

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
Учреждение образования
«Витебский государственный технологический университет»

С. С. Клименков, А. Л. Климентьев

**АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ
ФОРМООБРАЗОВАНИЯ ЗАГОТОВОК**

Учебное пособие

Допущено

*Министерством образования Республики Беларусь в качестве
учебного пособия для студентов учреждений высшего образования
по специальностям «Технология машиностроения»,
«Автоматизация технологических процессов и производств
(машиностроение и приборостроение)»*

Витебск

2020

УДК 621.0
ББК 34.4
К 49

Рецензенты:

профессор, доктор технических наук, профессор кафедры
«Вакуумная и компрессорная техника» учреждения образования
«Белорусский национальный технический университет»

Мрочек Ж. А.;

доцент, кандидат технических наук, декан факультета
«Технический сервис в АПК» учреждения образования
«Белорусский государственный аграрный технический
университет» Миранович А. В.

Рекомендовано к изданию редакционно-издательским советом
УО «ВГТУ», протокол № 10 от 30.12.2019.

Клименков, С. С.

К49 Автоматизация процессов формообразования заготовок :
учебное пособие / С. С. Клименков, А. Л. Климентьев. —
Витебск : УО «ВГТУ», 2020. — 161 с.
ISBN 978-985-481-658-6

В пособии рассматривается широкий круг вопросов, связанных с автоматизацией средств подачи штучных заготовок, рулонного и листового материала. Представлены процессы холодной и горячей штамповки на координатно-прецизионных прессах, роботизированных технологических прессах и автоматических линиях. Освещены вопросы автоматизации литейного производства. Рассмотрены средства автоматизации сварочного производства. Представлены автоматизированные термические устройства. Пособие предназначено для инженерно-технических работников предприятий и студентов машиностроительных специальностей.

УДК 621.0
ББК 34.3

ISBN 978-985-481-658-6

© УО «ВГТУ», 2020

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	6
1 Основы автоматизации машиностроительного производства	7
1.1 Общие сведения об автоматизации производственных процессов ...	7
1.2 Термины и определения	9
1.3 Средства роботизации производства	12
1.4 Гибкая производственная система	15
1.5 Автоматизация средств подачи штучных заготовок	16
1.5.1 Автоматические бункерные захватно-ориентирующие устройства (АБЗОУ)	17
1.5.2 Магазинные устройства	18
1.5.3 Устройства лотков	20
1.5.4 Устройство механизмов поштучной выдачи	22
1.5.5 Конструкции питателей	25
1.5.6 Сменные устройства накопления	30
2 Автоматизация процессов холодной штамповки	35
2.1 Направления автоматизации холодноштамповочного оборудования	35
2.2 Автоматизация процессов штамповки на универсальных прессах	36
2.2.1 Устройства подачи рулонного материала	36
2.2.2 Валковые подачи	37
2.2.3 Ролико-клиновые механизмы	39
2.2.4 Шарико-клиновые механизмы для подачи проволоки	41
2.2.5 Клиноножевые механизмы	41
2.2.6 Клепальные механизмы	44
2.2.7 Крючковые механизмы	45
2.2.8 Автоматизация средств подачи листового материала	46
2.3 Штамповка на автоматизированных прессах	48

2.3.1 Однопозиционные листоштамповочные прессы-автоматы	48
2.3.2 Многопозиционные листоштамповочные прессы-автоматы	49
2.3.3 Гибкие промышленные модули для штамповки деталей на базе координатно-прецизионных прессов	54
2.3.4 Роботизация процессов листовой штамповки	63
2.3.5 Автоматические линии	66
2.4 Автоматизация процессов холодной объемной штамповки	68
2.4.1 Общие сведения	68
2.4.2 Технологические особенности автоматизации холодной объемной штамповки	69
2.5 Автоматизация процессов холодного прессования порошковых заготовок	73
3 Автоматизация процессов горячей обработки металлов давлением ...	76
3.1 Средства нагрева заготовок	76
3.2 Роботизированные технологические комплексы и линии для горячей объемной штамповки	78
3.3 Роботизированные технологические комплексы для термической обработки	85
4 Автоматизация процессов литейного производства	87
4.1 Роботизация процессов литейного производства	87
4.2 Роботизированные технологические комплексы и автоматизированные линии для изготовления литейных форм	88
4.3 Автоматизация процессов литья в кокиль	92
4.4 Автоматизация процессов литья под давлением	94
4.5 Автоматизация процессов литья под регулируемым низким давлением	97
4.6 Автоматизация процессов литья выжиманием	99
4.7 Автоматизация процессов центробежного литья	101
4.8 Автоматизация процессов обрубки и зачистки отливок	103

5 Средства автоматизации сварочных процессов	106
5.1 Общие сведения об автоматизации сварочных процессов.....	106
5.2 Полуавтоматы для дуговой сварки	107
5.3 Автоматы для дуговой сварки	108
5.4 Автоматы для электрошлаковой сварки.....	111
5.5 Особенности автоматизации процессов плазменной сварки	114
5.6 Автоматизация процессов электроннолучевой сварки.....	116
5.7 Автоматизация процессов лазерной сварки.....	122
5.8 Автоматизация процессов контактной сварки	131
5.9 Роботизация сварочного производства	136
5.9.1 Роботизация сборочно-сварочных операций дуговой сварки ..	137
5.9.2 Роботизация процессов контактной сварки	140
6 Механизация и автоматизация термических устройств	142
6.1 Периодические печи	142
6.1.1 Толкательные печи	142
6.1.2 Камерные печи	144
6.1.3 Шахтные печи	145
6.1.4 Печи-ванны.....	146
6.1.5 Вакуумные печи.....	148
6.2 Печи непрерывного действия	150
6.2.1 Конвейерные печи	151
6.2.2 Протяжные печи	152
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	154

ВВЕДЕНИЕ

На современном этапе развития производства трудно сосредоточить всю совокупность знаний во всех областях технологии машиностроения в рамках одной специальности. Поэтому в машиностроении выделены самостоятельные такие специальности, как обработка металлов давлением, технология литейного производства, сварочное производство и др.

Информация о технических средствах автоматизации процессов машиностроительного производства разрознена и в основном представлена в периодической печати, глобальной сети интернет, на сайтах предприятий-изготовителей или на специализированных порталах.

Условием автоматизации заготовительного производства является автоматизация всех основных операций. Автоматизация отдельных операций, даже наиболее трудоемких, не обеспечивает должного эффекта. Целью настоящего учебного пособия является последовательное, системное, концентрированное изложение вопросов автоматизации технических средств заготовительного производства.

Учебное пособие предназначено для обучающихся по специальности 1-36 01 01 «Технология машиностроения», 1-53 01 01-01 «Автоматизация технологических процессов и производств (машиностроение и приборостроение)». Подготовлено пособие в соответствии с учебными планами и программами учебных дисциплин по этим специальностям.

Пособие включает шесть разделов. В первом разделе изложены общие сведения о технических средствах автоматизации подачи штучных заготовок. Во втором и третьем разделах представлены соответственно средства автоматизации процессов холодной и горячей обработки металлов давлением. В четвертом разделе освещаются вопросы автоматизации процессов литейного производства. Пятый раздел посвящен средствам автоматизации сварочных процессов. В шестом разделе рассмотрены средства автоматизации термических процессов.

В целом авторы стремились к краткости, доступности и информативности изложения материала. Замечания и предложения в обязательном порядке будут учтены. С уважением, авторы.

1.1 Общие сведения об автоматизации производственных процессов

В развитых странах до 80 % производственных затрат составляет оплата труда участвующих в производстве людей. Это означает, что доминирующим фактором сокращения производственных затрат является сокращение в производстве доли человеческого труда, что требует автоматизации производства.

Основным средством повышения эффективности производства является комплексная автоматизация, которая предполагает, как автоматизацию интеллектуальных функций занятых в производстве людей, так и физических. Необходима автоматизация: процессов проектирования новой или модернизированной продукции; процессов научных исследований; процессов подготовки производства; процессов управления технологическими процессами и производством.

Решение задачи автоматизации производственных процессов зависит от объема производства данного вида продукции. По этому признаку производство может быть массовым и многономенклатурным (серийным). Строго говоря, тип производства определяется по признакам широты номенклатуры, регулярности, стабильности и объема выпуска продукции. При этом различают типы производства: единичное, серийное, массовое.

Типичными примерами продукции массового производства являются подшипники качения, патроны к стрелковому оружию, медицинские шприцы и др. Эта продукция производится непрерывно в течение многих лет без всяких изменений и потребляется в больших количествах.

Серийное производство характеризуется большой номенклатурой производимой продукции, выпускаемой ограниченными партиями с частыми сменами продукции. Затраты на автоматизацию в данном случае окупятся только в том случае, если используемые средства автоматизации пригодны для производства и других видов изделий, то есть обладают определенной универсальностью.

Автоматизация многономенклатурного производства должна быть гибкой и обеспечивать возможность оперативного перехода на иной вид продукции. При этом сам переход на выпуск другой продукции должен осуществляться с минимальными затратами.

Гибкая технология означает возможность выпуска в автоматизированном производстве произвольной номенклатуры изделий в любом количестве. Гибкая технология предполагает высокий уровень

автоматизации всех производственных процессов с сокращением доли человеческого труда на производстве в 10 и более раз. Предполагается, что в промышленном производстве ведущих стран будет занято только около 2 % трудоспособного населения.

Уровни автоматизации зависят от серийности производства и его оснащенности средствами производства.

Первый уровень автоматизации — это автоматизация отдельных производственных операций. На этом уровне осуществляется автоматизация рабочего цикла. Наиболее полное воплощение автоматизация этого уровня получила на станках с числовым программным управлением (ЧПУ). При этом обеспечивается возможность осуществлять функции управления практически для неограниченной номенклатуры деталей. Производительность труда возрастает в 2–4 раза по сравнению со станками с ручным управлением. При этом существенно повышается качество продукции.

Второй уровень автоматизации — это автоматизация операций загрузки-выгрузки заготовок (установки заготовки и снятия деталей со станка). Это весьма эффективная область автоматизации, позволяющая рабочему обслуживать несколько единиц технологического оборудования, то есть перейти к многостаночному обслуживанию.

Наибольшей универсальностью и быстротой переналадки обладают промышленные роботы, используемые в качестве загрузочных устройств. Эффективность второго уровня автоматизации обеспечивается созданием роботизированных технологических комплексов, у которых один робот обслуживает несколько единиц технологического оборудования.

Третий уровень автоматизации — это автоматизация операций контроля:

- за состоянием инструмента и своевременной его заменой;
- размеров и качества поверхности обрабатываемой детали;
- контроль и подналадка технологического процесса (адаптивное управление).

Четвертый уровень автоматизации — это комплексная автоматизация — предусматривает создание групп технологического оборудования, автоматизированных участков, цехов и заводов.

Пятый уровень автоматизации — это полная автоматизация, которая подразумевает кроме использования принципов комплексной автоматизации также разработку и внедрение ряда автоматических систем:

- автоматизированной системы управления предприятием (АСУП);
- автоматизированной системы организации производства (АСУОП);

- автоматизированной системы управления технологическими процессами (АСУТП);
- автоматизированной системы плановых расчетов (АСПР);
- автоматизированной системы обеспечения качества (АСОК);
- системы автоматизированного проектирования (САПР) и др.

1.2 Термины и определения

Автомат — самоуправляемая технологическая машина, которая самостоятельно осуществляет производственный процесс и нуждается лишь в контроле и наладке. Конструктивным признаком автомата является наличие полного комплекса механизмов рабочего и холостого ходов и механизмов, координирующих их работу.

Полуавтомат — это машина, работающая с автоматическим рабочим циклом, для повторения которого требуется вмешательство рабочего. Такими неавтоматизированными операциями являются загрузка заготовок и съем обработанных изделий.

Автоматическая линия — это система машин, расположенных в принятой технологической последовательности и объединенных общими средствами транспортирования, управления, накопления заделов, удаления отходов и др.

По характеру выполняемых работ автоматические линии разделяются на механообрабатывающие, механосборочные, штамповочные, сварочные, термические, консервационные, упаковочные и комплексные.

В состав автоматических линий входят:

- автоматическое оборудование (станки, агрегаты, установки и т. д.) для выполнения технологических операций;
- механизмы для ориентации, установки и закрепления изделий на оборудовании;
- устройства для транспортировки изделий между операциями;
- устройства и приборы для контроля и автоматической подналадки.

В *жесткой (синхронной)* автоматической линии изделия загружаются, извлекаются и передаются от одного рабочего места к другому одновременно или через кратные промежутки времени.

В *гибкой (несинхронной)* автоматической линии изделия обрабатываются и передаются от станка к станку неодновременно и, как правило, с использованием межоперационных накопителей. В линии предусмотрены межоперационные заделы. Поэтому при выходе из строя

какого-либо станка все остальные продолжают работать до полного истощения задела.

Следует отметить, что традиционные автоматические станочные линии имеют ряд недостатков, среди которых весьма высокая трудоемкость, а иногда и невозможность переналадки линии на производство другой детали; вынужденные простои работоспособных станков из-за неполадок одного станка или вспомогательного оборудования.

Автоматические роторные линии — это комплекс машин, транспортных устройств, приборов, объединенных единой системой автоматического управления, в котором заготовки одновременно с обработкой перемещаются по дугам окружностей. Наиболее распространены роторные линии для операций, выполняемых посредством линейного рабочего движения (штамповка, вытяжка, прессование, сборка).

Роторные линии состоят из рабочих роторов и транспортных роторов. Необходимые движения этим роторам сообщаются исполнительными механизмами с механическим или гидравлическим приводом. Пример операций вытяжки колпачка для изготовления гильзы ружейного патрона представлен на рисунке 1.1.

