входит периферийное устройство ввода типа В-30 (до 20 шт.) и прочее оборудование.

Центральное устройство установки Ввод-1М служит для связи с периферийными вводными устройствами (ПВУ), имеющими подготовленную к передаче информацию, определяет очередность подключения ПВУ при одновременной готовности к передаче двух и более устройств, проверяет достоверность поступающей с ПВУ информации, согласует работу ПВУ с ленточным перфоратором или каналом связи с ЭВМ, формирует служебные знаки, необходимые для ввода информации в ЭВМ.

Периферийные устройства ввода информации типа В-30 обеспечивают ввод как постоянной информации с помощью носителей

записи (перфокарты, жетона, наборной кассеты), так и переменной — с помощью клавиатуры ручного набора. Периферийные устройства следует устанавливать вблизи точек возникновения информации. В цехах с дискретным характером выпуска продукции такими точками могут являться: рабочее место мастера, контролера; места передачи изделий из подразделения в подразделение; склады, кладовые и т. п.

Устройства счета продукции (УСП) работают либо по принципу фиксации явления, связанного с технологическим процессом изготовления детали, либо на фиксации самой детали в момент транспортировки. Достоверность счета обеспечивается тем, что, помимо основного явления, фиксируется также факт работы оборудования, а в тех случаях, когда этого сделать нельзя, вводится выдержка времени, равная длительности процесса изготовления детали.

Перечень основных задач, реализованных в АСУ-МТЗ, многообразен. Мы ограничимся только анализом некоторых вопросов, решаемых в подсистеме управления кузнечным корпусом.

В кузнечно-заготовительных цехах учет хода производства ведется по операции «Порезка (штамповка)». Решение задачи позволяет получить следующую информацию: состояние выполнения плана по номенклатуре по всем наименованиям заготовок с привязкой к группам оборудования и указанием отклонений; выполнение плана по объемным показателям с указанием отклонений и разбивки по мастерам и участкам за сутки и с начала месяца; полный баланс движения деталей по всей их номенклатуре.

Задача решается один раз в сутки и информационно связана с задачами «Оперативно-календарное планирование» и «Учет брака» для кузнечно-заготовительных цехов. Вся оперативная информация, необходимая для решения задачи, собирается с помощью устройства АРП-1М и Ввод-1М и выводится на перфоленту, которая передается на ИВЦ завода. Результаты решения задачи распечатываются в специальных табуляграммах и заносятся на магнитные ленты для использования в последующих решениях этой и других задач.

Задача «Учет хода производства в кузнечно-заготовительных цехах» отличается от аналогичной в кузнечно-штамповочных тем, что является унифицированной и пригодной для решения в любом из цехов кузнечного корпуса.

Результатом ее решения являются следующие документы: суточный рапорт по изготовлению и сдаче; сводка о работе цеха по номенклатуре; сводка выполнения плана по объемным показателям.

На рис. 11.9 представлена технология обработки информации на ЭВМ при составлении табуляграммы сводки о работе цеха по номенклатуре. Табуляграмма составляется для заместителя начальника цеха (корпуса) по производству и начальника планово-распределительного бюро. В ней содержится информация о работе цеха по всей номенклатуре деталей, включенной в план цеха на текущий месяц. Табуляграмма, выполненная за последнее число месяца, является отчетным документом за месяц.

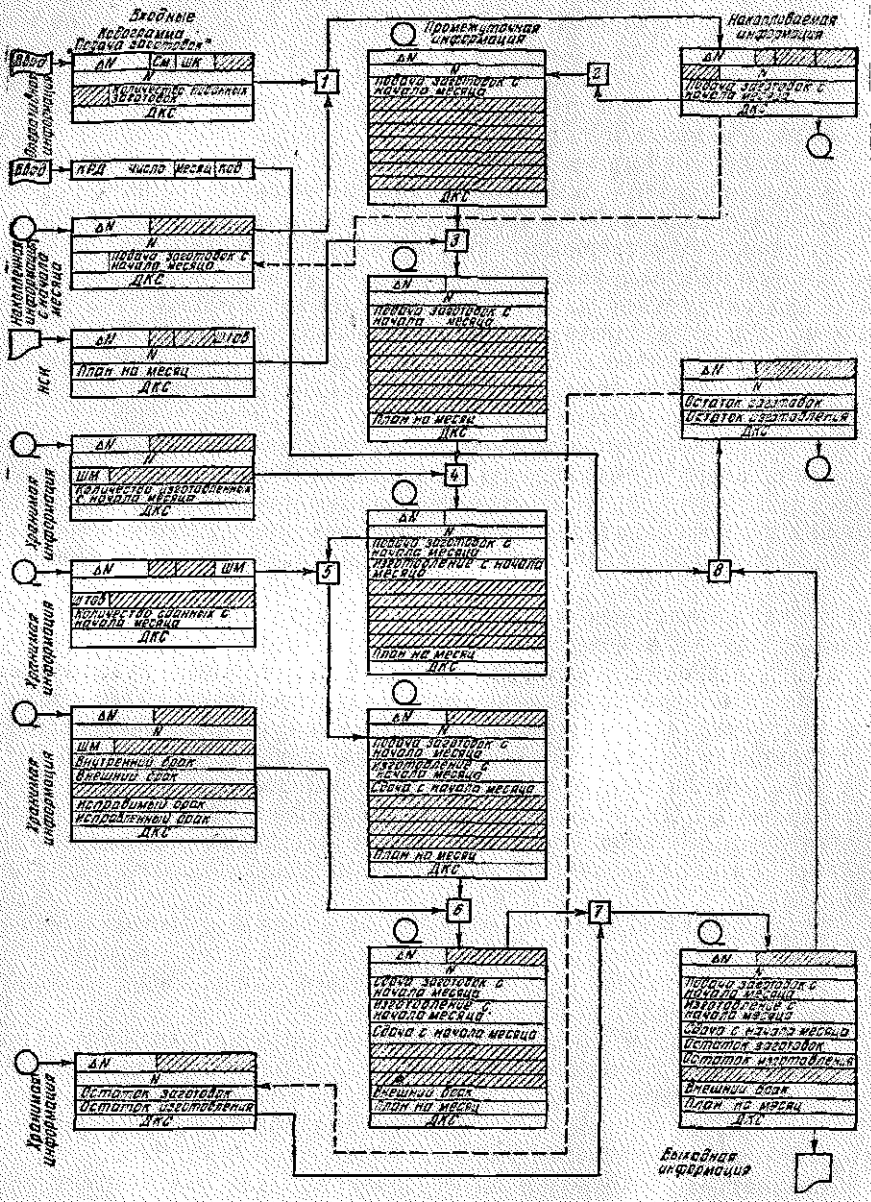


Рис. 11.9. Технология решения задачи «Учет хода производства в кузнечно-заготовительных цехах АСУ-МТЗ»

На схеме информация описана с помощью массивов, применяемых в программах обработки данных на ЭВМ «Минск-22». Форма массива изображена прямоугольником, разбитым на столько ячеек, сколько используется для хранения указанного массива на магнитной ленте в МОЗУ. Если в одной ячейке хранится несколько реквизитов, то на схеме эта ячейка разбита на реквизиты. Для каждого массива указан тип носителя, на котором он находится или с которого формируется (для оперативных или нормативно-справочных массивов). Внутри символа перфоленты указан тип установки, с помощью которой она подготовлена, внутри символа читаемого человеком документа — шифр этого документа (нормативно-справочного, результирующего или оперативного). Для входных и выходных массивов изображение формата массива и символ типа носителя соединены стрелкой, указывающей направление потока данных. Процесс обработки данных на схеме разбит на отдельные шаги, каждый из которых реализуется с помощью своей программы, представленной квадратиком (символом). Последовательность выполнения программ указывается их нумерацией внутри символов: 1 — накапливается массив подачи заготовок с начала месяца; 2 — расширяется накопленный массив для выходного массива табуляграммы; 3 — добавляется план изготовления по данной детали в результирующий массив программы 2; 4 — к массиву, полученному в программе 3, добавляется план изготовления по данной детали с начала месяца; 5 — к массиву, полученному в программе 4, добавляется сдача с начала месяца по каждой детали; 6 — добавляется информация о количестве забракованных с начала месяца деталей в результирующий массив программы 5; 7 — к результирующему массиву программы 6 добавляется информация об остатках заготовок и остатках изготовления на первое число отчитываемого месяца. В итоге получается выходной массив для табуляграммы; 8 — в последний день месяца рассчитывается массив остатков по заготовкам и изготовлению.

Такими же унифицированными задачами, пригодными для решения в любом из цехов кузнечного корпуса, являются задачи учета простоя оборудования и учета брака в кузнечно-заготовительных цехах. Все эти задачи информационно связаны с задачей «Учет хода производства».

Учет хода производства в кузнечно-штамповочных цехах ведется по операции «Штамповка». Вся оперативная информация, необходимая для решения задачи, собирается с помощью устройств системы АРП и «Ввод» и выводится на соответствующие перфоленты в виде кодограмм. Кроме того, используется ряд справочных данных, хранимых в памяти ЭВМ. Результатом решения задачи является суточный график по штамповке и сдаче, а также сводки о работе цеха по номенклатуре и выполнении плана по объемным показателям.