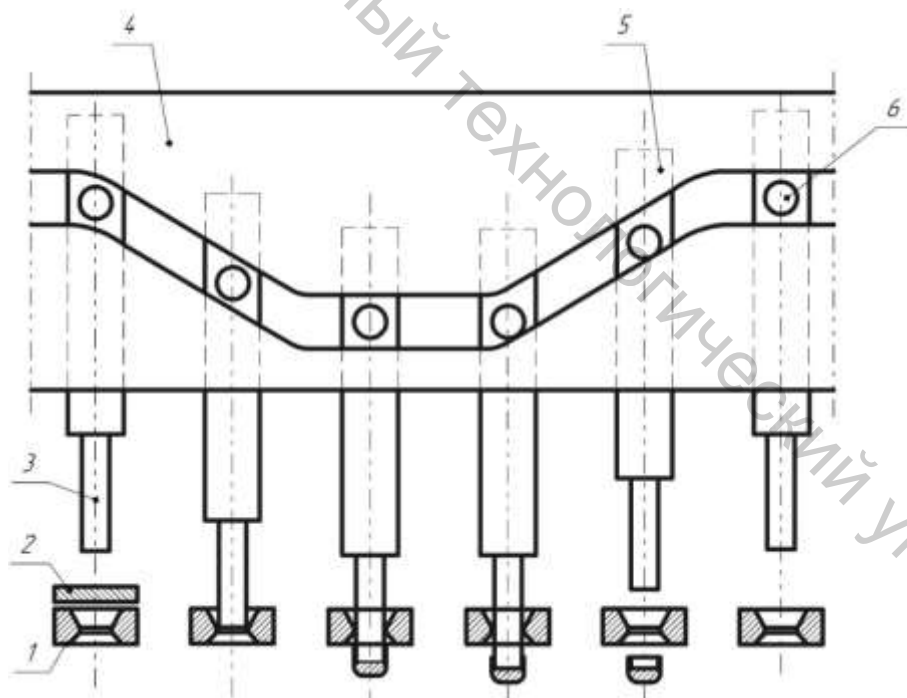


Рисунок 1.1 — Схематическая развертка операции вытяжки колпачка на роторной линии:

- 1 — матрица; 2 — исходная плоская заготовка; 3 — пуансон;
 4 — пазовый копир; 5 — ползун; 6 — ролики ползун; h — шаг между предметами обработки; $L_{\text{п}}$ — длина пути обработки; $L_{\text{ц}}$ — длина циклового пути инструмента; $V_{\text{тр}}$ — транспортная скорость;
 $V_{\text{техн}}$ — технологическая скорость

Для перемещения изделий от одного рабочего ротора к другому предназначены транспортные роторы. Чаще всего применяют транспортные роторы, имеющие одинаковую скорость транспортирования, общую плоскость транспортирования и одинаковую ориентацию обрабатываемых изделий.

Автоматические роторно-конвейерные линии включают несколько роторных машин, соединенных между собой транспортными роторами и конвейерами, работающими в едином рабочем цикле (рис. 1.2).

Применение роторно-конвейерных линий наиболее рационально в производстве с непродолжительными технологическими процессами, при изготовлении относительно простых предметов, имеющих форму тел вращения, например, медицинские шприцы.

По сравнению с отдельными автоматами применение роторных линий сокращает производственный цикл в 10–15 раз; уменьшаются межоперационные запасы заготовок в 20–25 раз; в несколько раз снижается трудоемкость и себестоимость продукции; капитальные затраты на изготовление такой линии окупаются за 1–3 года.

Основным недостатком роторных линий является ограниченность применения только массовым производством, так как почти не поддаются переналадке при переходе на выпуск другого изделия.

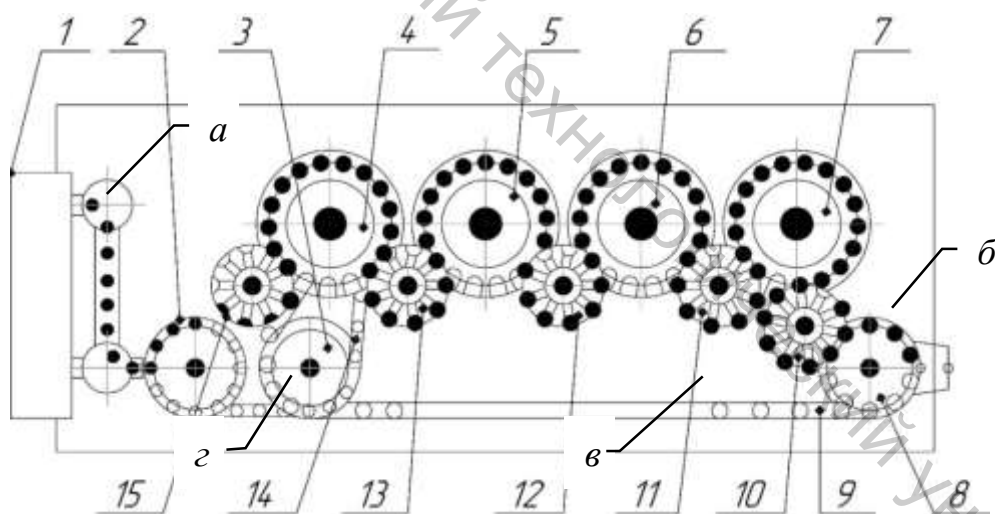


Рисунок 1.2 — Схема роторно-конвейерной линии для литья под давлением термопластов:

- а* — заготовка; *б* — изделия; *в* — пресс-форма; *г* — инъекционный цилиндр; 1 — бункер; 2 — ротор дозирования; 3 — ротор смыкания пресс-форм; 4 — ротор инъекции; 5, 6 — роторы охлаждения; 7 — ротор размыкания пресс-форм; 8 — ротор съема изделий; 9, 14 — конвейеры возврата пресс-форм и инъекционных цилиндров; 1–13, 15 — транспортные роторы

Гибкопереналаживаемые автоматические линии обеспечивают возможность быстрой переналадки для изготовления различной однотипной продукции. Их применяют в серийном производстве. Несколько меньшая производительность гибкопереналаживаемых линий по сравнению со специальными компенсируется их быстрой переналадкой для производства широкой номенклатуры изделий.

1.3 Средства роботизации производства

Промышленный робот — автоматическая машина, стационарная или передвижная, состоящая из исполнительного устройства в виде манипулятора, имеющего несколько степеней подвижности и устройства программного управления, предназначенного для выполнения в производственных процессах двигательных и управляющих функций (ГОСТ 25686-85).

В общем виде промышленный робот представляет собой сложную автоматическую систему, состоящую из следующих основных компонентов:

- манипулятор (механическая система);
- информационная (сенсорная) система;
- управляющая система;
- коммуникационная система.

Манипулятор — устройство для выполнения двигательных функций, аналогичных функциям руки человека при перемещении объектов в пространстве, оснащенной рабочим органом.

Информационная система состоит из датчиков внутренней информации, конструктивно встроенных в робот, и внешней информации, сигнализирующих о состоянии внешней среды.

Управляющая система включает в себя электронные преобразователь цифровой информации, микропроцессоры или компьютеры для обработки сенсорной информации и управления манипулятором.

Коммуникационная система состоит из каналов прямой и обратной связи внутри робота и внешнего интерфейса для связи робота с человеком и другими роботами или периферийным оборудованием.

Промышленные роботы являются универсальными средствами комплексной автоматизации производственных процессов, с помощью которых обеспечивается быстрая переналадка и высокая скорость манипуляционных действий. Применение роботов наиболее эффективно в условиях частой смены объектов производства, а также автоматизации ручного низкоквалифицированного труда. Особенно важно, что

промышленные роботы могут применяться для выполнения работ, которые не могут быть автоматизированы традиционными способами.

Классификация промышленных роботов по ряду признаков представлена на рисунке 1.3.

По характеру выполняемых работ все промышленные роботы подразделяют на три группы, имеющие различные производственно-технологические признаки:

1. *Технологические роботы* выполняют основные операции технологического процесса. Они непосредственно участвуют в технологическом процессе и выполняют такие операции, как гибка, сварка, окраска, сборка и т. п.

2. *Подъемно-транспортные роботы* выполняют работы по снятию, переносу, установке заготовок, деталей, инструмента.

3. *Универсальные роботы* выполняют разнородные функции — технологические и вспомогательные и сочетают в себе признаки первых двух групп.

По степени специализации промышленные роботы подразделяют на специальные, целевые и многоцелевые. Функциональные возможности специального промышленного робота позволяют выполнять определенную технологическую операцию. Целевые (специализированные) промышленные роботы предназначены для выполнения одного вида технологических операций (сварка, окраска, сборка и т. п.). Многоцелевые промышленные роботы предназначены для выполнения различных основных и вспомогательных операций.

Промышленные роботы дают возможность автоматизировать не только основные, но и вспомогательные операции. Использование роботов, например, для автоматической установки и снятия деталей, позволяет рабочему обслуживать от четырех до двадцати металлорежущих станков.

Основные предпосылки расширения применения роботов следующие:

- повышение производительности труда, качества продукции объемов ее выпуска благодаря сокращению времени выполнения операций, интенсификации существующих и стимулированию создания новых высокоскоростных процессов и оборудования;

- изменение условий труда путем освобождения от монотонного труда, улучшению условий безопасности, снижение потерь рабочего времени от травматизации и профессионально-технических заболеваний.

Промышленные роботы являются основными компонентами гибких производственных систем, представляющих собой высший уровень автоматизации в машиностроении и приборостроении.



Рисунок 1.3 — Классификация промышленных роботов

Роботизированный технологический комплекс — автономно действующая совокупность одной или нескольких единиц технологического оборудования, а также одного или нескольких промышленных роботов, выполняющих технологические основные или вспомогательные операции, обеспечивающая автоматический цикл работы внутри комплекса и связь его с входными и выходными потоками остального производства и осуществляющая многократные циклы.

Роботизированная технологическая линия — совокупность роботизированных технологических комплексов, связанных между собой транспортными средствами и системой управления, обслуживаемых одним или несколькими роботами.

В качестве технологического оборудования может быть использован промышленный робот, выполняющий основные технологические операции (сборку, сварку, окраску и т. п.).

Средствами оснащения могут быть устройства накопления, ориентации, поштучной выдачи изделий и другие устройства.

Роботизированный технологический участок — совокупность роботизированных технологических комплексов, связанных между собой транспортными средствами и системой управления, обслуживаемых одним или несколькими промышленными роботами, в которой предусмотрена возможность изменения последовательности использования технологического оборудования.

1.4 Гибкая производственная система

Гибкая производственная система — совокупность в различных сочетаниях оборудования с ЧПУ, роботизированных технологических комплексов, гибких производственных модулей, отдельных единиц технологического оборудования и систем обеспечения их функционирования в автоматическом режиме в течение заданного времени, обладающая свойствами автоматизированной переналадки при производстве различных изделий произвольной номенклатуры в установленных пределах.

В общем случае гибкая производственная система должна обеспечить комплексную автоматизацию всех звеньев производственного процесса, включая процессы обработки, управления, подготовку производства, разработку конструкторской и технологической документации и планирования.

Гибкие производственные системы позволяют успешно решать проблемы автоматизации среднесерийного и мелкосерийного производства, составляющие около 70 % мирового производства и существенно расширить возможности массового производства в направлении разнообразия изготавливаемых изделий.

В условиях массового производства гибкие производственные системы могут включать автоматизированные линии, допускающие переналадку на обработку неизвестных ранее конструктивных модификаций деталей, а в условиях серийного и мелкосерийного производства — автоматизированные участки, роботизированные комплексы, станочные модули и т. п.

Главными техническими особенностями гибких производственных систем являются:

- машинная гибкость — способность автоматического перехода на обработку другого изделия;
- маршрутная гибкость — способность нормально функционировать при отказе отдельных частей;

– встраиваемость — способность наращивать технологические средства методом дополнения;

– малочисленность обслуживающего персонала.

По организационным признакам гибкие производственные системы подразделяются на следующие виды:

– *гибкая автоматизированная линия*, в которой технологическое оборудование расположено в принятой последовательности выполнения технологических операций;

– *гибкий автоматизированный участок*, в котором предусмотрена возможность изменения последовательности использования технологического оборудования;

– *гибкий автоматизированный цех*, представляющий собой в различных сочетаниях совокупность гибких автоматизированных линий, роботизированных технологических участков для изготовления изделий заданной номенклатуры;

– *гибкий автоматизированный завод*, представляющий собой совокупность гибких автоматизированных цехов, объединенных системой планирования и управления.

Структура гибких производственных систем, термины и определения, а также классификация установлены ГОСТ 26288-90.

Точные границы областей рационального применения различных видов оборудования и систем в зависимости от типа производства установить невозможно, так как они зависят от конкретных технико-экономических показателей и характера обрабатываемых деталей. Построенные на основе статистических данных границы практического использования различных типов оборудования и производственных систем, различающихся уровнем автоматизации, представлены на рисунке 1.4.

1.5 Автоматизация средств подачи штучных заготовок

Автоматизация подачи штучных заготовок производится поэтапно. На первой стадии осуществляется поштучное извлечение заготовок из емкости. На второй стадии осуществляется ориентация заготовок в пространстве. Обе стадии реализуются с помощью захватно-ориентирующих устройств. На третьей стадии происходит подача ориентированных заготовок на позиции обработки. На четвертой стадии осуществляется точное позиционирование заготовки относительно инструмента. На пятой стадии производится удаление обработанной заготовки из рабочей зоны технологического оборудования.

В соответствии со стадиями подачи автоматизированные средства подачи в общем случае содержат: захватно-ориентирующие устройства; магазины, лотки, механизмы поштучной выдачи, питатели.