Решение задачи «Учет простоев оборудования в кузнечно-штамповочных цехах» позволяет получить информацию о простоях по каждой единице оборудования за сутки с разбивкой по сменам и

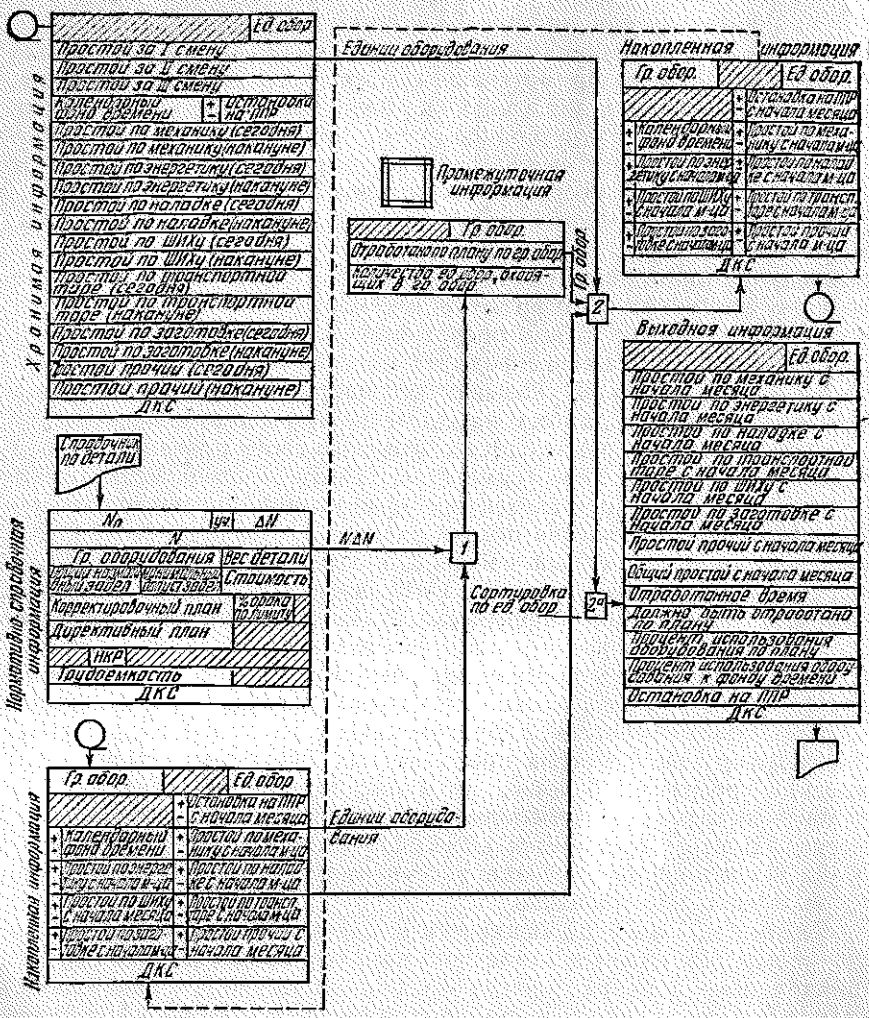


Рис. 11.10. Технология решения задачи «Учет простоев оборудования в кузнечно-штамповочных цехах АСУ-МТЗ»

причинам, а также суммарную величину простоев по цеху всех единиц оборудования по каждой из причин за сутки и с начала месяца.

Результатом решения этой задачи, информационно связанной с задачей «Учет хода производства», являются сводки о простоях оборудования за сутки и о работе оборудования с начала месяца.

Табуляграмма содержит информацию о простоях оборудования с начала месяца по семи причинам, а также проценты использования оборудования по планово-предупредительному ремонту. Состав-

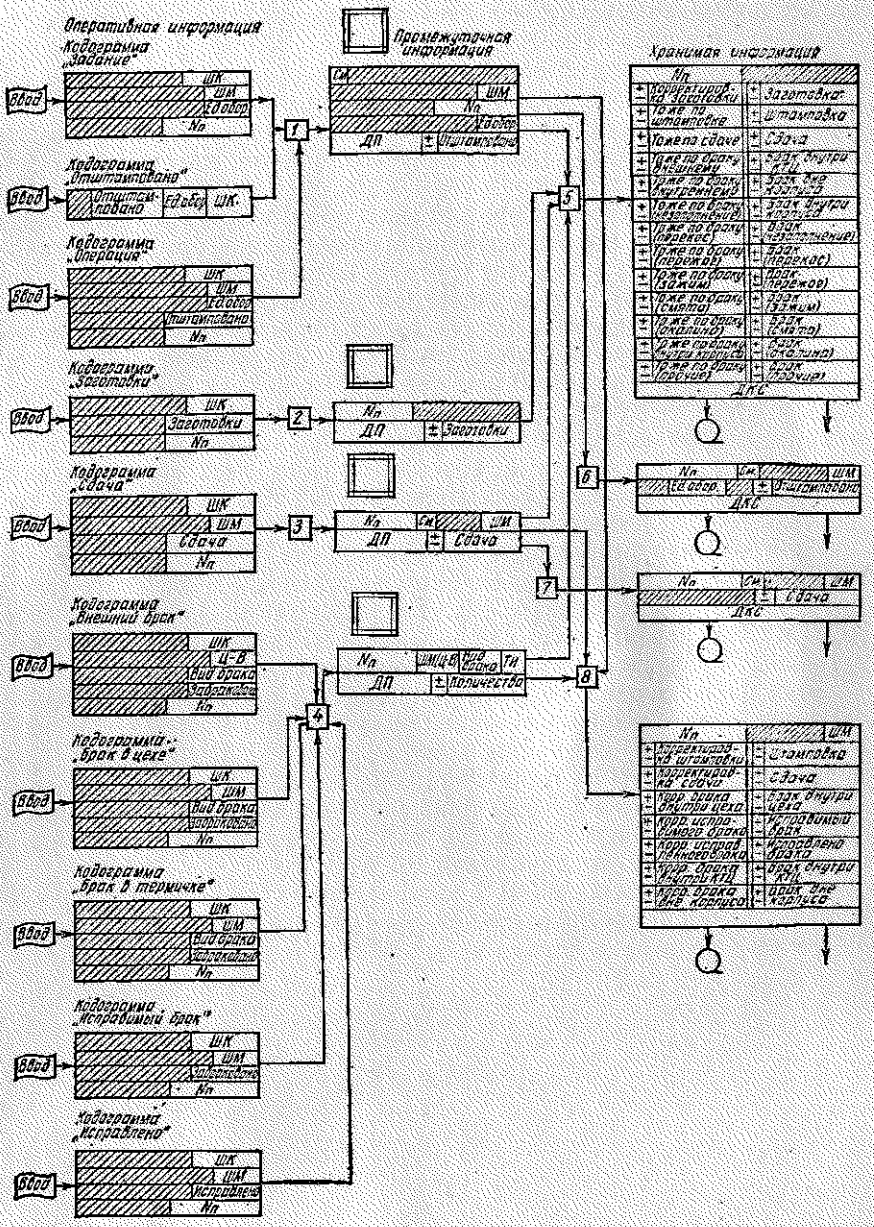


Рис. 11.11. Технология обработки информации при решении задачи «Учет брака в кузнечно-штамповочных цехах АСУ-МТЗ»

ляется она для начальника цеха, заместителя начальника по технической части, руководителей цеховых служб. Табуляграмма за последнее число месяца является итоговым документом о работе оборудования цеха за месяц. Технология обработки информации на ЭВМ при решении этой задачи представлена на рис. 11.10.

С помощью программы 1 на основании нормативно-справочной информации по деталям и накопленной информации по оборудованию происходит формирование промежуточного массива. На основании этого массива, оперативной и накопленной информации по оборудованию с помощью программы 2 производится расчет выходной информации и корректировка накопленной информации по оборудованию. Затем происходит сортировка выходной информации по единице оборудования с помощью программы 2а.

В результате решения задачи «Учет брака в кузнечно-штамповочных цехах» персонал цеха получает информацию о браке по всем забракованным деталям (в тоннаже) с начала месяца по каждому мастеру и участку (с отклонением фактического брака от лимита) и о количестве забракованных деталей каждого наименования по номенклатуре цеха с разбивкой по семи видам брака. Технология обработки информации на ЭВМ при решении этой задачи представлена на рис. 11.11.

Программная реализация вышеуказанных задач требует создания объемного и достаточно мощного внутреннего и внешнего математического обеспечения АСУП. Так, математическое обеспечение АСУ-МТЗ включает около 230 рабочих и 55 стандартных и вспомогательных программ (примерно 350 тыс. команд).

Внедрение первой очереди АСУ-МТЗ позволило значительно улучшить технико-экономические показатели завода. Так, при увеличении объема реализованной продукции с 1966 (начало внедрения системы) по 1970 г. на 21% себестоимость основной модели трактора снизилась на 5,6%, прибыль увеличилась на 59,4, рентабельность производства возросла на 30, коэффициент ритмичности выпуска продукции увеличился на 3,2%.

Решение с помощью ЭВМ инженерно-технических и планово-учетных задач позволило предотвратить рост численности управленческого персонала завода за указанный период на 500 человек.

Раздел V. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ ПРОЕКТА

Глава 12. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ ПРОЕКТА КУЗНЕЧНО-ШТАМПОВОЧНЫХ ЦЕХОВ

12.1. Определение основных средств и суммы всех затрат на строительство цеха

В соответствии с «Инструкцией по разработке проектов и смет для промышленного строительства» [1] в технико-экономической части проекта должны быть обоснованы:

1) основные исходные данные и результаты технико-экономических расчетов эффективности и целесообразности строительства предприятия (цехи, корпуса);

2) источники и способы обеспечения цехов исходным сырьем и основными материалами, топливом и энергией;

3) вопросы кооперирования проектируемых цехов с другими предприятиями;

4) потребность в основных рабочих кадрах и ИТР и данные об источниках обеспечения этой потребности;

5) капитальные вложения и основные фонды (цехи, корпуса);

6) основные технико-экономические показатели (уровень механизации и автоматизации производства, производительность труда, стоимость и себестоимость продукции, срок окупаемости, удельные капитальные вложения и т. д.) и их сравнение с аналогичными показателями передовых отечественных и зарубежных предприятий (цехов, корпусов);

7) потребность в научно-исследовательских и опытно-конструкторских работах, возникающая в связи со строительством цеха или корпуса;

8) потребность в строительстве жилых и культурно-бытовых зданий в связи со строительством цеха или корпуса.

Экономическая часть является результирующей частью проекта, в которой на основании расчетов устанавливаются размеры затрат, необходимые для строительства цеха, выявляется эффективность этих затрат и даются окончательные выводы о технико-экономической целесообразности и эффективности спроектированного цеха.

В экономической части проекта цеха разрабатываются следующие вопросы:

1) определение основных средств и суммы всех затрат на строительство проектируемого цеха;

2) определение эксплуатационных затрат для проектируемого цеха: а) на основные и вспомогательные материалы, возобновляемый инструмент, топливо и все виды энергии; б) годового фонда

заработной платы; в) цеховых (накладных) расходов, включая амортизационные отчисления;

3) составление сметы производства и определение себестоимости продукции;

4) вывод технико-экономических показателей;

5) общая оценка технико-экономической эффективности спроектированного цеха.

Основные средства (основные производственные фонды) состоят из трех групп: а) здания и сооружения; б) производственное и вспомогательное оборудование, инструмент и приспособления; в) производственный и хозяйственный инвентарь.

В стоимость зданий и сооружений включаются затраты на передаточные устройства (электросеть, теплосеть, трубопроводы и т. д.), на устройство фундаментов под оборудование, туннелей и т. п. Стоимость вновь строящихся зданий и сооружений определяется по сметным нормам и по единичным расценкам на строительные работы. Для укрупненных расчетов стоимость зданий подсчитывают по показателям затрат на 1 м^3 здания. Для кузнечных, кузнечно-штамповочных и прессовых цехов стоимость 1 м^3 производственного здания (включая затраты на санитарно-технические устройства и на сети промышленных проводок) зависит от его объема.

В сметной стоимости цеха по статье «Спецсооружения» должна быть учтена стоимость индивидуальных фундаментов под молоты, прессы и другое оборудование.

Габаритные размеры фундаментов в плане определяются по данным каталогов, типовым нормам габаритных размеров фундаментов или по паспорту оборудования. Глубина заложения фундаментов определяется качеством грунтов и должна быть согласована с проектантами строительной части.

Стоимость фундаментов определяют как произведение его объема на удельную стоимость изготовления 1 м^3, которая зависит от характера фундамента (железобетонный, бетонный). Примерные данные по габаритным размерам и расходу материалов для фундаментов под молоты, прессы приведены в соответствующих таблицах [2].

В кузнечных, кузнечно-штамповочных и прессовых цехах применяется производственное, вспомогательное, подъемно-транспортное и энергетическое оборудование. Стоимость оборудования, на которое в техническом (техно-рабочем) проекте имеются спецификации, определяется по оптовым ценам промышленности, введенным в действие с 1 июля 1967 г., или по оптовым ценам, установленным Госкомитетом цен при Госплане СССР, госкомитетами цен при госпланах союзных республик или министерствами и ведомствами СССР, а при отсутствии таких цен — по калькуляциям заводов-поставщиков с учетом транспортных и заготовительно-складских расходов, наценок снабженческим и комплектующим организациям [1].

В стоимость оборудования должны быть включены расходы на монтаж, упаковку, транспортировку и накладные расходы. Эти рас-

ходы при укрупненных расчетах определяются в процентном отношении к стоимости оборудования: на монтаж технологического оборудования — 2,5, подъемно-транспортного — 8,5, на упаковку, транспорт и накладные расходы — 4—4,5% [3, 4].

Инструмент и приспособления (технологическая оснастка производства) включают совокупность всех видов инструмента (режущего, мерительного, вспомогательного), приспособлений, штампов, пресс-форм, предназначенных для оснащения технологических процессов в цехах машиностроительных заводов.

В сметно-финансовом расчете при строительстве нового цеха учитывается стоимость комплекта технологической оснастки (одного комплекта штампов и инструментов), необходимой для первоначального оснащения производства.

При этом в сметно-финансовом расчете учитывается та часть оснастки, которая служит не менее года (независимо от стоимости), или стоимость которой не ниже 50 руб. за единицу (независимо от срока службы). Быстро изнашивающуюся и малоценную оснастку относят к оборотным средствам.

Стоимость технологической оснастки начального фонда при укрупненном проектировании принимают в процентном отношении к стоимости оборудования. Величина его зависит от вида производства, рода машиностроения и т. д. Для автомобилестроения она равна 9—12%, в серийном производстве общего машиностроения — 10—15, а в поточно-массовом — 15—20%.

Если в проектируемом цехе применяются сложные и дорогие виды оснастки (штампы в кузнечно-штамповочных и прессовых цехах), то составляют укрупненную спецификацию этой оснастки по группам, близким по сложности и габаритам. Стоимость оснастки определяется исходя из средней стоимости представителя группы.

К производственному инвентарю относятся предметы, предназначенные для выполнения производственных операций (верстаки, шкафы для инструмента), для охраны труда (например, ограждения машин) или для укладки и хранения материалов в процессе производства (баки, тары, стеллажи, резервуары). Для укладки и хранения материалов в кузнечно-штамповочных и прессовых цехах используют инвентарную (универсальную и специальную оборотную и мерную) тару, которая предназначается для временного хранения заготовок, полуфабрикатов и изделий и для их перевозки.

К хозяйственному инвентарю относят конторскую мебель, вешалки, гардеробы, пишущие машины и аппараты, противопожарное оборудование, техническую библиотеку и т. д.

Производственный и хозяйственный инвентарь в проектах указывается в ценностном выражении по нормативам, действующим на момент разработки технического проекта.

Стоимость производственного инвентаря принимается в размере 25 руб. на каждого производственного рабочего в наибольшую смену. Стоимость хозяйственного инвентаря подсчитывается из расчета 10 руб. на одного рабочего наибольшей смены (включая производ-

ственных и вспомогательных) и 35—40 руб. на одного служащего (включая инженерно-технических и счетно-конторских работников).

Общая сумма всех затрат на строительство проектируемого цеха определяется сметно-финансовым расчетом. Сводный сметно-финансовый расчет проектируемого цеха составляется на основе сметно-финансовых расчетов на здание и сооружения цеха, оборудование и его монтаж, фундаменты под оборудование и т. д.

Смета на строительство является основным и неизменным документом на весь период строительства, на основе которого осуществляется планирование вложений, финансирование строительства и расчеты между подрядчиком и заказчиком за выполненные работы.

Сметы на строительство цеха должны до утверждения предварительно согласовываться с подрядными строительно-монтажными организациями и приниматься ими до начала строительства.

12.2. Определение величины затрат на основные и вспомогательные материалы, возобновляемый инструмент, топливо и все виды энергии

Основные материалы. К основным материалам, потребляемым кузнечными, кузнечно-штамповочными и прессовыми цехами, относятся слитки, горячекатаный прокат, проволока, лента холодного проката, листовая холодно- и горячекатаная сталь, трубы, цветной прокат и т. д.

Правильное определение расхода основных материалов на технологические нужды в техническом проекте цеха имеет важное значение, так как в себестоимости продукции они имеют большой удельный вес.

Годовая потребность в основных материалах зависит от количества выпускаемых изделий (программы цеха). Стоимость основных материалов, необходимых для выполнения годовой производственной программы цеха, определяют на основании ведомостей их расхода. Стоимость материалов определяется по прейскурантам оптовых отпускных цен с учетом транспортных расходов, которая ориентировочно составляет 4—5% стоимости материала.

Следует учитывать возврат части затрат за отходы. Отходы оцениваются по цене лома, если сдаются в качестве вторичного сырья, или по полной цене исходного материала, если используются в качестве кондиционного.