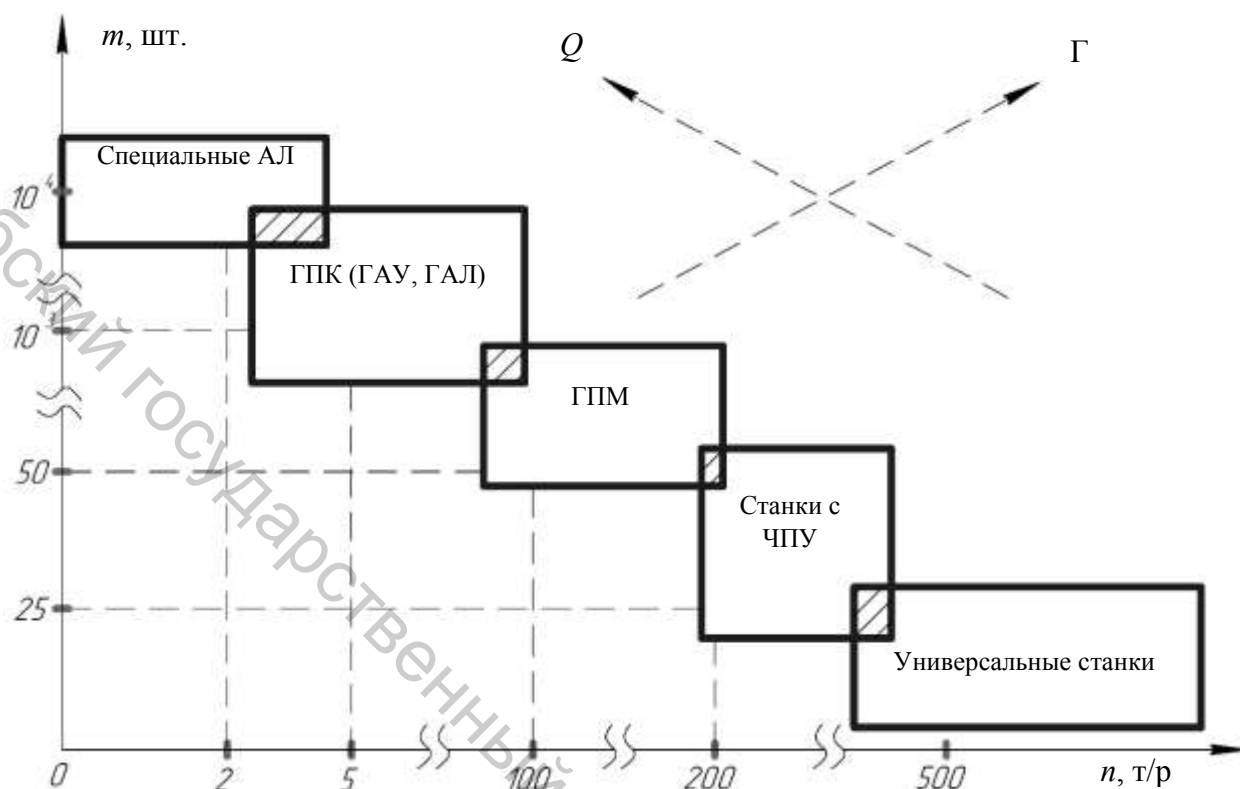


Рисунок 1.4 — Зоны эффективной автоматизации в зависимости от типа производства:

АЛ — автоматическая линия; ГАЛ — гибкая автоматизированная линия; ГАУ — гибкий автоматизированный участок; ГПМ — гибкий производственный модуль; t — размер партии заготовок; n — число типоразмеров

1.5.1 Автоматические бункерные захватно-ориентирующие устройства (АБЗОУ)

При автоматизации процессов обработки заготовок их заданная ориентация в пространстве по отношению к рабочему инструменту приобретает первостепенное значение, определяющее возможность дальнейшей реализации намеченных операций.

Различают автоматические загрузочные устройства, в которых ориентация заготовок осуществляется автоматически без вмешательства оператора (АБЗОУ), и неавтоматические. Возможности автоматической ориентации резко уменьшаются с увеличением массы, размеров и

сложности формы. Поэтому АБЗОУ применяют в основном для мелких и редко для средних заготовок простой геометрической формы.

Для заготовок сложной формы, средних и крупных размеров применяют магазинные устройства без автоматической ориентации (МЗУ).

АБЗОУ состоит из захватного устройства, средств ориентации и переориентации, преобразующего механизма, привода системы управления и блокировки.

Все АБЗОУ по типу захватных органов можно разделить по двум критериям: по массовости захвата — поштучный, групповой и непрерывный, и по характеру захвата — за наружную, внутреннюю, реже за обе поверхности одновременно (рис. 1.5).

Наиболее эффективными по производительности являются роторные устройства захвата и поштучной выдачи заготовок, принципиальные схемы которых представлены на рисунках 1.5, а–г. В приведенных схемах в процессе захвата осуществляется также ориентация заготовок. В устройствах с дисковым захватным органом закрепление заготовки производится за наружную поверхность, а в устройстве с крючковым захватом — за внутреннюю.

Примером роторного захватного устройства для групповой выдачи заготовок простой формы (шариков, коротких гладких валов, втулок) является лопастное устройство (рис. 1.5, д), которое вращающимися лопастями 7 выдает порции заготовок в приемный лоток 2, где происходит первичная ориентация деталей.

Процессы захвата и непрерывной выдачи заготовок реализуются в устройствах с вращающейся воронкой (рис. 1.5, е). Высокая вероятность захвата достигается за счет активного ворошения заготовок в емкости 1 с помощью штифта 8. Наиболее эффективно применение устройства для непрерывной выдачи сплошных или полых валов, которые накапливаются в вертикальной трубке 9.

1.5.2 Магазинные устройства

Магазины предназначены для накопления и направления движения заготовок по заданной траектории. Загружаются магазины из бункерных загрузочных устройств вручную, роботами или манипуляторами. Вручную загружают заготовки значительных размеров или сложной конфигурации.

По геометрии поперечного сечения магазины изготавливают: прямоугольными, круглыми, V-образными; сложной формы по контуру заготовок; открытыми, полуоткрытыми и закрытыми. Конструктивное

исполнение их может быть различным: гибкие или жесткие, цельные или сборные, криволинейные, винтовые и змейковые. Их изготавливают специальными или переналаживаемыми.

Различают кассетные, лотковые и штабельные магазинные ориентирующие устройства (рис. 1.6).

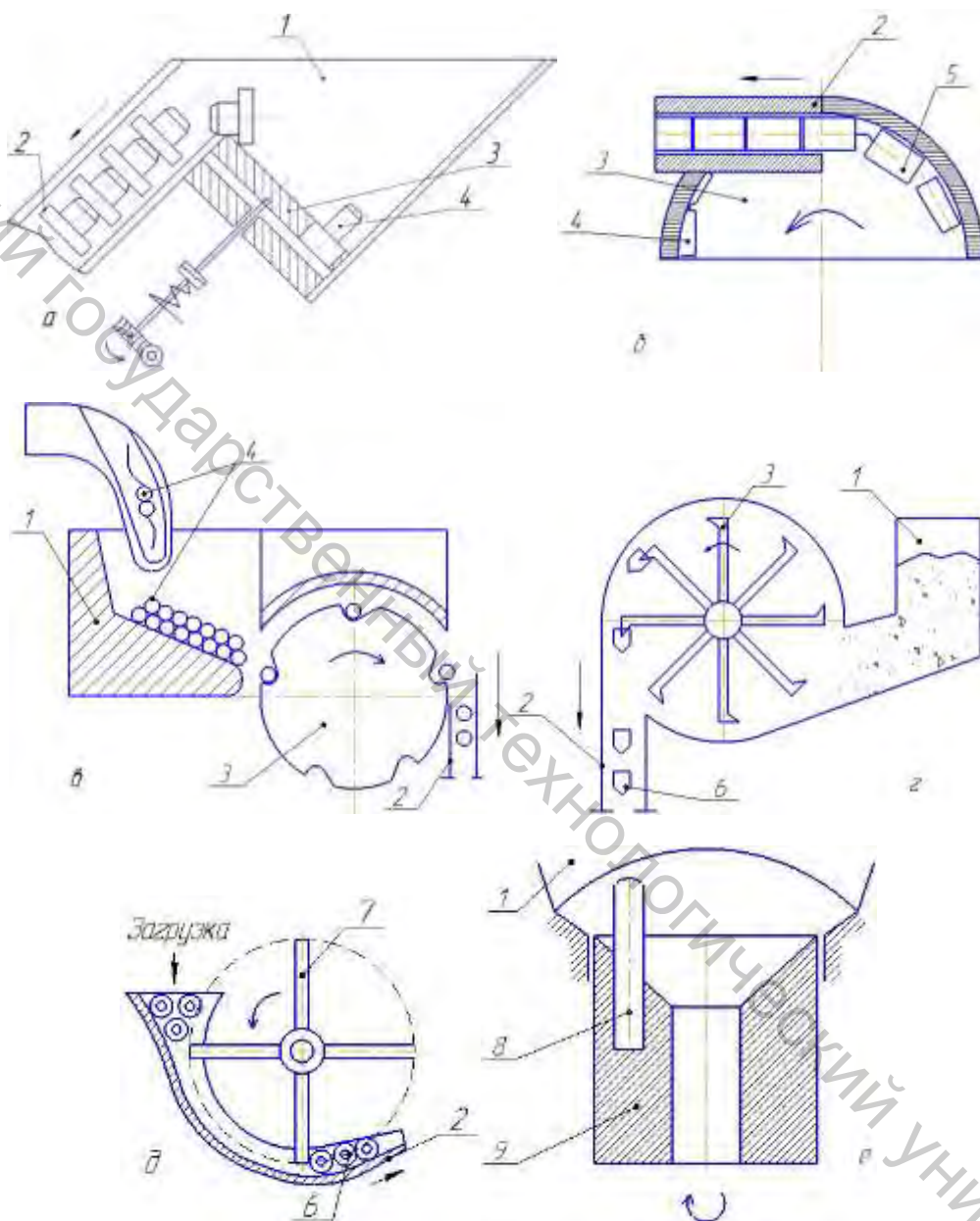


Рисунок 1.5 — Принципиальные схемы захватных устройств с поштучной (а–г), групповой (д) и непрерывной (е) выдачей заготовок:

1 — емкость; 2 — приемный лоток; 3, 4, 5 — захваты дисковый, барабанный и крючковый соответственно; 6 — заготовка; 7 — лопасть; 8 — штифт; 9 — вращающаяся трубка

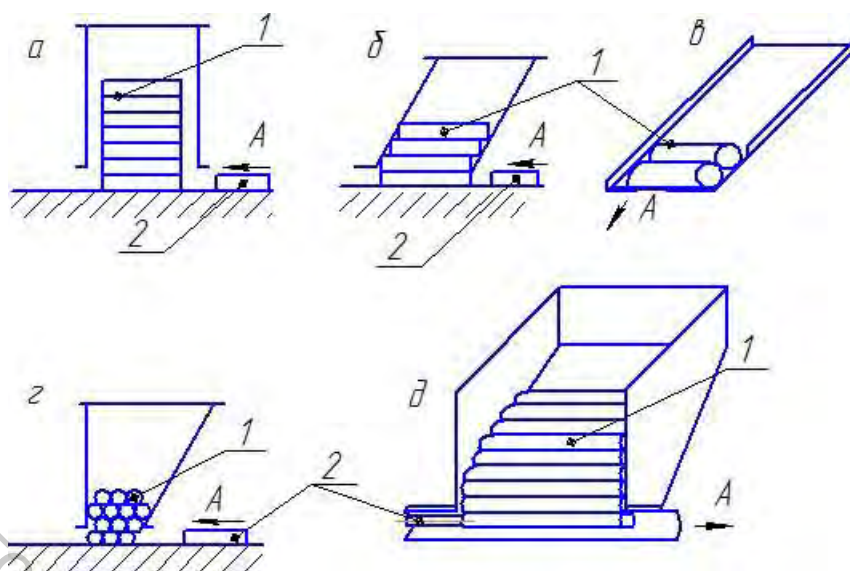


Рисунок 1.6 — Схемы магазинных ориентирующих устройств:
 а — кассетные прямые; б — кассетные наклонные; в — лотковые открытые; г — штабельные с выдачей заготовок поперек оси;
 д — штабельные с выдачей заготовок вдоль оси; 1 — заготовки;
 2 — шибер (толкатель); A — направление выдачи заготовок

1.5.3 Устройства лотков

Лотки предназначены для транспортирования заготовок в зону обработки. Они могут быть трубчатыми прямой или изогнутой формы в зависимости от взаимного расположения автоматизирующих устройств. Лотки изготавливают в форме витых или жестких трубок (рис. 1.7). Для наблюдения за перемещением заготовок витые лотки слегка растягивают, а в жестких трубчатых лотках вырезают пазы. На закругленных участках витые лотки должны иметь больший размер по сравнению с диаметром на прямых участках. Преимуществом витых лотков перед жесткими является то, что в них не требуется жестко фиксировать положение бункера относительно питателя.

Лотки с пневмоподушкой (рис. 1.8) используют при полусамотечном перемещении, когда не допускается истирание или образование царапин на плоскости скольжения заготовок или из материалов с высокими фрикционными свойствами.

В общем случае движение единичной заготовки или потока заготовок может осуществляться по прямолинейному, криволинейному или комбинированному лоткам.

Такие лотки успешно используют, если заготовки имеют большие плоскости скольжения и достаточно ровную поверхность. При неровной

или грубообработанной поверхности заготовки следует помещать на подкладки-спутники.

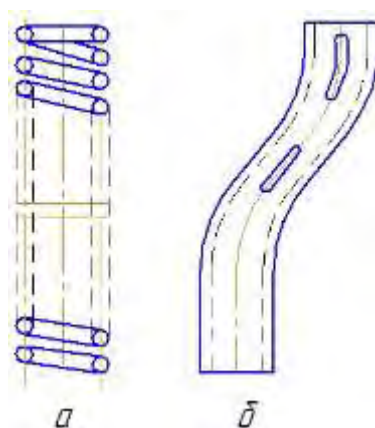


Рисунок 1.7 — Схемы конструкций трубчатых лотков:
а — витой; *б* — жесткий трубчатый

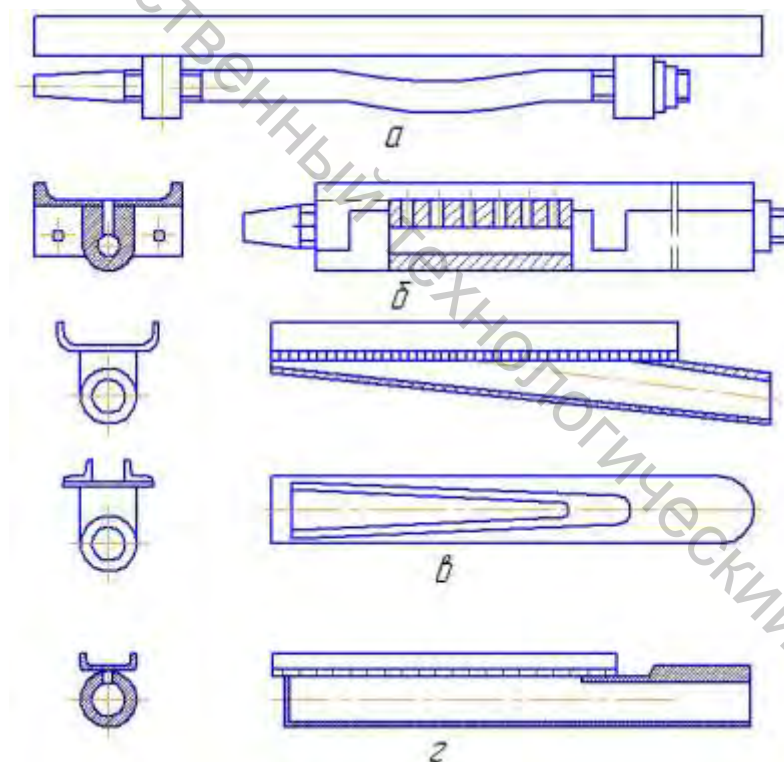


Рисунок 1.8 — Схемы конструкций лотков с пневмоподушкой и их элементов:
а — соединение лотков с воздушной сетью; *б* — литой лоток;
в, г — сварные лотки

1.5.4 Устройство механизмов поштучной выдачи

Механизмы поштучной выдачи (МПВ) — предназначены для отсекаания от общего потока единичные заготовки. Процесс отсечки может протекать при механическом воздействии, при использовании сжатого воздуха, магнитных или электромагнитных сил (табл. 1.1).