Вспомогательные материалы. Это смазочные и обтирочные материалы, огнеупоры для ремонта нагревательных установок, масло для термической обработки поковок, материалы для текущего ремонта оборудования и т. д. Вспомогательные материалы в проекте, как правило, не специфицируются. Потребность в них определяется исходя из практически установленных норм расхода на единицу производственного оборудования, на единицу выпуска продукции, на одного рабочего и т. д. Стоимость вспомогательных материалов принимается по ценам снабжающих организаций. При укрупненных расчетах стоимость их принимают в процентном отношении от стои-

мости основных материалов примерно в размере 1,5—2% в зависимости от характера производства.

Определение стоимости основных и вспомогательных материалов и энергии производится на основании их годовых расходов.

Энергия и топливо. Определение потребности в топливе и всех видах энергии приведено в гл. 6 данного пособия.

Затраты на электроэнергию, которая расходуется в течение года, составляют:

$$S_э = S_к Q_э,$$

где $S_к$ — стоимость 1 кВт·ч электроэнергии, руб.;

$Q_э$ — годовая потребность в электроэнергии, кВт·ч.

Ориентировочная стоимость 1 кВт·ч основной энергии — 1,0—1,5 коп., для освещения — 4 коп.

Затраты на сжатый воздух для работы паровоздушных молотов и прессов в год составляют:

$$S_{сж} = S_м Q_в,$$

где $S_м$ — стоимость 1 м³ сжатого воздуха, руб.;

$Q_в$ — годовая потребность в сжатом воздухе, м³.

Стоимость 1 м³ сжатого воздуха — 0,25 коп.

Затраты на воду (охлаждение штампов и арматуры, водяные завесы у нагревательных печей, гидроочистка заготовок от окалины, вода для бытовых нужд и т. д.) в течение года равны:

$$S_в = S_к Q_{вод},$$

где $S_к$ — стоимость 1 м³ воды;

$Q_{вод}$ — годовая потребность в воде, м³.

Стоимость 1 м³ воды — 4—7 коп.

Затраты на пар для работы паровоздушных молотов и паро-гидравлических прессов, отопления, вентиляции за год рассчитывают по формуле

$$S_п = S_с Q_п,$$

где $S_с$ — стоимость 1 т пара, руб.;

$Q_п$ — годовая потребность в паре, т.

Стоимость 1 т пара принимается в соответствии с заводской калькуляцией. При укрупненных расчетах она может быть принята 1,0—1,5 руб.

Затраты на технологическое топливо, потребляемое за год,

$$S_т = S_н Q_т,$$

где $S_н$ — стоимость 1 т или 1 м³ топлива, руб.;

$Q_т$ — годовая потребность в топливе, т, м³.

Стоимость единицы энергоносителя для различных районов страны берется по прейскурантам. При укрупненных расчетах стоимость 1 м³ природного газа может быть принята 0,019 руб., если расчетная калорийность его — 8200—1000 кал/м³.

12.3. Определение годового фонда заработной платы

Годовой фонд заработной платы проектируемого цеха состоит из основной заработной платы производственных и вспомогательных рабочих, инженерно-технических работников (ИТР), счетно-конторского персонала (СКП), младшего обслуживающего персонала (МОП) и дополнительной заработной платы и начислений рабочим, ИТР, СКП и МОП.

Годовой фонд основной заработной платы S_0 производственных рабочих при сдельной системе оплаты труда подсчитывается по следующей формуле:

$$S_0 = S_1 R \Phi_р K_{доп},$$

где S_1 — часовая тарифная ставка 1-го разряда, руб.;
R — количество рабочих, приведенных к 1-му разряду;
$\Phi_р$ — действительный годовой фонд времени работы рабочего, ч;
$K_{доп}$ — коэффициент, учитывающий доплаты сверх тарифной ставки, входящие в фонд основной заработной платы рабочих: $K_{доп} = 1 - 1{,}2$.

Количество рабочих, приведенных к 1-му разряду, определяется как сумма произведений рабочих данного разряда на тарифный коэффициент этого разряда. Количество рабочих и их разряд берутся из расчетных ведомостей рабочего состава, подсчитанного на основании технологических карт. Часовая тарифная ставка производственных рабочих 1-го разряда должна приниматься по действующей на заводе тарифной сетке.

В дополнительную заработную плату производственных рабочих входят: оплата очередных и дополнительных отпусков; доплаты за работу в ночное время; оплата за выполнение государственных и общественных обязанностей; сверхурочных часов работы; перерывов для кормящих матерей; простоев; оплата за обучение учеников; доплата бригадирам, не освобожденным от работы; доплата по прогрессивно-сдельной системе и т. д.

Для производственных рабочих кузнечных, кузнечно-штамповочных и прессовых цехов, работающих по сдельной системе оплаты труда, дополнительная заработная плата составляет 10% основной. Процент доплат распределяется по отдельным видам примерно следующим образом: оплата отпусков — 4—5%, за сверхурочные часы работы и простои — 1,5—2, прочие доплаты — 1,5—3%.

Начисления на заработную плату в фонд социального страхования определяются в процентах всего годового фонда заработной платы от суммы основной и дополнительной заработной платы. Для машиностроения процент начисления на заработную плату установлен в размере 7,7%.

Доплата и начисления на основную и дополнительную плату производственных рабочих входят в состав цеховых накладных расходов.

Годовой фонд основной заработной платы производственных рабочих при повременной и повременно-премиальной системах опла-

ты труда (например, на автоматических линиях) определяется по формуле

$$S_{оп} = S_1 R \Phi_о K_{доп} K_п,$$

где $\Phi_о$ — действительный годовой фонд времени работы машины или автоматической линии на программу;

$K_п$ — коэффициент, учитывающий плановый процент доплаты по премированию.

Годовой фонд заработной платы вспомогательных рабочих подсчитывается по их количеству исходя из месячных ставок заработной платы или повременной оплаты по определенному разряду. При укрупненном методе проектирования он может быть подсчитан по формуле [3]

$$S_{всп} = S_{ср} R \Phi_р K_{доп},$$

где $S_{ср}$ — часовая тарифная ставка среднего по цеху разряда вспомогательных рабочих;

$K_{доп}$ — коэффициент, учитывающий дополнительную заработную плату.

В кузнечных, кузнечно-штамповочных и прессовых цехах средним по цеху разрядом вспомогательных рабочих является 4-й.

Дополнительная заработная плата вспомогательных рабочих этих цехов составляет 10% их основного фонда. Начисления на заработную плату составляют тот же процент, что и для производственных рабочих, от суммы основной и дополнительной заработной платы.

Годовой фонд заработной платы ИТР, СКП и МОП определяется исходя из месячных ставок заработной платы и количества работающих по каждой штатной должности.

Дополнительная заработная плата принимается в процентах от основной заработной платы и составляет для ИТР 15—18, для СКП и МОП — 10—12%. Начисления на заработную плату для ИТР, СКП и МОП составляют 7,7% суммы основной и дополнительной заработной платы. Заработная плата ИТР, СКП и МОП, вспомогательных рабочих, доплаты и начисления на сумму основной и дополнительной их заработной платы входят в состав цеховых накладных расходов.

12.4. Определение цеховых накладных расходов

Структура цеховых накладных расходов состоит из нескольких статей, денежное выражение которых определяется по действительным затратам различными способами. Затраты на отдельные статьи цеховых накладных расходов колеблются иногда в широких пределах для различных отраслей машиностроения.

Состав и определение цеховых расходов для кузнечных, кузнечно-штамповочных и прессовых цехов приведены в табл. 12.1. Эти данные являются средними, поэтому при проектировании цехов ими можно пользоваться как ориентировочными. Исчисление статей

Табл. 12.1. *Состав цеховых накладных расходов и определение их по каждой статье* [12]

Наименование статей расходов	Общие суммы, тыс. руб.	Обоснование расчета
Расходы, связанные с работой оборудования		
Энергия для производственных целей		0,011 руб. (кВт·ч)
Затраты на природный газ для производственных целей		0,019 руб/м³
Затраты на сжатый воздух для производственных целей		0,0025 руб/м³
Затраты на пар для производственных целей		1,0—1,5 руб/т
Затраты на воду для производственных целей		0,04—0,07 руб/м³
Вспомогательные материалы		По нормам расхода на 1 станок или на 1 рабочего и ценам на 1 единицу или в процентах от стоимости основных материалов (1,5—2,0%)
Содержание оборудования		В процентах от стоимости оборудования (примерно 0,5—1,0%)
Текущий ремонт оборудования		В процентах от балансовой стоимости оборудования, (примерно 4,5—5,0%)
Текущий ремонт приспособлений и ценного инструмента		В процентах от стоимости, (примерно 5%)
Плата за присоединенную к сети суммарную мощность электродвигателей		10 руб/кВт, по прейскуранту № 09-01
Амортизационные отчисления на оборудование (при работе в две смены):		В процентах от балансовой стоимости оборудования, включающей затраты на монтаж и транспортирование
а) мелкие и средние прессы для обработки металлов (прессы механические и гидравлические, автоматы, ножницы и правильно-гибочные машины и т. д.)		12,1% балансовой стоимости оборудования
б) крупные (прессы механические и гидравлические, автоматы, ножницы и правильно-гибочные машины) массой свыше 30 т		8,6% балансовой стоимости оборудования
в) молоты, ковочные машины		11,5% балансовой стоимости оборудования
г) мостовые электрические краны		8,8% балансовой стоимости кранов
д) металлорежущие станки		16,5% балансовой стоимости оборудования

Продолжение

Наименование статей расходов	Общие суммы, тыс. руб.	Обоснование расчета
е) транспортеры		20,8% балансовой стоимости транспортеров
ж) дробеметные установки		16,5% балансовой стоимости установок
з) инструмент и приспособления		15,5% балансовой стоимости инструмента
и) печи для нагрева		15% балансовой стоимости печей
к) устройства для термообработки		12,5% балансовой стоимости устройств
Содержание, ремонт и возобновление малоценного инструмента и приспособлений		10—15 руб. в год на одного производственного рабочего
Общецеховые расходы		
Дополнительная заработная плата производственных рабочих		10% годового фонда основной заработной платы этих рабочих
Начисления на основную и дополнительную заработную плату производственных рабочих		7,7% суммы основной и дополнительной заработной платы этих рабочих
Основная заработная плата вспомогательных рабочих		Исходя из месячных ставок заработной платы
Дополнительная заработная плата вспомогательных рабочих		10% годового фонда основной заработной платы этих рабочих
Начисления на основную и дополнительную плату вспомогательных рабочих		7,7% суммы основной и дополнительной заработной платы этих рабочих
Основная заработная плата:		Исходя из месячных ставок заработной платы
инженерно-технических работников (ИТР)		
счетно-конторского персонала (СКП)		
младшего обслуживающего персонала		
Дополнительная заработная плата		В процентах от основной заработной платы в среднем
ИТР		15—18
СКП		10—12
МОП		10—12
Начисления на основную и дополнительную заработную плату ИТР, СКП и МОП		7,7% суммы основной и дополнительной заработной платы ИТР, СКП и МОП
Содержание зданий и сооружений:		
электроэнергия для освещения		0,04 руб/кВт·ч

Окончание

Наименование статей расходов	Общие суммы, тыс. руб.	Обоснование расчета
пар для отопления		1—1,5 руб/т
вода на бытовые нужды		0,04 руб/м³
материалы и прочие расходы		3% стоимости зданий и сооружений
Амортизационные отчисления:		В процентах от балансовой стоимости
зданий и сооружений		2,5—3,1% (в зависимости от конструкции здания)
инвентаря (производственного и хозяйственного)		12,7% его стоимости
Текущий ремонт зданий и сооружений		Примерно 2% балансовой стоимости зданий и сооружений
Содержание ремонта и возобновление инвентаря		В процентах от его стоимости (примерно 6—8%)
Рационализация и изобретательство		20 руб. на 1 работающего
Охрана труда		10—20 руб. на 1 работающего
Оплата командировок, почтово-телеграфные расходы, канцелярские принадлежности и т. п.		30—35 руб. на 1 инженерно-технического и счетно-конторского работника
Прочие неучтенные расходы		5% суммы всех цеховых расходов
Всего цеховых расходов		
Основная заработная плата производственных рабочих		
Процент цеховых расходов от основной заработной платы производственных рабочих		

расхода должно производиться по данным года, в котором проектируется цех.

Сумма цеховых накладных расходов в год сопоставляется с общей суммой годовой основной заработной платы производственных рабочих и выражается в процентах от этой заработной платы (см. табл. 12.1). Для кузнечных, кузнечно-штамповочных и прессовых цехов накладные расходы составляют 600—1000%.

12.5. Составление сметы производства и определение себестоимости продукции

Цеховая смета заданного количества выпуска продукции состоит из суммы прямых и накладных (косвенных) расходов.

К прямым затратам относятся затраты на основные материалы, технологическое топливо, электроэнергию, штампы, инструмент и основная заработная плата производственных рабочих.

Цеховая себестоимость одного изделия (1 комплекта, 1 т) получается в результате деления общей суммы всех производственных затрат на количество выпускаемых в год изделий (комплектов, тонн готовых деталей).

Заводская себестоимость одного изделия (1 комплекта изделий, 1 т изделий) складывается из цеховой себестоимости и общезаводских накладных расходов, приходящихся на одно изделие (1 комплект изделий, 1 т изделий).

Общезаводские накладные расходы включают затраты на содержание аппарата заводоуправления, общезаводских лабораторий и зданий, сооружений, противопожарной и вахтерной охраны и составляют примерно 90% основного фонда заработной платы производственных рабочих.

12.6. Технико-экономические показатели цеха

Для установления экономической целесообразности разработанного проекта цеха необходимо иметь комплекс числовых данных, характеризующих его экономику, который называют *технико-экономическими показателями.*

Технико-экономические показатели различны для разных отраслей промышленности и делятся на две группы: абсолютные (основные данные) и относительные (удельные).

Основные данные — это показатели, характеризующие производственную мощность цеха. В их состав входят:

1) программа — годовой выпуск продукции в штуках или комплектах деталей на изделие. Для цехов, в которых продукция учитывается по массе, выпуск указывается только в тоннах. Отдельно показывается основная программа и общая (с запасными частями);

2) количество всего и производственного оборудования цеха, в том числе кузнечного (для кузнечных цехов) или прессового (для цехов холодной штамповки);

3) количество автоматизированного, специального оборудования, автоматических и механизированных линий;

4) состав работающих и их численность по группам (производственные рабочие, вспомогательные, ИТР, служащие, младший обслуживающий персонал);

5) общая развернутая площадь цеха без служебно-бытовых помещений, в том числе производственная и вспомогательная;

6) количество и максимальная грузоподъемность мостовых кранов и кран-балок;

7) установленная мощность электродвигателей производственного, вспомогательного и подъемно-транспортного оборудования. Отдельно указывается установленная мощность электродвигателей на устройства для плавки, сварки, термообработки металлов и другие электронагревательные установки.

Относительные показатели в отличие от основных данных являются удельными величинами, характеризующими использование

мощности цеха. Эти показатели получают в результате деления одних данных на другие. Например, если годовой выпуск поковок в год составляет 40 000 т, а общая площадь цеха 10 000 м², то выпуск на 1 м² общей площади будет составлять 4 т/м².

Относительные показатели дают возможность судить о качестве выполненного проекта. Их сопоставляют с показателями аналогичных запроектированных или действующих цехов передовых отечественных предприятий. Для реконструируемых цехов основные технико-экономические показатели сопоставляются до и после их реконструкции.

Относительные показатели, полученные в результате рационально спроектированных цехов и проверенные на опыте их работы, могут быть использованы в качестве норм при проектировании цехов машиностроительных предприятий. Необходимо, чтобы в последующих проектах относительные показатели улучшались. Это может быть достигнуто внедрением прогрессивной технологии, установкой современного высокопроизводительного оборудования, повышением уровня механизации и автоматизации, увеличением производительности труда, снижением трудоемкости и т. п.

Номенклатура относительных показателей обширна. Она необходима для подробного анализа экономической эффективности вновь спроектированного предприятия. В эталоне значительно сокращена номенклатура относительных показателей. Оставлены только основные.

1. Станкоемкость в станко-часах на 1 шт. или 1 т готовой продукции. Этот показатель характеризует станкоемкость изделия по времени технологического процесса, т. е. затрату времени в станко-часах на изготовление 1 шт. или 1 т продукции.

2. Трудоемкость в человеко-часах на 1 шт. или на 1 т готовой продукции.

3. Выпуск в год на одного рабочего и на одного работающего в штуках изделий или в тоннах. Этот показатель характеризует производительность труда.

4. Коэффициент сменности рабочих. Он определяется делением общего списочного количества рабочих на количество рабочих в наибольшей многочисленной (обычно первой) смене и колеблется от 1 (для одной смены) до 3 (для трех полных смен) и составляет не более 2,7—2,8. Коэффициент сменности является важным показателем использования основных средств и производственной мощности.

5. Выпуск в год на 1 м² общей площади цеха в штуках изделий или в тоннах.

Высокие показатели выпуска с 1 м² производственной площади еще не означают рационального использования всей площади цеха, если в цехе имеется лишняя вспомогательная площадь. Поэтому при анализе степени эффективности использования площади цеха используется показатель выпуска продукции с 1 м² общей площади цеха.

6. Выпуск в год на единицу производственного оборудования в

штуках изделий или в тоннах. Этот показатель характеризует использование оборудования выпуском продукции, выраженной в штуках или тоннах готовой продукции.

7. Общая площадь на единицу производственного оборудования. Этот показатель дает представление об использовании площади для расположения оборудования и рабочих мест и о санитарно-гигиенических условиях.

8. Энерговооруженность одного рабочего в наибольшую смену. Средняя установленная мощность электродвигателей производственного оборудования на одного рабочего в наибольшую по численности смену — основной показатель энерговооруженности труда.