Наиболее многочисленна и разнообразна группа механических МПВ. Отсекатель МПВ может выполнять следующие движения: возвратно-поступательное, колебательное, вращательное, комбинированное.

Различают МПВ простого и двойного действия. Механизм простого действия обеспечивает поштучную выдачу в один прием, а двойного — в два приема: отделение заготовки от общего потока и выдачу его в питатель.

Принцип работы МПВ простого действия заключается в том, что отсекаТЕЛЬ способен захватить и переместить лишь одну заготовку. В процессе захвата механизм обеспечивает возможность продвинуть заготовку по лотку на шаг, и во время отсечки и транспортирования ограничивает перемещение заготовки по лотку, перекрывая канал лотка.

Механизм поштучной выдачи применяют в тех случаях, когда заготовки в лотке имеют склонность к слипанию или сцеплению друг с другом. Функционирование МПВ двойного действия сводится к поочередному перемещению двух отсекаТелей, перекрывающих канал транспортирования заготовок.

Действие механических МПВ сопровождается приложением к заготовкам контактных усилий. В тех случаях, когда это недопустимо, можно использовать иные способы отсечки, обеспечивающие бесконтактное отделение единичных заготовок от общей массы: электромагнитные, электродинамические, пневматические.

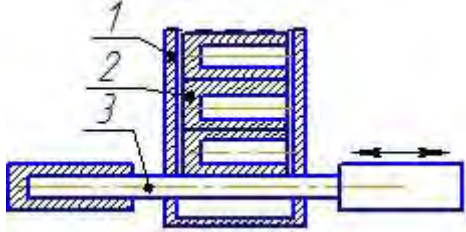
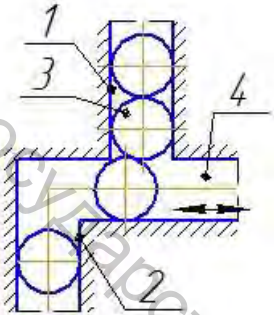
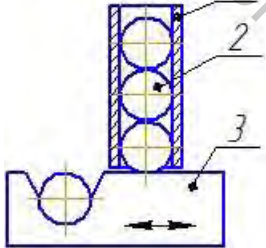
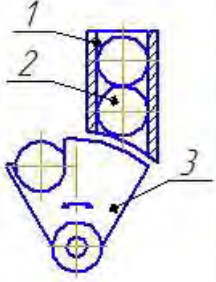
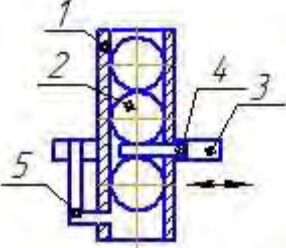
Электромагнитная отсечка заготовок осуществляется за счет продольного краевого эффекта индуктора.

Электродинамическая отсечка заготовок осуществляется вследствие взаимодействия заготовок с неоднородным переменным магнитным полем.

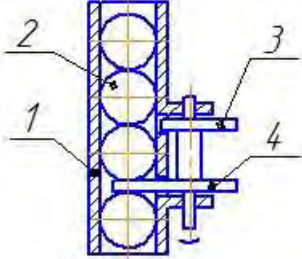
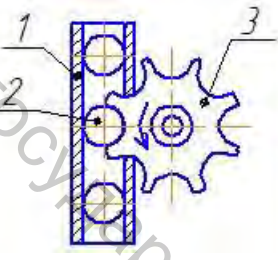
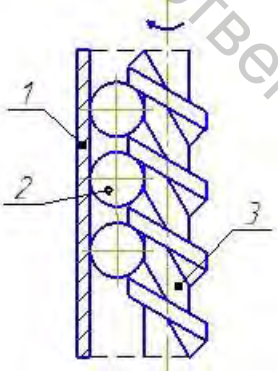
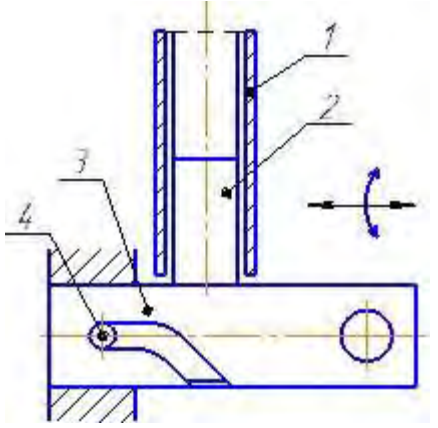
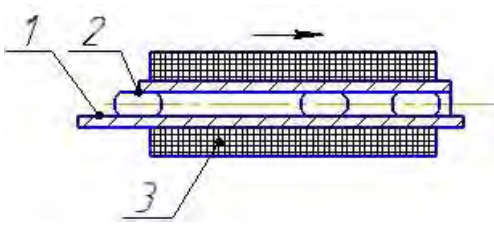
Отсечка заготовок пневматическими методами заключается в создании в МПВ сбалансированного перепада давлений при струйной отсечке единичной заготовки в конус лотка и нарушений его при выдаче заготовки из лотка питателем, приводящим к струйной отсечке очередной единичной заготовки.

Виды механизмов поштучной выдачи приведены в таблице 1.1.

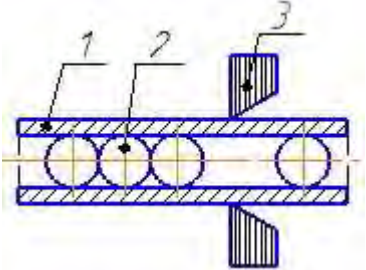
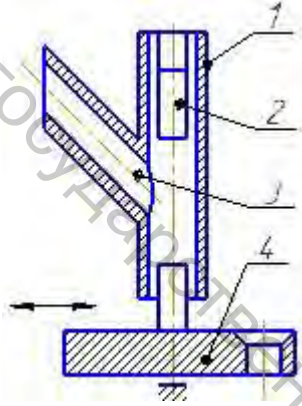
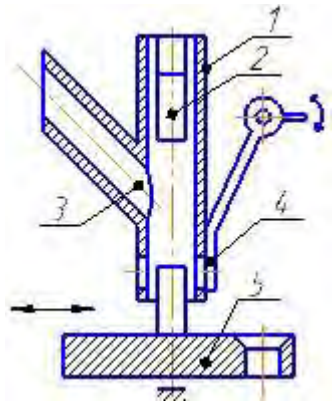
Таблица 1.1 — Механизмы поштучной выдачи заготовок

Схема МПВ	Описание МПВ
	Механический с возвратно-поступательным движением отсекающего инструмента, роль которого выполняет инструмент (пуансон), простого действия: 1 — лоток; 2 — заготовка; 3 — инструмент (отсекатель)
	Механический с возвратно-поступательным движением отсекающего инструмента, роль которого выполняет толкатель. Заготовки перемещаются из лотка 1 в лоток 2, выполненный со смещением канала транспортирования. МПВ простого действия (3 — заготовка; 4 — толкатель)
	Механический с возвратно-поступательным движением отсекающего инструмента, роль которого выполняет ползун питателя, простого действия: 1 — лоток; 2 — заготовка; 3 — ползун питателя
	Механический с возвратно-вращательным движением отсекающего инструмента, роль которого выполняет сектор питателя, простого действия: 1 — лоток; 2 — заготовка; 3 — сектор питателя
	Механический с возвратно-поступательным движением ползуна отсекающего инструмента, снабженного двумя штифтами 4 и 5, двойного действия. Штифт 4 может выполняться пружинным; 1 — лоток; 2 — заготовка; 3 — рычаг отсекающего инструмента

Продолжение таблицы 1.1

Схема МПВ	Описание МПВ
 Схема МПВ с кулачками. Показаны лоток (1) и заготовка (2), движущиеся по направляющим. Кулачки (3 и 4) закреплены на одном валу и выполняют двойное действие.	Механический с вращательным движением отсекателя, роль которого выполняют кулачки 3 и 4, закрепленные на одном валу, двойного действия: 1 — лоток; 2 — заготовка
 Схема МПВ со звездочкой. Показаны лоток (1) и заготовка (2), движущиеся по направляющим. Звездочка (3) выполняет роль отсекателя.	Механический с вращательным движением отсекателя, роль которого выполняет звездочка, простого действия: 1 — лоток; 2 — заготовка; 3 — звездочка
 Схема МПВ с винтом. Показаны лоток (1) и заготовка (2), движущиеся по направляющим. Винт (3) выполняет роль отсекателя.	Механический с вращательным движением отсекателя, роль которого выполняет винт (шнек): 1 — лоток; 2 — заготовка; 3 — винт
 Схема МПВ с ползуном. Показаны лоток (1) и заготовка (2), движущиеся по направляющим. Ползун питателя (3) совершает одновременно возвратно-поступательное и возвратно-вращательное движение. Штифт (4) фиксирует положение ползуна.	Механический со сложным движением отсекателя, роль которого выполняет ползун питателя, совершающий одновременно возвратно-поступательное и возвратно-вращательное движения, простого действия: 1 — лоток; 2 — заготовка; 3 — ползун питателя с фигурной канавкой; 4 — штифт
 Схема электромагнитного МПВ. Показаны лоток (1) и заготовка (2), движущиеся по направляющим. Катушки индуктора (3) создают бегущее магнитное поле, которое осуществляет отсечку заготовки за счет продольного краевого эффекта индуктора.	Электромагнитный, отсечка заготовки осуществляется за счет продольного краевого эффекта индуктора: 1 — лоток; 2 — заготовка; 3 — катушки индуктора бегущего магнитного поля

Окончание таблицы 1.1

Схема МПВ	Описание МПВ
	Электродинамический: отсечка заготовки осуществляется вследствие взаимодействия заготовки с неоднородным переменным магнитным полем: 1 — лоток; 2 — заготовка; 3 — полюсные наконечники магнитопровода
	Пневматический: отсечка заготовки осуществляется за счет перепада давлений в лотке, вызванного истечением сжатого воздуха из отверстий лотка: 1 — лоток; 2 — заготовка; 3 — воздухопровод; 4 — ползун питателя
	Пневматический: отсечка заготовки осуществляется за счет перепада давлений в лотке, регулируемого клапаном: 1 — лоток; 2 — заготовка; 3 — воздухопровод; 4 — клапан; 5 — ползун питателя

1.5.5 Конструкции питателей

В системе автоматической загрузки питатели выполняют функцию подачи ориентированных единичных заготовок в рабочую зону технологической машины.

В зависимости от характера движений рабочих органов питатели подразделяют на револьверные, шиберные, грейферные, комбинированные, манипуляторы и промышленные работы.

К общим механизмам питателей можно отнести: приводы, передаточные механизмы, механизмы блокировки, а также конструктивные элементы для загрузки питателя, фиксации и удаления заготовок.

Источником движения (приводом) может служить вал (шпиндель), ползун технологической машины или электро-, гидро-, пневмодвигатели.

Передаточные механизмы по конструктивному исполнению могут быть кривошипные, эксцентриковые, кулачковые, карданные, цепные, ременные, зубчатые, реечно-зубчатые передачи и рычажные многозвенные.

Механизм блокировки фиксирует отключение от нормальной работы конструктивных элементов питателя с последующим отключением пресса, предотвращая поломку и некачественное изготовление изделий. Механизмы блокировки по конструктивному исполнению могут быть контактно-механические, электроконтактные, пневматические и бесконтактно-оптические.

Механические и пневматические механизмы воздействуют на муфту включения технологической машины. Этот метод блокировки необходим при механической муфте сцепления, когда при движении ползуна пресса вниз остановить его нельзя.

Электроконтактные механизмы через конечные выключатели отключают электродвигатель или муфту сцепления, включая при этом тормозную систему.

Оптические механизмы могут успешно применяться для бесконтактного контроля, наличия и правильной ориентации заготовок на промежуточных и рабочей позиции.

1.5.5.1 Конструкции револьверных питателей

Револьверные питатели наиболее эффективно используются при выполнении на одной операции двух и более переходов для подачи плоских заготовок толщиной свыше 0,5 мм или объемных диаметром до 60 мм.

Механизм периодического движения поворачивает рабочий диск на определенные углы, в зависимости от числа гнезд с последующей остановкой на период, необходимый для выполнения технологической операции, входа и выхода инструмента, загрузки и разгрузки питателя. Конструкция этого механизма определяет точность работы всего питателя. Ведущее звено имеет одно из следующих видов движения: непрерывное, прерывисто-вращательное, колебательное по дуге окружности.

Периодическое движение рабочего диска осуществляет один из следующих механизмов: мальтийский, шарнирно-зубчатый и храповой.

Мальтийский механизм обеспечивает точный поворот и надежную фиксацию, плавность поворота диска. Механизм компактен, конструкция относительно проста.

Недостатками мальтийского механизма являются: большой угол поворота ведущего звена, особенно при малом числе пазов креста, относительно большая трудоемкость изготовления.

Кулачковый получервячный механизм совмещает поворот рабочего диска получервяком с последующей фиксацией его полудиском-фиксатором, входящим в фиксирующий паз (рис. 1.9).

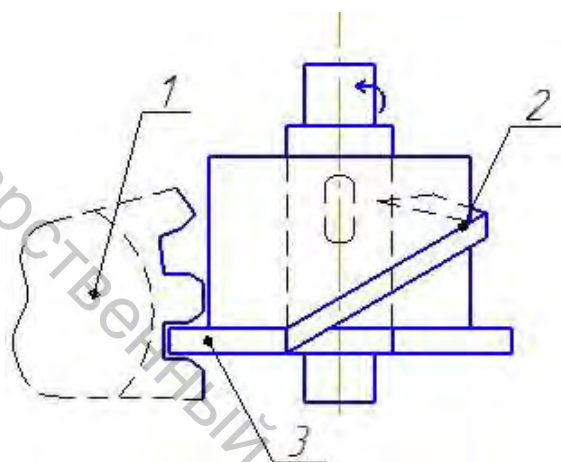


Рисунок 1.9 — Схема кулачкового получервячного механизма:

1 — рабочий диск; 2 — получервяк; 3 — полудиск-фиксатор

Нормальная работа механизма обеспечивается качеством изготовления червяка и зубьев рабочего диска.

Шарнирно-зубчатый механизм отличается невысокой инерционностью и размерами (рис. 1.10). Механизм состоит из трезвенника $OABC$, в шарнирах A , B , C которого установлены последовательно зацепляющиеся между собой зубчатые колеса 1, 2, 3. Ведомое колесо 3 жестко соединяется с рабочим диском, совершает периодическое вращение. Зубчатое колесо 1 жестко закреплено относительно ведущего кривошипа 5 и выполняет роль толкателя; ролик 4 взаимодействует с пазом кулачка (копира). Это позволяет зубчатому колесу 1 совершать дополнительное корректирующее движение по заложенному в процессе проектирования закону.

На участке, где необходимо устранить обратный поворот, зубчатое колесо 1 будет поворачиваться относительно кривошипа, а на остальной части поворота профиль кулачка будет очерчиваться по дуге окружности с центром в точке O и относительное движение этих двух звеньев будет отсутствовать.

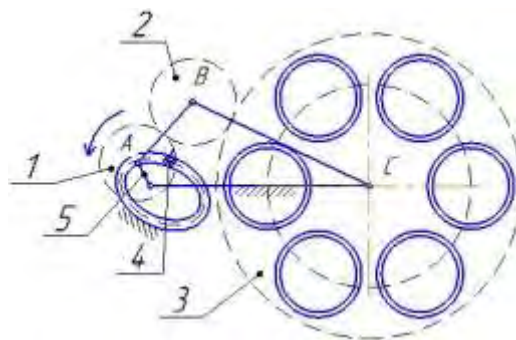


Рисунок 1.10 — Схема шарнирно-зубчатого механизма:

1, 2, 3 — зубчатые колеса; 4 — ролик; 5 — кривошип

Храповой механизм наиболее распространен. У него нет жесткой связи между ведущим звеном-собачкой и ведомым свободно сидящим на оси храповым колесом (рис. 1.11). При остановке собачки рабочий диск продолжает вращение по инерции. Это вызывает необходимость применения постоянно действующих тормозов и фиксаторов.

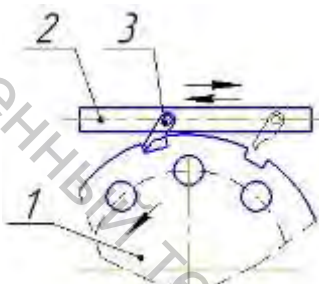


Рисунок 1.11 — Схема храпового механизма:

1 — поворотный диск; 2 — ползушка; 3 — собачка

Рабочие диски должны быть жесткими, сохраняющими в работе первоначальные размеры и в тоже время максимально облегченными для уменьшения инерционных сил. Как правило, по вертикальной оси рабочие диски не перемещаются, но в отдельных случаях они могут иметь перемещение. В массовом производстве для повышения производительности и увеличения выпуска продукции с единицы оборудования гнезда в дисках могут быть расположены в два ряда.

Механизмы торможения предотвращают поворот рабочего диска по инерции. Механизмы торможения используются двух типов: колодочные, действующие на ступицу диска, и дисковые, действующие на верхнюю плоскость диска.

Механизмы фиксации предназначены обеспечить точность позиционирования заготовок. Система фиксации может быть одинарная, когда позиционирование осуществляется одним фиксирующим элементом, и двойная — двумя позиционирующими элементами. Последняя обеспечивает более точную установку рабочего диска и является более надежной.

1.5.5.2 Конструкции шиберных питателей

Шиберные питатели применяют для перемещения заготовок от места загрузки к рабочей зоне обработки в направлении, совпадающем с направлением движения шибера. Шиберные питатели используют для плоских заготовок толщиной свыше 0,3 мм, а также полых цилиндрических или прямоугольных заготовок высотой до 100 мм. В последнем случае на пути перемещения шибера необходимо устанавливать направляющие планки толщиной не менее половины высоты перемещаемых заготовок, такого же размера должен быть и шибер.

Подача заготовок шибером может осуществляться тремя способами: поштучно, дорожкой и ступенчато (рис. 1.12).

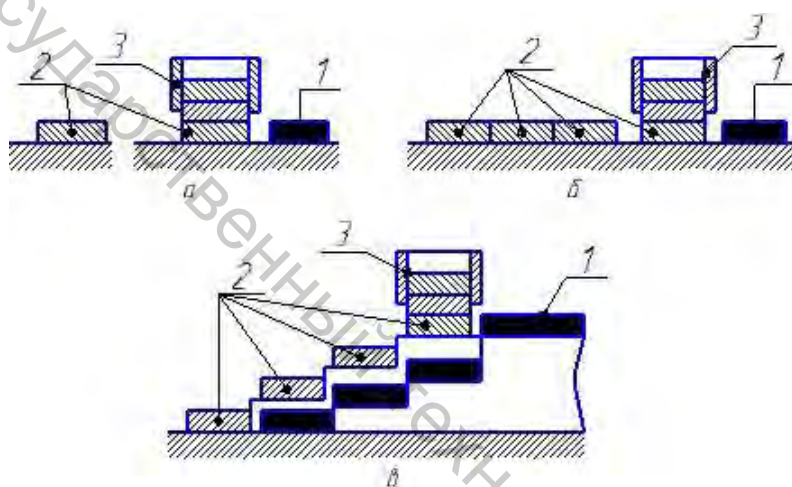


Рисунок 1.12 — Схема способов реализации шиберной подачи заготовок: *а* — поштучно; *б* — дорожкой; *в* — ступенчато; 1 — шибер; 2 — заготовки; 3 — магазин

При однокоординатном движении грейферные линейки совершают поперечное относительно оси грейфера движение для захвата заготовки и отходов, а продольное — для перемещения заготовки с позиции на позицию и возвращения грейфера в исходное положение.

При трехкоординатном движении поперечный ход предназначен для захвата заготовок и отходов; вертикальный — для съема заготовок с фиксаторов штампа и с холостых позиций и укладки на следующие позиции; продольный — для перемещения с позиции на позицию и возвращения линеек в исходное положение.

Однокоординатные грейферы используют в основном для перемещения толстолистовых заготовок на операциях пробивки, гибки, вытяжки, формовки.

Двухкоординатные горизонтальные грейферы наиболее распространены на многопозиционных пресс-автоматах, а вертикальные — на линиях обработки крупных заготовок.

Трехкоординатные рейфры наиболее универсальные, но массы их подвижных частей большие. Поэтому они отличаются повышенной инерционностью подвижных частей. Кроме того, они имеют сложную систему привода.

1.5.6 Сменные устройства накопления

С целью повышения производительности целесообразно обработку производить одновременно группы заготовок в многопозиционных приспособлениях. Для загрузки таких приспособлений используются сменные устройства, которые называются кассеты, а процесс загрузки — кассетированием.

Применение кассет позволяет осуществлять межоперационное транспортирование, хранение, обработку и сборку заготовок по партиям. При этом каждая заготовка соответствующим образом ориентирована, забазирована или закреплена.

Кассетирование позволяет исключить контакты между заготовками, а их координирование упрощает и повышает надежность автоматического поиска и захвата заготовок инструментом или захватным органом системы автоматической загрузки.

В условиях многономенклатурного производства перспективно использование универсальных кассет с изменяющимися размерами и конфигурацией посадочных гнезд или штырей.

Обычно трудоемкость ручной загрузки кассет составляет 25–70 % трудоемкости технологической операции. Большая трудоемкость операций кассетирования обусловила необходимость создания специальных кассетирующих автоматов, позволяющих в 5–10 раз повысить скорость кассетирования.

Используются следующие системы кассетирования: вибромеханическая, пневматическая, вибровакuumная.

1.5.6.1 Вибромеханическая система кассетирования

Существует три основных способа группового кассетирования заготовок в вибромеханических системах: без направленного перемещения потока заготовок по кассете; с направленным перемещением заготовок по кассете; комбинированный — с вращением кассет.

По первому способу заготовки 1 размещают навалом на поверхности горизонтальной кассеты 2 (рис. 1.13, а), которой сообщают

вертикальные или горизонтальные колебания. Под действием вибраций и силы тяжести заготовки попадают в гнезда кассеты, ориентируясь благодаря соответствующей конструкции гнезд.

По второму способу заготовки поступают на поверхность кассеты 2 из бункера 3 по направленной траектории (рис. 1.13, б). Принцип ориентирования такой же, как и в первом случае.

По третьему способу заготовки заполняют барабан 4 (рис. 1.13, в) кассеты 2. Совершают совместно с барабаном вращательное движение. Вибропривод 5 сообщает барабану 4 колебательное движение. В этом случае имеет место циклическое заполнение поверхности кассет и их перемещение в поперечном направлении одновременно со сложным колебательным движением, интенсифицирующим процессы ориентирования и загрузки заготовок.

1.5.6.2 Пневматическая система кассетирования

Особенность пневматических систем кассетирования состоит в том, что на части поверхности заготовки одновременно воздействуют избыточным давлением воздуха и разрежением (вакуумом).

Наиболее успешно пневматические системы применяются для кассетирования заготовок типа тел вращения (рис. 1.14).

В пневматической системе кассетирования трубчатых заготовок 2 с буртиком (рис. 1.14, а) ориентирование заготовок осуществляется подбором давления сжатого воздуха в качающемся бункере 4. При качании бункера заготовки западают в гнезда кассеты 1 как коротким, так и длинным концом примерно с одинаковой вероятностью. Давление в бункере подбирают таким образом, чтобы при верхнем расположении длинного конца в гнезде кассеты заготовки под действием силы тяжести выпадали из гнезд. Наличие вакуумной камеры 3 с отверстиями, расположенными напротив гнезд кассеты, обеспечивает дополнительное подсасывающее действие, и удерживает в гнездах заготовки, запавшие длинным концом. На короткий конец заготовки вакуум не действует вследствие наличия атмосферной полости, разделяющей кассету и вакуумную камеру.

Кассетирование тонкостенных конусных втулок (рис. 1.14, б) обеспечивается специальной конструкцией гнезд, представляющих собой небольшие углубления в кассете с двумя или более сквозными отверстиями 5. Отверстия расположены по окружности фланца втулки и поэтому в гнездах удерживаются лишь втулки, запавшие в них с фланцем.

При кассетировании дисковых заготовок с круговой канавкой (рис. 1.14, в) в гнездах удерживаются лишь заготовки, запавшие в гнезда

вверх канавкой. Заготовки, запавшие в гнезда вниз канавкой, выпадают из гнезд.

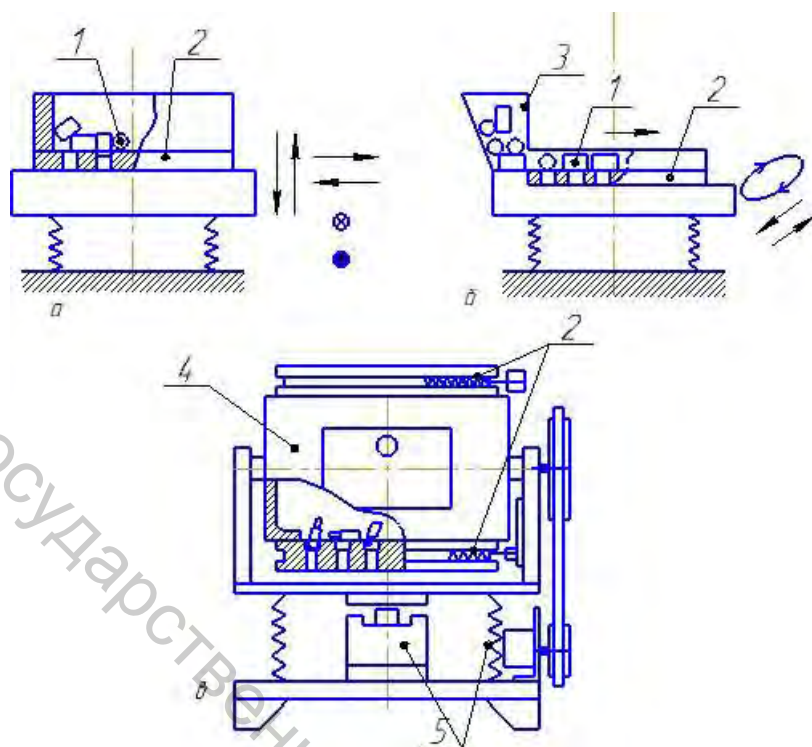


Рисунок 1.13 — Схемы вибромеханических систем группового кассетирования:

1 — заготовки; 2 — кассета; 3 — бункер; 4 — барабан;
5 — вибропривод

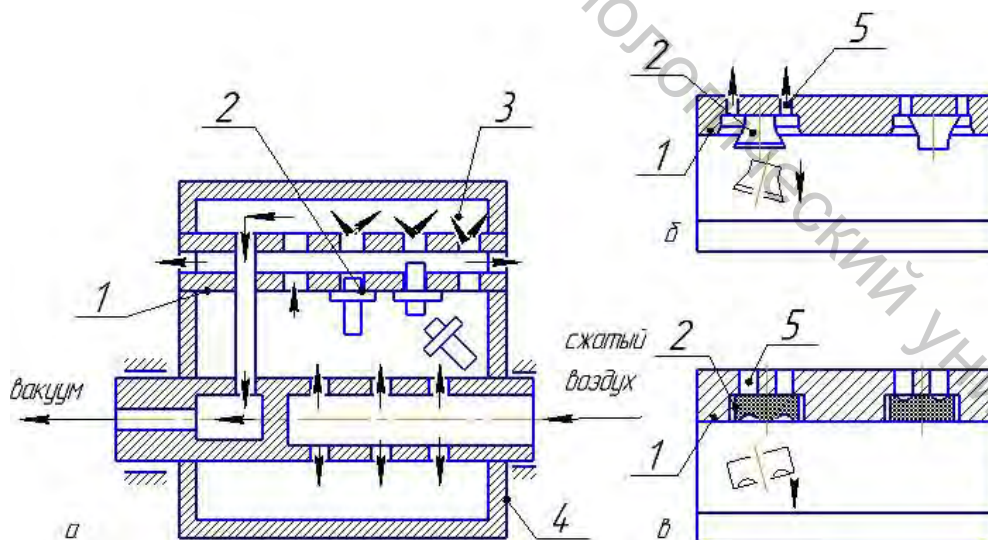


Рисунок 1.14 — Схемы пневматических систем кассетирования заготовок:

а — трубчатых цилиндрических с буртиком, б — конусных,
в — дисковых; 1 — кассета; 2 — заготовка; 3 — вакуумная камера;
4 — бункер; 5 — сквозные отверстия

1.5.6.3 Виды кассет и методы их использования

Кассеты применяются для обработки партиями заготовок на технологических операциях: мойки, обезжиривания, сушки, травления, термообработки, гальванопокрытий и т. п. В случае обработки заготовок при их хаотичном расположении в таре (навалом) возникает брак вследствие слипания, деформации и неравномерной обработки в различных зонах тары. Для получения качественной обработки всех заготовок необходимо размещать их в таре в ориентированном положении. В производстве применяют самые разнообразные по размерам и форме технологические кассеты: круглые, прямоугольные, одно- и многорядные, из различных материалов емкостью от десятков до сотен заготовок.