9. Установленная мощность электродвигателей на единицу производственного оборудования. Определяется делением суммы мощностей электродвигателей, установленных на производственном оборудовании, на число единиц установленного производственного оборудования.

10. Себестоимость 1 шт. или 1 т изделий.

12.7. Основные показатели экономической эффективности цеха

Основными показателями экономической эффективности являются: 1) себестоимость и отпускная цена единицы продукции; 2) рентабельность цеха; 3) стоимость капиталовложений и срок их окупаемости; 4) объем фондоотдачи); 5) годовой экономический эффект.

Отпускная цена поковок и штамповок определяется путем увеличения их себестоимости на нормативный коэффициент рентабельности, который устанавливается для каждой отрасли промышленности по видам продукции. Для станкостроения он составляет 15%.

Отпускная цена поковок и штамповок $Ц$ определяется по формуле

$$Ц = C + MC = C(1 + M),$$

где C — себестоимость поковок, штамповок;

M — нормативный коэффициент рентабельности.

Рентабельность цеха $Э_{рф}$ характеризует степень прибыльности и является относительным показателем эффективности основных $Ф$ и оборотных $Ф_{об}$ фондов цеха:

$$Э_{рф} = \frac{Ц - C}{Ф + Ф_{об}} \cdot 100\%.$$

Показатель фондоотдачи $C_ф$ характеризует степень использования всей совокупности основных производственных фондов цеха и рассчитывается как $C_ф = C/Ф$.

Этот показатель имеет большое значение для текущего и перспективного планирования, выявления резервов производства, определения размеров капитальных вложений и т. д. Эффективность цеха можно считать оправданной, когда $C_ф \geqslant 1$.

В том случае, когда при проектировании нового цеха по сравнению с базовым снижается себестоимость продукции, а капитальные затраты на новый цех меньше или равны затратам на базовый, его эффективность определяется суммой экономии от снижения себестоимости продукции. Вопроса о сроке окупаемости капитальных вложений не возникает.

Если при проектировании нового цеха обеспечивается более низкая себестоимость по сравнению с базовым, но требуются более высокие капитальные вложения, возникает необходимость определения сроков окупаемости дополнительных капитальных вложений и коэффициентов сравнительной эффективности.

Срок окупаемости дополнительных капитальных вложений $O_р$ и коэффициент сравнительной экономической эффективности $E_р$ определяются сопоставлением экономии в результате снижения себестоимости продукции и разности капитальных вложений в сравниваемых вариантах производства:

$$O_р = \frac{K_2 - K_1}{C_1 - C_2} \text{ лет},$$

где K_2 — общие капитальные вложения по вновь проектируемому цеху;

K_1 — общие капитальные вложения по базовому цеху, приведенные к новому объему производства данных изделий (поковок, штамповок);

C_1 — себестоимость годового выпуска данных изделий (поковок, штамповок) по базовому цеху, приведенная к новому объему производства;

C_2 — себестоимость годового выпуска изделий (поковок, штамповок) по проекту нового цеха.

$$E_р = \frac{C_1 - C_2}{K_2 - K_1} \text{ руб/год} \cdot \text{руб}.$$

Срок окупаемости показывает период, в течение которого дополнительные капитальные вложения окупаются экономией по себестоимости продукции. Коэффициент эффективности показывает долю капитальных вложений, которая возмещается в течение года экономией от снижения себестоимости продукции.

Для определения экономической эффективности проектирования цехов установлен нормативный срок окупаемости $O_н$ дополнительных капиталовложений и нормативный коэффициент эффективности дополнительных вложений $E_н$.

Нормативный коэффициент экономической эффективности устанавливает относительную минимально допустимую величину годовой экономии на текущих затратах по отношению к дополнительным капитальным вложениям. Для машиностроительной промышленности $E_н = 0{,}2$.

Нормативный срок окупаемости определяет количество лет, в течение которых сумма дополнительных капитальных вложений долж-

на окупаться экономией на текущих затратах. Для машиностроительной промышленности он равен 3—5 годам.

При проектировании кузнечных, кузнечно-штамповочных и прессовых цехов практические значения показателей должны быть лучше соответствующих нормативных, т. е. $E_р \geqslant E_н$, а $O_р \leqslant O_н$. Заключительной частью расчетов экономической эффективности является определение годового экономического эффекта на основе сопоставления величины приведенных затрат.

Приведенные затраты представляют собой сумму себестоимости продукции и нормативных процентных отчислений от капиталовложений в основные и оборотные производственные фонды, соответствующие нормативному коэффициенту эффективности, в расчете на годовой объем выпускаемой продукции. Годовой экономический эффект определяется как разность между суммами приведенных затрат проектируемого и базового цехов

$$Э_2 = (C_1 + E_н K_1) - (C_2 + E_н K_2),$$

где $Э_2$ — годовой экономический эффект, или годовая экономия, руб/год.

Годовой экономический эффект при использовании удельных показателей себестоимости продукции и капитальных вложений определяют из выражения

$$Э_2 = [(C_1 + E_н K_{у_1}) - (C_2 + E_н K_{у_2})]\ П,$$

где C_1 и C_2 — соответственно себестоимость единицы продукции по базовому и проектируемому цехам, руб/год;

$K_{у_1}$ и $K_{у_2}$ — удельные капитальные вложения по базовому и проектируемому цехам, руб.;

$П$ — годовая программа цеха, т или шт.

1. Соотношение между массой падающих частей ковочного оборудования и массой поковки, сечением заготовки и развесом слитков * [2]

Тип оборудования	Масса падающих частей, т	Развес поковок, кг			Наибольшее сечение заготовки (диаметр или сторона квадрата), мм	Развес слитков, проковываемых на оборудовании, т	
		фасонных		гладких валов			
		средний	наибольший			средний	наибольший
Молоты ковочные пневматические	0,15	1,5	4,0	15,0	60	—	—
	0,25	2,5	8,0	35,0	75	—	—
	0,40	6,0	18,0	60,0	100	—	—
	0,75	12,0	40,0	140,0	135	—	—
	1,00	20,0	70,0	250,0	160	—	—
Молоты ковочные паровоздушные	1,00	20,0	70,0	250,0	160	—	—
	2,00	60,0	180,0	500,0	225	—	—
	3,15	100,0	320,0	750,0	275	1,0**	1,6**
	5,00	200,0	700,0	1500,0	400	1,6**	2,5**

* Для высоколегированной стали приведенные данные следует уменьшать на 15—30%.
** Для слитков из углеродистой стали на протяжных операциях.

2. Соотношение между усилием ковочного оборудования, сечением заготовки и развесом слитков* [2]

Тип оборудования	Усилие, тс	Наибольшее сечение заготовки (диаметр или сторона квадрата), мм	Развес слитков, проковываемых на оборудовании, т	
			средний	наибольший
Прессы ковочные гидравлические одностоечные	100	150	—	—
	200	220	—	—
	315	280	—	—
	400	330	—	—
	500	380	—	—
	630	425	—	—
Прессы ковочные гидравлические четырехколонные	800	—	2,0	5,5
	1250	—	5,0	12,0
	2000	—	14,0	28,0
	3200	—	30,0	55,0
	6300	—	80,0	120,0
	10000	—	160,0	250,0

* Для высоколегированной стали приведенные данные следует уменьшать на 15—30%.

3. Часовая производительность ковочных молотов [2]

Группа сложности поковок	Производительность (кг/ч) при массе падающих частей молота (т)							
	0,15	0,25	0,40	0,75	1,00	2,00	3,15	5,00
I	150	239	419	770	1050	1750	2450	3500
II	55	88	154	440	600	1000	1400	2000
III	42	68	119	308	420	700	980	1400
IV	35	56	98	264	360	600	840	1200
V	25	40	70	220	300	500	700	1000
VI	18	28	49	198	270	450	630	900
VII	15	24	42	182	248	414	580	825
VIII	13	20	35	132	180	300	420	600
IX	8	12	21	70	96	160	224	320

4. Часовая производительность гидравлических ковочных прессов [2]

Группа сложности поковок	Производительность (кг/ч) при усилии пресса (тс)					
	800	1250	2000	3200	6300	10000
I	2800	4200	5200	6600	9800	15000
II	1820	2730	3380	4290	6370	9750
III	1400	2100	2600	3300	4900	7500
IV	880	1320	1635	2075	3080	4720
V	490	720	910	1155	1715	2630

5. Коэффициент, учитывающий влияние размера партии поковок на производительность ковки [2]

Размер партии поковок, шт.	1—2	3—5	6—8	9—15	16—30	Свыше 30
k_1	0,8	0,85	0,9	1,0	1,2	1,3

6. Коэффициент, учитывающий влияние материала поковки на производительность ковки [2]