В целях систематизации типажа кассет и кассетирующих автоматов разработана классификация способов размещения заготовок в технологических кассетах, по признакам плотности, рядности и геометрии (рис. 1.15).

В зависимости от формы заготовки могут располагаться прямолинейно или непрямолинейно. В последнем случае размещение заготовок может иметь вид концентрической окружности, дуги или ломаной линии. В каждом ряде заготовки располагаются с различной плотностью. Возможны и разнообразные комбинированные способы прямолинейного и непрямолинейного размещения заготовок с различной плотностью. Способ размещения заготовок в кассете определяется требованиями технологической операции или емкостью магазина разгрузочного устройства.

При выполнении наиболее ответственных технологических операций недопустимо попадание на поверхность деталей загрязнений в виде пыли, окислов, органических продуктов и т. д. Необходимость соблюдения производственной герметизации предъявляет жесткие требования к оборудованию при осуществлении комплексной автоматизации. Особенно важна проблема сохранения чистоты изделий на протяжении всего технологического цикла, включая межоперационное хранение.

Хранение и межоперационное транспортирование осуществляют в специальной таре, в состав которой входят герметичные контейнеры. Разработка кассет и соответствующей тары с учетом всех технологических требований является частью работ по организации поточно-автоматизированных участков на основе сквозных технологических носителей. Технологический поток с применением сквозных кассет осуществляется по принципу перемещения заготовок с сохранением их первичного ориентирования с минимальным числом перегрузок непосредственно в транспортных системах линий. Внедрение прогрессивной формы ориентации производственного процесса,

исключающего промежуточные перегрузки и неупорядоченное транспортирование заготовок и изделий, позволяет сократить трудоемкость в 2–3 раза, а брак по механическим повреждениям на технологических линиях — до 5–7 %.

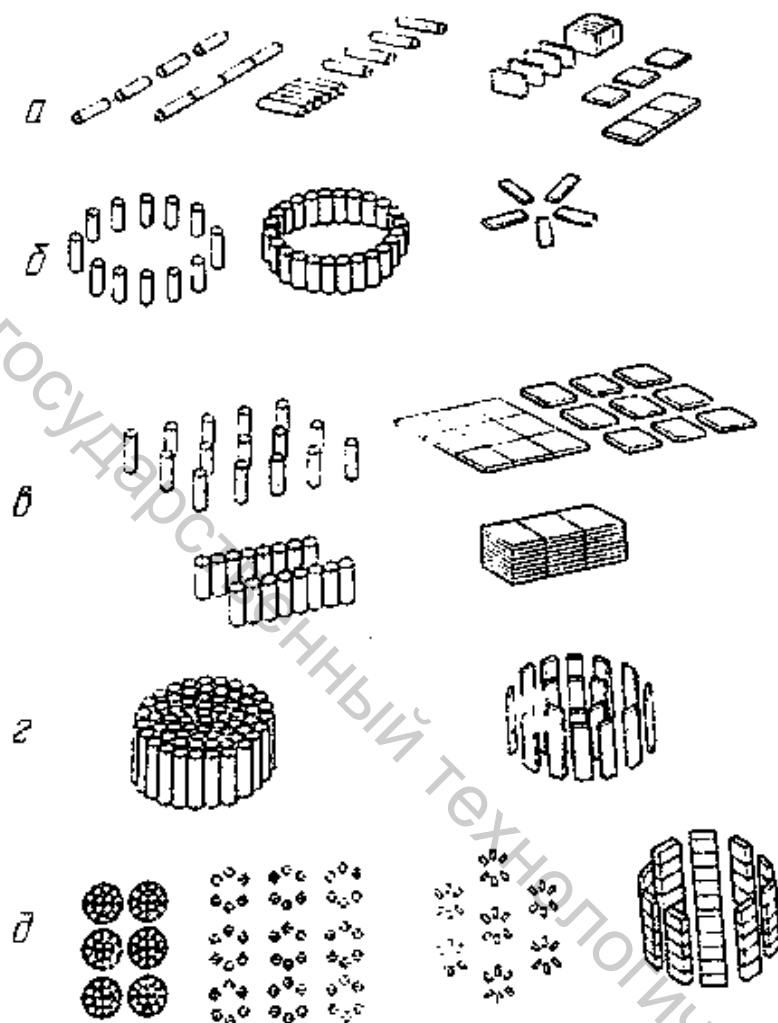


Рисунок 1.15 — Схемы размещения заготовок в технологических кассетах:

а, в — заготовки расположены по прямой линии; *б, г* — заготовки расположены по кругу; *д* — комбинированное расположение заготовок

Применение унифицированных сквозных кассет упрощает решение задач автоматизации загрузки-выгрузки заготовок на различных технологических операциях. Создание кассетных систем хранения и межоперационного транспортирования способствует решению вопросов организации непрерывного технологического процесса, увеличению коэффициента использования оборудования, сокращению длительности производственного цикла.

2 Автоматизация процессов холодной штамповки

2.1 Направления автоматизации холодноштамповочного оборудования

При ручной подаче заготовок, удалении изделий и отходов возможности прессового оборудования используются лишь на 25–30 %, а в ряде случаев и меньше. При полной автоматизации коэффициент использования оборудования может достигать 100 %, однако с учетом потерь времени на переналадку, реально коэффициент использования оборудования составляет 80–95 %.

Автоматизация холодноштамповочного производства осуществляется по следующим направлениям:

- автоматизация процессов штамповки на универсальных прессах;
- штамповка на универсальных штамповочных автоматах, предполагающих переналадку для изготовления различных изделий;
- штамповка на специальных автоматах, предназначенных для изготовления одного определенного изделия;
- штамповка на роторных линиях;
- комплексная автоматизация заготовительных и штамповочных процессов.

Автоматизация штамповки на универсальных прессах производится двумя способами: за счет применения автоматических и полуавтоматических штампов, снабженных устройствами для подачи заготовок; путем оснащения кривошипных прессов универсальными механизмами для подачи заготовок.

Для автоматизации универсальных прессов применяют следующие типы механизмов автоматической подачи заготовок: для ленточного материала — валковый, клино-валковый, крючковой, клещевой; для штучных заготовок — шиберный, магазинный, бункерный, механическая рука.

К универсальным штамповочным автоматам относятся:

- вертикальные автоматические прессы с валковой, клещевой и револьверной подачей заготовок;
- горизонтальные автоматические прессы с бункерной подачей заготовок;
- многопозиционные (многооперационные) прессы;
- пресс-автоматы с нижним приводом.

Специальные штамповочные автоматы получили применение в массовом производстве мелких и средних деталей.

Комплексная автоматизация процессов заготовительных и штамповочных производств получила применение при изготовлении

металлоемких изделий, создающих большие грузопотоки заготовок, изделий и отходов.

2.2 Автоматизация процессов штамповки на универсальных прессах

2.2.1 Устройства подачи рулонного материала

Правильно-разматывающие устройства предназначены для обеспечения перемещения с заданной точностью по шагу и скоростью лент, проволоки, полос, прутков. Это обеспечивается применением в технологических комплексах разматывающих, правильно-разматывающих и правильных устройств. Имеется огромное разнообразие таких устройств, общее назначение которых состоит в разматывании материала из рулона, правке и синхронизации скоростей разматывания и подачи материала в штамп. Разматывающие устройства могут использоваться самостоятельно или в сочетании с правильным механизмом. Часто разматывающие устройства объединяют в одну конструкцию с правильным механизмом.

В производственной практике применяют правильно-разматывающие устройства с фиксацией рулона по внутреннему или наружному диаметрам. При фиксации рулона по внутреннему диаметру (рис. 2.1, а) в конструкции разматывателя применяют раздвижные опоры 1. При этом совместно с фиксацией рулона осуществляется его балансировка. Для фиксации рулонов толщиной ленты свыше 1 мм, шириной до 400 мм и массой 2 т и выше применяют устройства с роликовой опорой 7 по наружному диаметру (рис. 2.2, б).

Для выпрямления свернутой в рулон ленты применяют многовалковые *правильные устройства*. Лента пропускается между правильными приводными 6 и не приводными валками 3. Величина перегибов ленты при правке регулируется положением неприводных валков. Протягивание ленты из разматывающего устройства осуществляется тянущими валками 2. В процессе протягивания ленты между правильными валками возникают знакопеременные напряжения, которые позволяют устранить выпуклости и неровности поверхности ленты. Попутно снимаются заусенцы на торцах ленты, что повышает точность перемещений механизмов подачи. В плоскости правки лента поддерживается направляющими роликами 4. Размер петли поддерживается следящим устройством 5.

Подающие устройства классифицируют по трем основным признакам — расположению, принципу действия и способу захвата. По

расположению устройства могут встраиваться в штампы или являться частью технологического комплекса.

По принципу действия подающие устройства могут быть односторонними — толкающими, тянущими или двухсторонними толкающе-тянущими.

По способу захвата различают следующие типы подач: валковая, клинороликовая, клиноножевая, крючковая. Привод подающих устройств может быть осуществлен от пресса (от главного вала ползуна) и индивидуальный (электрический, гидравлический, пневматический, пневмогидравлический).

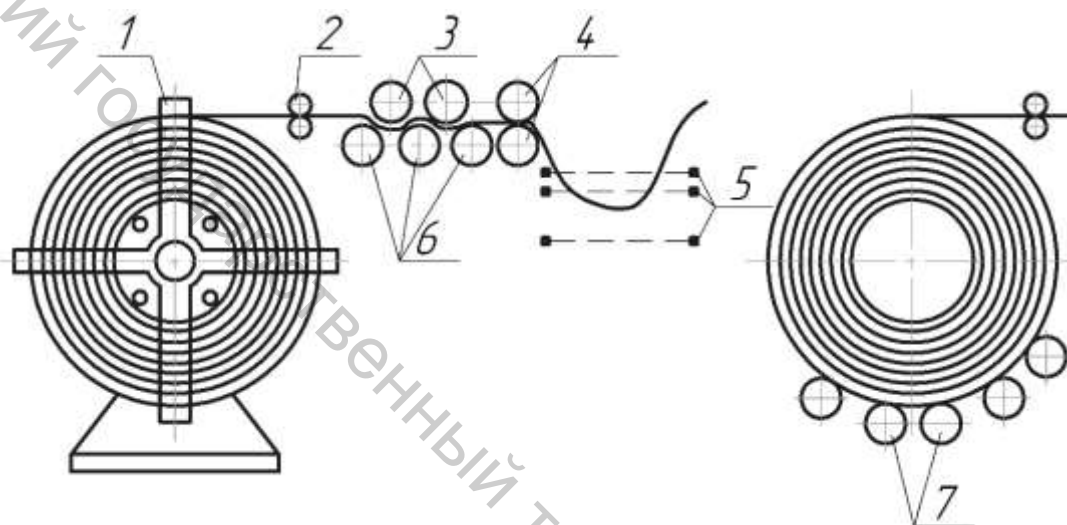


Рисунок 2.1 — Схемы правильно-разматывающих устройств с фиксацией рулонов:

- a* — по внутреннему диаметру, *б* — по наружному диаметру;
 1 — раздвижные опоры, 2 — тянущие валки, 3, 6 — правильные валки;
 4 — направляющие ролики; 5 — следящие устройства;
 7 — опорные ролики

2.2.2 Валковые подачи

Схема конструкции толкающей валковой подачи представлена на рисунке 2.2. Рабочими органами являются валки 3. Захват и перемещение листового материала (ленты, полосы) осуществляется за счет силы трения. Привод валков производится от ползуна пресса и включает тягу 14, поворотный рычаг 12, клинороликовую муфту 13 и зубчатую передачу 10. Вместо муфты может быть задействован храповой механизм. При ходе ползуна пресса вниз (рабочий ход) происходит освобождение ленты от действия валков, которые при этом остаются неподвижными. В процессе холостого хода вверх клинороликовая муфта

заклинивает, и поступательное движение ползуна пресса по кинематической цепи тяга–рычаг–муфта–зубчатая пара преобразуется во вращательное движение валков. Величина перемещения ленты определяется ходом ползуна пресса и длиной рычага, которые устанавливаются в процессе наладки. Усилие сжатия ленты валками, а значит, и сила контактного трения обеспечивается пружинами 5. Точность шага подачи составляет $\pm (0,1-0,2)$ мм.

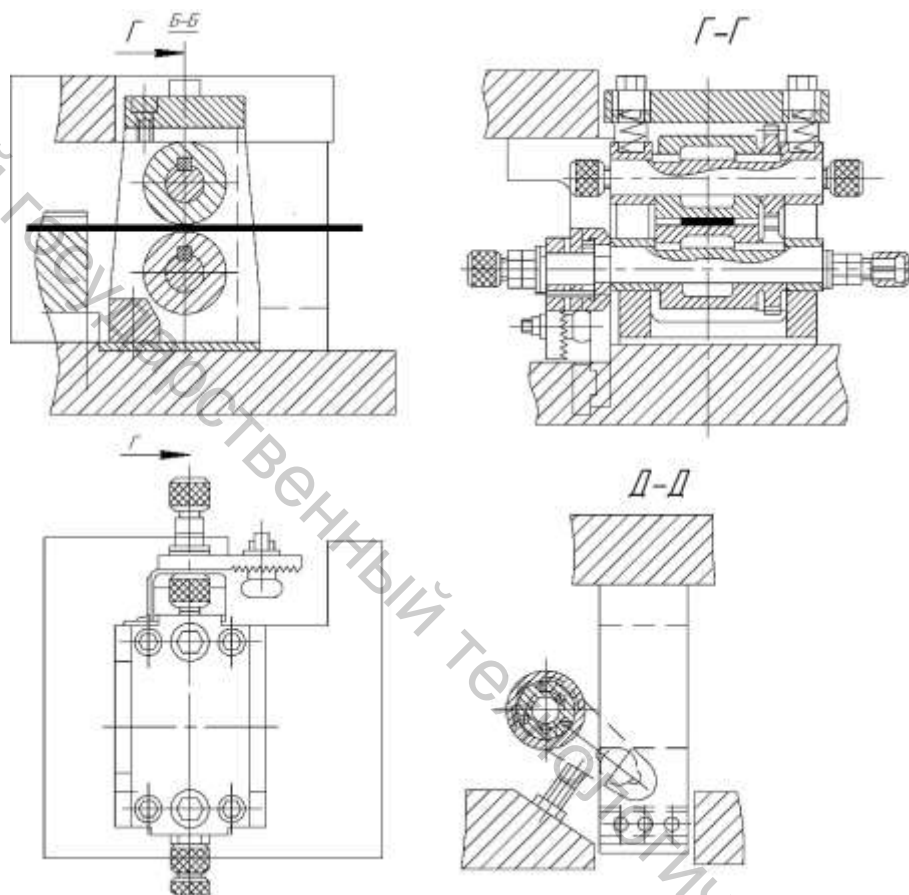


Рисунок 2.2 — Схема односторонней толкающей валковой подачи:

1 — крышка; 2 — корпус; 3 — валок; 4 — пробка; 5 — пружина;
6, 11 — соответственно верхняя и нижняя оси; 7, 9 — соответственно
верхний и нижний подшипник; 8 — масленка; 10 — зубчатая передача;
12 — рычаг; 13 — обгонная муфта; 14 — тяга

В качестве примера на рисунке 2.3 приведена схема конструкции встроенной в штамп валковой подачи двухстороннего действия. Такая конструкция валковой подачи по сравнению с односторонними является более универсальной и применима в большем диапазоне толщин (тянущая при толщине материала 0,1–1 мм; толкающая при толщине материала свыше 1 мм).