Группа материала	Характеристика группы стали и сплавов	Температурный интервал ковки, °С	k_2
I	Конструкционная углеродистая и легированная с содержанием углерода до 0,45%	До 450	1,0
II	Конструкционная углеродистая и легированная с содержанием углерода до 0,7%	Не более 400	0,91
III	Инструментальная, штамповая и некоторые марки легированной конструкционной	То же 350	0,87
IV	Легированная хромистая для изготовления подшипников качения и инструмента	Менее 350	0,84
V	Теплоустойчивая, жаропрочная, коррозионно-стойкая и сплавы, работающие в условиях повышенных температур при высоких удельных давлениях и в агрессивных средах	До 300	0,80
VI	Жаропрочная и коррозионно-стойкая и сплавы, работающие в условиях низких, повышенных и высоких температур в слабоагрессивных средах	До 280	0,74
VII	Жаропрочная, коррозионно-стойкая и сплавы, работающие в условиях повышенных и высоких температур и в агрессивных средах	До 200	0,5

7. Состав бригад, работающих на ковочных молотах [2]

Профессия	Масса падающих частей молотов, т				
	пневматических		паровоздушных		
	До 0,4	0,75—1,0	1,0—2,0	3,15	5,0
Кузнец	1	1	1	1	1
Помощник кузнеца	—	—	—	1	1
Подручный кузнеца	1	1	1	1	1
Машинист молота	1	1	1	1	1
Машинист ковочного манипулятора	—	1	1	1	1
Всего рабочих	3	4	4	5	5

8. Состав бригад, работающих на ковочных гидравлических прессах [2]

Профессия	Усилие пресса, тс								
	200	315	500	800	1250	2000	3200	5300	10000
Прессовщик	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Помощник прессовщика	—	1	1	1	1	1	1	1	1
Подручный прессовщика	1	1	1	1	1	2	2	3	3
Машинист пресса	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Машинист манипулятора:									
ковочного	1	1	1	1	1	1—2*	1—2*	1	—
инструментального	—	—	—	—	1	1	1	1	1
Крановщик ковочного крана	—	—	—	—	1	1	1	1	2
Всего рабочих	4	5	5	5	7	7—8*	7—8*	9	9

* По числу устанавливаемых у пресса ковочных манипуляторов.

9. Грузоподъемность основных средств механизации процессов ковки [2]

Ковочное оборудование	Масса падающих частей, т или усилие, тс	Грузоподъемность, т				
		шаржир-машин	манипуляторов		консольных поворотных ковочных кранов	поворотных столов стационарных или на тележках
			ковочных	инструментальных		
Молоты пневматические	0,15	—	—	—	—	—
	0,25	—	—	—	—	—
	0,40	—	0,1	—	—	—
	0,75	0,25—0,5	0,25—0,5	—	—	—
	1,0	0,5	0,5	—	—	—
Молоты паровоздушные	1	0,5	0,5	—	0,5	0,5
	2	1,0	1,0	—	1,0	1,0
	3,15	1,0—2,0	1,0—2,0	—	1,0—2,0	1,0—2,0
	5	2,0—3,0	2,0—3,0	—	2,0—3,0	2,0—3,0
Прессы гидравлические одностоечные	200	0,5—1,0	0,5—1,0	—	—	0,5—1,0
	315	1,0—2,0	1,0—2,0	—	—	1,0—2,0
	500	2,0—3,0	2,0—3,0	—	—	2,0—3,0
Прессы ковочные, гидравлические четырехколонные	800	5,0	5,0	0,25	—	5,0
	1250	10	10	0,5	—	10
	2000	—	10 и 20	0,5—1,0	—	20
	3150—3200	—	10 и 30	1,0	—	30
	6300	—	60—80	1,0—2,0	—	—
	10000	—	80—120	2,0	—	—

10. Коэффициент использования металла в кузнечных цехах [12]

№ п.п.	Способ изготовления поковок	Вид заготовки	Коэффициент использования
1	Ковка на молотах	Прокат	0,83—0,95
		Слитки	0,63—0,71
2	Ковка на прессах усилием		
	до 1000 тс	Слитки	0,67—0,80
	1000—3000 тс	Слитки	0,60—0,69
	свыше 3000 тс	Слитки	0,59—0,67
3	Ковка на молотах с применением подкладных штампов	Прокат	0,78—0,91
4	Штамповка на молотах с массой падающих частей	Прокат обычный	0,74—0,87
	до 3000 кг	Прокат периодический	0,80—0,91
	свыше 3000 кг	Прокат	0,77—0,91
5	Штамповка на ГКМ	Прокат	0,87—0,95
6	Смешанная штамповка	Прокат	0,82—0,93
7	Штамповка на КГШП	Прокат	0,87—0,93

11. Ориентировочные данные для выбора обрезных прессов

Номинальное усилие КГШП, тс	Масса падающих частей ПШМ, т	Номинальное усилие обрезного пресса, тс
1000—1600	1,0	160
2000—2500	1,6—3,15	250
3150—4000	4,0—6,3	400
5000—6300	6,3—10,0	630
8000—10000	10,0—12,5	1000
12000—15000	12,5—16,0	1600

12. Фонды времени работы печей для термообработки [4]

Печи	Число			Номинальный фонд времени, ч	Потери на ремонт от номинального фонда, %	Действительный фонд времени, ч
	рабочих дней в году	смен в сутки	часов работы в сутки по сменам			
Механизированные	305	2	7+7	4140	6	3890
		3	7+7+7	6490	10	5840
Механизированные с коротким циклом термообработки	305	2	7+7	4140	4	3975
		3	7+7+7	6210	6	5840
С непрерывным режимом работы	365	3	8+8+8	8760	11	7800

13. Численность бригады для обслуживания штамповочных агрегатов и линий [2]

Оборудование и единица измерения	Усилие, мощность или масса падающих частей	Численность бригады*	
		в агрегате	в линии
Кривошипные горячештамповочные и гидравлические прессы, тс	До 2000	3	6
	2500—3150	3—4	8
	4000—6300	5—6	12
	8000—12 000	6—8	16
	16 000—	8—10	20
Паровоздушные штамповочные молоты двойного действия, т	До 2	3	—
	3,15—5	4	—
	8—10	6—8	12
	12—16	8—10	16
	20—25	10—12	20
Молоты высокоскоростной штамповки, т	До 6,3	4	—
	16—25	5	—
	40—63	7	—
Горизонтально-ковочные машины, тс	До 1250	2	—
	2000—3150	3	—
Горизонтально-гибочные машины, тс	До 500	2	—
Фрикционные штамповочные прессы, тс	До 250	2	—
	400—630	3	—
	1000—2000	4	—
Гидровинтовые пресс-молоты, тс	До 1600	3	—
	2500—4000	4	—
	6300—10 000	6	—
Электровысадочные машины	—	1	—

* Меньшее значение принимается для штамповочных агрегатов, состоящих из нагревательной установки, штамповочной машины и обрезного пресса. Большие значения принимаются, когда в агрегат устанавливается дополнительное оборудование для подготовительных и правочных операций. Подобные вопросы решаются в каждом случае отдельно.

14. Численность бригады для обслуживания штамповочных автоматов и автоматических линий* [2]

Оборудование	Усилие машины, тс	Численность бригады	
		в агрегате	в линии
Вертикальные многопозиционные автоматы	До 2000	2	5
	2500—3150	3	7
	4000—6300	4	10
	8000—10 000	5	13
Вертикальные многопозиционные автоматы фирмы «Вагнер»	400—630	—	3
	1200—1600	—	4
	2000—2500	—	5
Горизонтальные многопозиционные автоматы	До 630	1	3
	1200—1600	2	4
	2000—2500	3	5
Автоматические многобойковые ковочные машины	—	2	—
Станы для изготовления поковок поперечно-клиновой прокаткой	—	2	—

* Приведена численность бригады для штамповочных агрегатов, состоящих из автомата, нагревательной установки и стеллажа для прутков или бункера для заготовок мерной длины.

15. Грузоподъемность мостовых электрических кранов [2]

Оборудование	Грузоподъемность, т					
	10	20/5	30/5	50/10	80/20	120/30
Многопозиционные автоматы, тс	До 1000	1200—1600	2000—2500	3150—4000	6300—10 000	—
КГШП, тс	До 1000	1600—2500	3150—4000	6300—8000	10 000—12 000	16 000—20 000
Гидравлические штамповочные прессы, тс	До 2000	2500—3150	4000—6300	8000—10 000	16 000—20 000	30 000—50 000
ГКМ, тс	До 1000	1600—3150	—	—	—	—
ГГМ, тс	До 500	—	—	—	—	—
Гидровинтовые прессы-молоты, тс	До 1000	1600—2500	4000—6300	10 000	—	—
Фрикционные прессы, тс	До 500	1000—2000	—	—	—	—
Станы поперечно-клиновой прокатки	До 100	100—200	—	—	—	—
Штамповочные молоты, т	2,0	3,15—5,0	10—15	20—25	—	—

16. Калорийные эквиваленты топлива

Наименование топлива	Теплотворная способность, ккал/кг	Коэффициент перевода 1 кг натурального топлива в условное
Мазут малосернистый	9850—9420	1,408—1,345
Мазут сернистый	9620—9280	1,374—1,325
Генераторный газ	1260—1550	0,180—0,222
Природный газ	8100—10 000	0,159—1,430

17. Среднее число часов работы осветителей в год

Географическая зона	При работе в		
	одну смену	две смены	три смены
Юг СССР	150	1900	4100
Центральные области	300	2000	4800
Северные области	400	2100	5000

18. Нормы расхода электроэнергии на освещение 1 м² площади цеха в час

Вид производства	Ватт
Механосборочные, механические, инструментальные, листоштамповочные цехи, лаборатории, конструкторские и технологические отделы	20—22
Кузнечные, литейные, прессовые, ремонтно-механические цехи	16—18
Для транспортных устройств	10—12
Для энергетических устройств	12—15
Для складских помещений	8—10
Для бытовых помещений	9—10
Для заводоуправления и конторских помещений	13—15

ЛИТЕРАТУРА

1. *Временная* инструкция по разработке проектов и смет для промышленного строительства. СН-202. М., Стройиздат, 1976.
2. *Проектирование* машиностроительных заводов и цехов. Под ред. Е. С. Ямпольского. Т. 1 и 3. М., «Машиностроение», 1974.
3. *Егоров М. Е.* Основы проектирования машиностроительных заводов. М., «Высшая школа», 1969.
4. *Хржановский С. Н.* Проектирование кузнечных цехов и заводов. Методические указания. М., «Машиностроение», 1972.
5. *Бялковская В. С., Брянский Г. А.* Технические и экономические основы кузнечного производства. М., «Машиностроение», 1972.
6. *Автоматизация* обработки давлением и литейных процессов в машиностроении. М., «Наука», 1974.
7. *Ковка* и объемная штамповка стали. Справочник. Под ред. М. В. Сторожева. В 2-х томах. Изд. 2-е, переработ. М., «Машиностроение», 1967—1968.
8. *Сторожев М. В., Середин П. И., Кирсанова С. Б.* Технология ковки и горячей штамповки цветных металлов и сплавов. М., «Высшая школа», 1967.
9. *Семенов Е. И.* Ковка и объемная штамповка. М., «Высшая школа», 1972.
10. *Мансуров А. М.* Технология горячей штамповки. М., «Машиностроение», 1971.
11. *Савинов А. И., Метс А. Ф., Уваров А. В.* Курсовое и дипломное проектирование по организации и планированию предприятий. М., «Металлургия», 1970.
12. *Охрименко Я. М.* Технология кузнечно-штамповочного производства. М., «Машиностроение», 1976.
13. *Злотников С. Л., Казакевич П. И., Михайлова В. Л.* Техника безопасности и промышленная санитария в кузнечно-прессовых цехах. М., «Машиностроение», 1974.
14. *Типовые* схемы расположения оборудования участков кузнечных цехов. ОМТРМ 2521-001—64. М., НИИинформаш, 1965.
15. *Зубцов М. Е.* Листовая штамповка. Л., «Машиностроение», 1967.
16. *Норицын И. А., Шехтер В. Я., Ровинский Г. Н.* Основы проектирования цехов листовой штамповки. М., «Машиностроение», 1964.
17. *Романовский В. П.* Справочник по холодной штамповке. Л., «Машиностроение», 1971.
18. *Филиппов В. В., Шехтер В. Я., Оленев В. И.* Автоматические и автоматизированные холодно-штамповочные линии. М., Машгиз, 1962.
19. *Кузнечно-штамповочное* оборудование. М., «Машиностроение», 1970.
20. *Тарновский И. Я., Вайсбурд Р. А., Еремеев Г. А.* Автоматизация проектирования технологии горячей штамповки. М., «Машиностроение», 1969.
21. *Тетерин Г. П.* Новые методы расчета процессов горячей штамповки. Волгоград, Нижне-Волжское кн. изд-во, 1969.
22. *Автоматизированная* система управления предприятием АСУ-МТЗ. Проектные решения и методология их использования. Каталог. М., 1972.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие 3

Введение 5

Раздел I. **Основы проектирования машиностроительных заводов и цехов**

Глава 1. *Порядок проектирования заводов и цехов* 8
1.1. Принципы организации проектных работ в СССР 8
1.2. Предпроектный и проектный периоды 10
1.3. Состав и содержание проектной документации 15
Глава 2. *Генеральный план завода* 17
2.1. Состав машиностроительного завода 17
2.2. Порядок разработки генеральных планов 18
2.3. Основные принципы разработки генерального плана и показатели застройки территории 19
2.4. Грузооборот завода и его транспорт 21
Глава 3. *Основы проектирования производственных цехов* 22
3.1. Методы проектирования цехов 22
3.2. Режим работы и фонды времени работы оборудования и рабочих 23

Раздел II. **Проектирование кузнечных цехов и заводов**

Глава 4. *Особенности проектирования кузнечных заводов* 26
4.1. Основные технические направления проектирования кузнечных заводов 26
4.2. Мощность и организационная структура специализированных предприятий 27
4.3. Организация производства поковок 31
4.4. Планировочные решения 33
4.5. Организация управления 39
Глава 5. *Организация производства в кузнечных цехах* 41
5.1. Классификация кузнечных цехов 41
5.2. Задание на проектирование 45
5.3. Технологический процесс и оборудование 48
Глава 6. *Основные расчеты при проектировании кузнечных цехов* 61
6.1. Определение числа единиц производственного оборудования и его загрузки 61
6.2. Выбор типа и расчет количества нагревательных печей и устройств 70
6.3. Определение работающего состава и его численности 75
6.4. Подъемно-транспортные средства кузнечных цехов 78
6.5. Энергетические потребности кузнечных цехов 80
6.6. Определение расхода материалов 87
6.7. Расчет расхода штампов 89
6.8. Вспомогательные отделения и службы кузнечно-штамповочных цехов 91

Глава 7. *Площади кузнечных цехов, их компоновка и планировка оборудования* 93
7.1. Определение площадей кузнечных цехов 93
7.2. Принципы компоновки площадей кузнечных цехов 99
7.3. Расположение оборудования 107
7.4. Планировка современных кузнечных цехов 121

Раздел III. **Проектирование цехов листовой штамповки**

Глава 8. *Общие сведения о цехах листовой штамповки* 137
8.1. Классификация цехов листовой штамповки 137
8.2. Производственная программа 141
8.3. Режим работы и фонды времени 142
Глава 9. *Технологический процесс и выбор типоразмеров оборудования* 143
9.1. Разработка технологического процесса 143
9.2. Краткие сведения об оборудовании цехов листовой штамповки 152
9.3. Автоматизация и механизация листовой штамповки 156
Глава 10. *Основные расчеты при проектировании цехов листовой штамповки* 171
10.1. Расчет количества оборудования 171
10.2. Определение численности рабочего состава 175
10.3. Расчет количества штампов и приспособлений 176
10.4. Расход основных и вспомогательных материалов 177
10.5. Склады и расчет их площадей 179
10.6. Внутрицеховой транспорт и определение его количества 182
10.7. Организация уборки технологических отходов 185
10.8. Ремонтные отделения 187
10.9. Площади, компоновка и планировка цеха 189
10.10. Энергетика цеха 198

Раздел IV. **Автоматизация проектирования и управления**

Глава 11. *Применение вычислительной техники при решении задач проектирования и управления* 202
11.1. Автоматизация проектирования кузнечных цехов 202
11.2. Оптимальное планирование технологической подготовки производства 206
11.3. Автоматизация проектирования технологии горячей штамповки 208
11.4. Основные принципы автоматизированной подсистемы технологической подготовки листоштамповочного производства 211
11.5. Особенности проектирования АСУ кузнечно-штамповочным производством 218

Раздел V. **Экономическая часть проекта**

Глава 12. *Экономическая часть проекта кузнечно-штамповочных цехов*
12.1. Определение основных средств и суммы всех затрат на строительство цеха 227
12.2. Определение величины затрат на основные и вспомогательные материалы, возобновляемый инструмент, топливо и все виды энергии 230
12.3. Определение годового фонда заработной платы 232
12.4. Определение цеховых накладных расходов 233
12.5. Составление сметы производства и определение себестоимости продукции 236
12.6. Технико-экономические показатели цеха 237
12.7. Основные показатели экономической эффективности цеха 239
Приложения 242
Литература 253

Всеволод Николаевич Булах, Игорь Георгиевич Добровольский,
Петр Семенович Овчинников

Проектирование кузнечно-штамповочных цехов и заводов

Редактор *Л. Н. Базулько*
Мл. редактор *Н. В. Валишева*
Худож. редактор *В. Н. Валентович*
Техн. редактор *П. В. Фрайман*
Корректоры *А. А. Савицкая, Ж. И. Маркевич*

ИБ № 458
АТ 15769. Сдано в набор 09.11.77. Подписано к печати 14.03.78. Бумага 60×90¹/₁₆ газетная. Высокая печать. Литературная гарнитура. Печ. л. 16. Уч.-изд. л. 19,91. Изд. № 76—49. Тип. зак. 598. Тираж 4000 экз. Цена 85 коп.

Издательство «Вышэйшая школа» Государственного комитета Совета Министров БССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. Редакция литературы по технике. 220004, Минск, Парковая магистраль, 11.

Ордена Трудового Красного Знамени типография издательства ЦК КП Белоруссии. Минск, Ленинский пр., 79.