Как правило, в штампы, оснащенные встроенной валковой подачей, дополнительно устанавливаются направляющие ролики 1, 2, обеспечивающие направления движения в горизонтальной и

вертикальной плоскостях. Кроме того, штампы оснащаются смазывающе-очищающими устройствами 1.

Для встраивания в гибкие производственные модули используют валковые подачи с индивидуальным приводом, оснащенные системами с ЧПУ. При этом задаются шаг подачи материала, закономерность торможения валков, цикловые команды исполнительных механизмов, переход на штамповку последующих изделий. После завершения штамповки одной детали штамп заменяется, а валковая подача автоматически перенастраивается на штамповку следующей детали.

Валковые подачи с индивидуальным приводом имеют ряд преимуществ перед валковыми подачами с приводом от ползуна прессы. Основной из них является более высокая точность по шагу: дискретность установки шага до 0,01 мм, погрешность шага $\pm (0,05-0,13)$ мм.

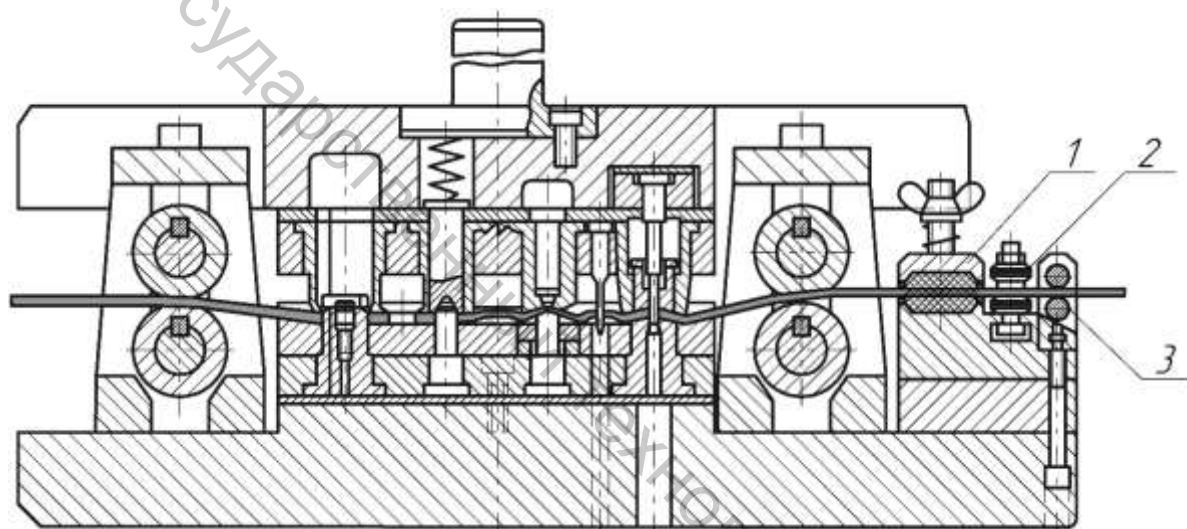


Рисунок 2.3 — Схема конструкции штампа со встроенной валковой подачей двухстороннего действия:

1 — смазывающе-очищающее устройство; 2, 3 — соответственно вертикальные и горизонтальные ролики

2.2.3 Ролико-клиновые механизмы

Рабочими органами являются ролики, захват и перемещение материала происходит за счет самозаклинивания роликов. Механизм ролико-клиновой подачи (рис. 2.4) включает подвижные 2, 5 и неподвижные 8 каретки, установленные на ползушке 10. Прижим 1 поджимает ролики к клиновым обоймам 4 и заклинивает ленту 6. Ролики установлены свободно в гнездах сепараторов 3. Неподвижная каретка 8 препятствует перемещению ленты при обратном ходе подвижных

кареток. Направление движения ленты производится боковыми направляющими роликами 12. Заправка ленты осуществляется путем отвода вручную рукоятки 13.

Движение подвижными кареткам сообщается клиньями, закрепленными на ползуне пресса или на верхней плите штампа. Клинья скошенными поверхностями воздействуют на ролики 15 и перемещают ползушку 10. Возвратное перемещение ползушки производится пружиной сжатия 9. Ограничение обратного хода кареток осуществляется установочным винтом 7. Отсчет величины хода кареток производится по шкале 14 и указателю 11.

Точность шага подачи роlikо-клиновых механизмов составляет $\pm(0,06-0,1)$ мм.

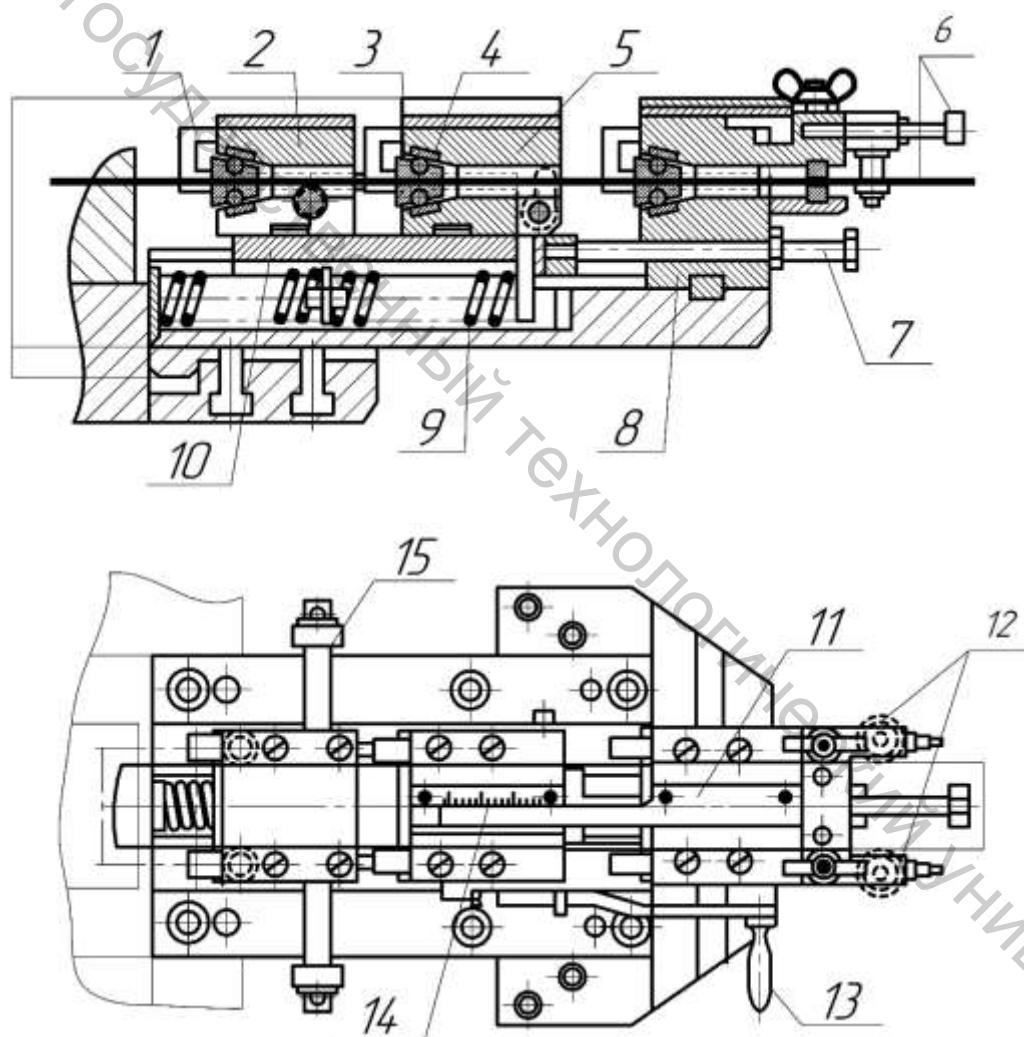


Рисунок 2.4 — Схема механизма роlikо-клиновой подачи:

- 1 — прижим; 2, 5 — подвижные каретки; 3 — сепаратор; 4 — обойма;
 6 — лента; 7 — винт установочный; 8 — каретка неподвижная;
 9 — пружина сжатия; 10 — ползушка; 11 — указатель; 12 — ролики направляющие; 13 — рукоятка; 14 — шкала

2.2.4 Шарико-клиновые механизмы для подачи проволоки

Механизмы шарико-клиновые для подачи проволоки конструктивно выполнены по аналогии с роlikо-клиновыми для подачи ленты (рис. 2.5). Проволока поступает на предприятия в рулонах. Для выпрямления свернутой в рулон проволоки механизмы шарико-клиновой подачи дополнительно оснащают многороликовыми правильными устройствами (см. рис. 2.5).

Проволока пропускается между правильными роliками 10, расположенными в двух взаимно перпендикулярных плоскостях. Проволока многократно изгибается. В ней возникают знакопеременные напряжения, превышающие предел текучести. Это позволяет устранить остаточную кривизну, выпуклости и неровности поверхности материала. Обычно устанавливается не менее 10 роliков. В некоторых случаях правильные роliки могут снабжаться индивидуальными приводами.

2.2.5 Клиноножевые механизмы

Механизмы клиноножевой подачи включают устройства захвата ленты и приводы её перемещения (рис. 2.6). Рабочим органом является нож 1. Захват ленты происходит за счет его заклинивания в процессе частичного внедрения в материал ленты (рис. 2.6, а). Привод осуществляется от двух клиньев, прикрепленных к верхней плите штампа. Передвижение ленты может осуществляться в процессе рабочего хода (рис. 2.6, б) или обратного (рис. 2.6, в).

Схема механизма клиноножевой подачи представлена на рисунке 2.7. Она включает подвижную 1 и неподвижную 3 каретки. Привод каретки 1 осуществляется роliками 10. Возвращение каретки в исходное положение осуществляется пружинами 7, которые упираются в палец 6.

Для наладки подачи на требуемый шаг на подвижной каретке устанавливается регулировочный винт 2. На неподвижной каретке закреплено устройство из войлочных прокладок 5 и прижима 4. Ножи 9 при повороте вокруг осей с помощью пружин 8 заклинивают ленту при перемещении подвижной каретки.

Имеются разнообразные конструкции подобных подач. Их отличает высокая точность шага подачи $\pm (0,02-0,05)$ мм.

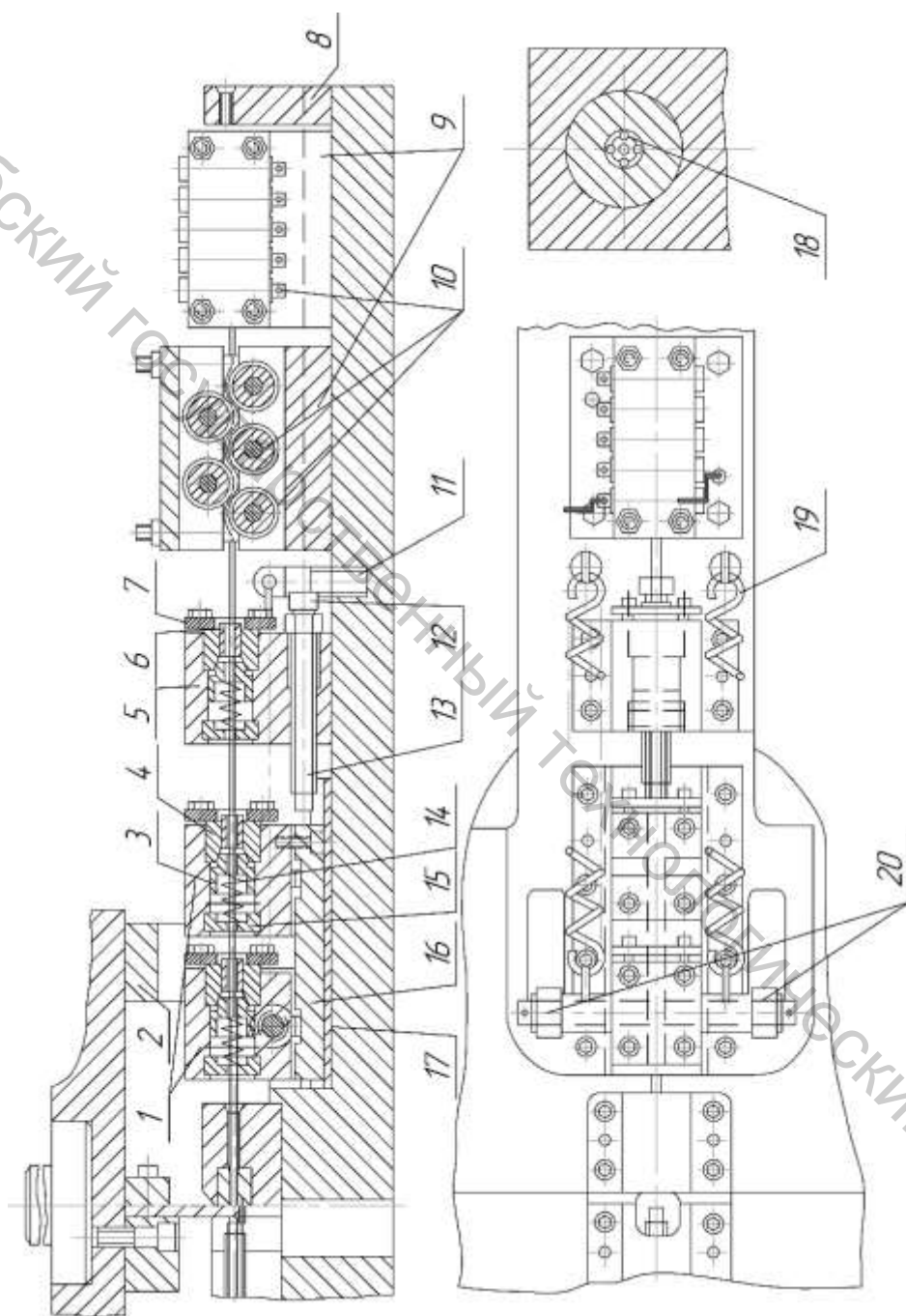


Рисунок 2.5 — Схема конструкции механизма шарико-клиновой подачи проволоки:

- 1 — подвижная каретка; 2 — клин; 3 — сепаратор; 4 — обойма; 5 — неподвижная каретка; 6 — втулка; 7 — крышка; 8 — подставка; 9 — корпус; 10 — направляющие ролики; 11 — винт; 12 — винт регулировочный; 13 — плита; 14 — пружина; 15 — пробка; 16 — ползушка; 17 — подкладка; 18 — шарики; 19 — пружина; 20 — ролики толкающие

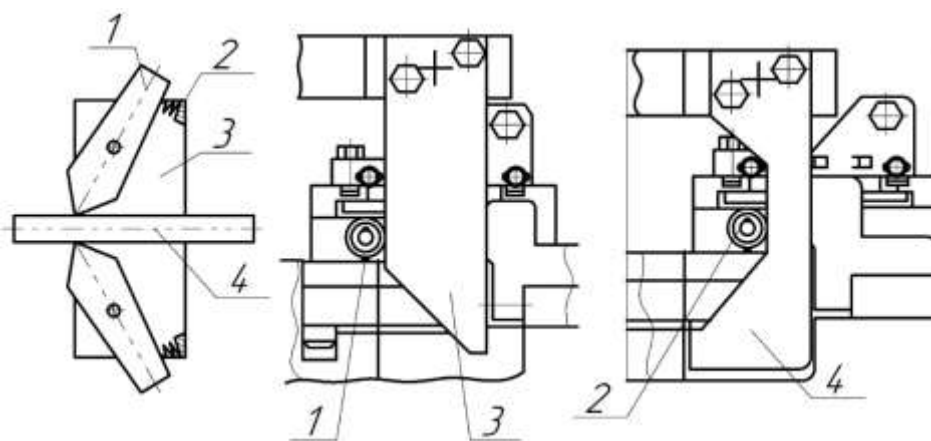


Рисунок 2.6 — Схемы устройств клиноножевого (а) захвата ленты и клиновых (б, в) приводов:

а: 1 — клиновой поворотный нож; 2 — пружина; 3 — каретка подвижная; 4 — полоса; б, в: 1, 2 — ролики; 3, 4 — клинья

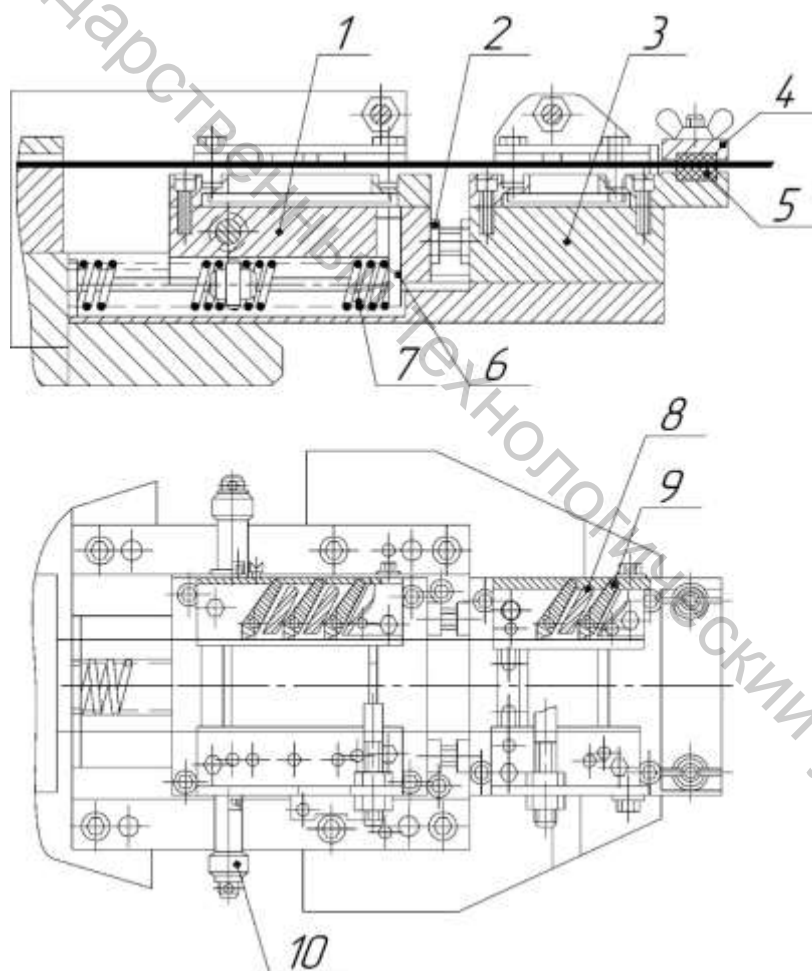


Рисунок 2.7 — Схема конструкции механизма клиноножевой подачи ленты: 1 — подвижная каретка; 2 — винт регулировочный; 3 — неподвижная каретка; 4 — прижим; 5 — войлочная прокладка; 6 — палец; 7, 8 — пружина; 9 — ножи; 10 — ролики

2.2.6 Клещевые механизмы

Механизмы клещевые универсальные в широком диапазоне толщин материала (до 5 мм) обладают повышенной точностью подачи $\pm (0,03-0,2)$ мм. Применяются механизмы двухсторонние толкающе-тянущие и односторонние — толкающие. Широкое применение нашли, как наиболее простые, односторонние толкающие механизмы (рис. 2.8).

Подача ленты в штамп осуществляется подвижной кареткой 14, которая перемещается влево под действием пружины сжатия 11. Отвод каретки вправо и сжатие пружин производится клиньями 15 в процессе рабочего хода ползуна пресса.

Заклинивание ленты и ее удержание в процессе подачи осуществляется ножом 1. Фиксирование ленты в процессе обратного перемещения подвижной каретки производится стопорным ножом 2. Оба ножа установлены на осях 9 и прижимаются к ленте пружинами скручивания 16. Ход подвижной каретки регулируется установленными винтами 12 и 13.

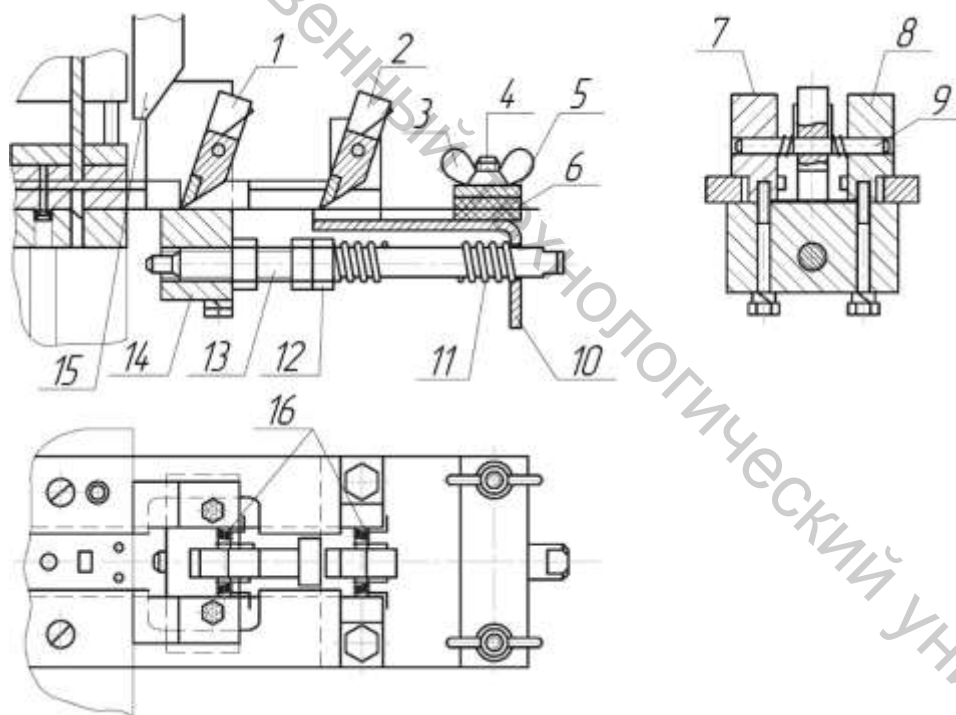


Рисунок 2.8 — Схема конструкции механизма клещевой односторонней подачи ленты:

- 1, 2 — ножи; 3 — гайка-барашек; 4 — болт; 5 — планка;
6 — прокладка; 7, 8 — стойки подвижной каретки; 9 — ось;
10 — неподвижная каретка; 11 — пружина; 12, 13 — установочные винты; 14 — подвижная каретка; 15 — клинья; 16 — пружины

2.2.7 Крючковые механизмы

Рабочим органом подачи является крючок, который перемещает ленту за перемычку. Возможны различные конструкции привода подачи: клиновой от верхней плиты штампа или через тягу от ползуна пресса (рис. 2.9, а, б).

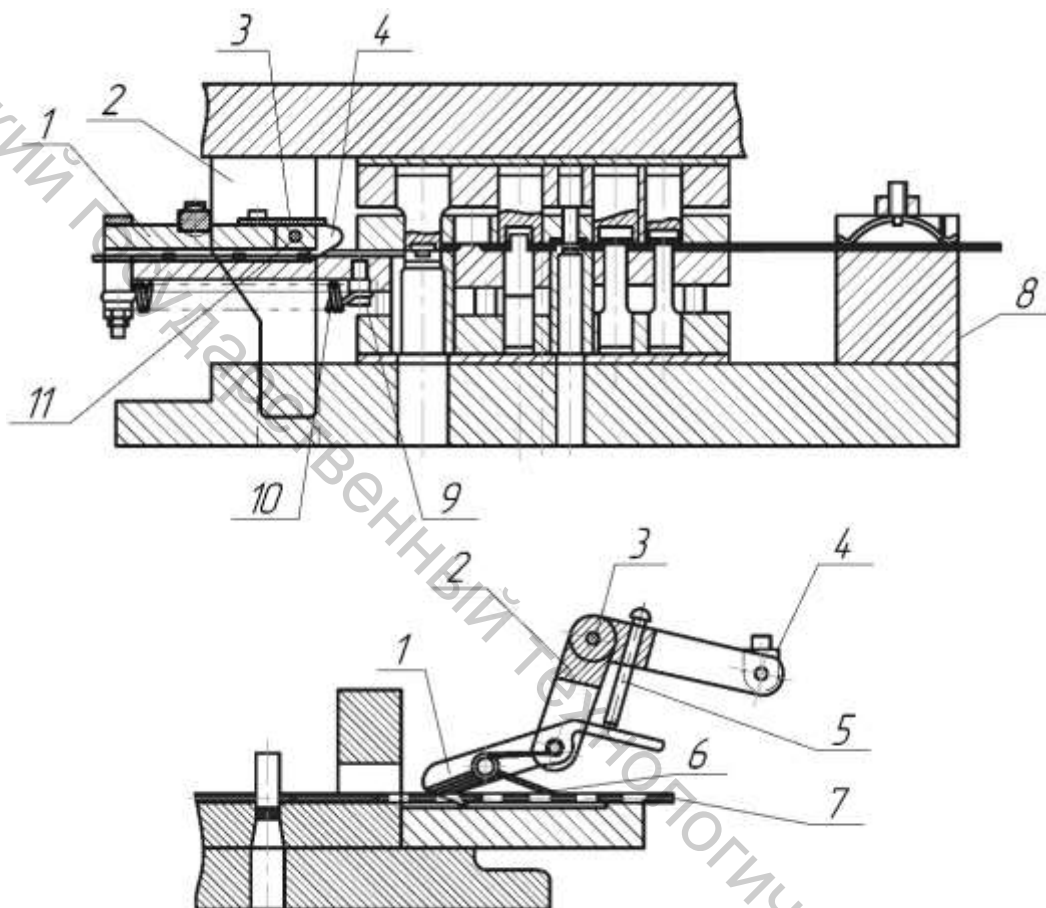


Рисунок 2.9 — Схемы механизмов крючковой подачи ленты с приводами:

- а — от верхней плиты штампа; 1 — ползушка; 2 — клин; 3 — плоская пружина; 4 — крючок; 5 — винт; 6 — планка; 7 — пружина; 8 — кронштейн; 9 — винт; 10 — пружина; 11 — ось; б — от ползуна пресса; 1 — крючок; 2 — рычаг; 3 — ось; 4 — тяга; 5 — винт; 6 — пружина; 7 — лента

Крючок 4 закреплен на оси 11, установленной на ползушке 1 (рис. 2.9, а). Плоской пружиной 3 крючок прижимается к ползушке, на которой расположена лента. В процессе движения плиты штампа вниз происходит перемещение клином влево ползушки 1. Крючок 4 за перемычку передвигает ленту на величину шага. При подъеме плиты штампа ползушка под действием пружины 10 возвращается в исходное

положение; при этом крючок приподнимается на толщину ленты и зацепляется за следующую перемычку.

Механизм крючковой подачи с приводом от ползуна представлен на рисунке 2.9, б. Механизм подачи состоит из крючка 1, двухплечевого рычага 2, закрепленного на оси кронштейна 3, и тяги 4, соединенной с ползуном пресса. При ходе ползуна пресса вверх крючок перемещает ленту 7 вправо. При ходе ползуна вниз правый конец крючка упорным винтом 5 приподнимается над лентой и возвращается в исходное положение. Пружина 6 удерживает ленту от перемещения влево и гасит инерционные силы.

Крючковые механизмы подачи обслуживают прессы с числом 3–5 двойных ходов в секунду при толщине ленты 0,5–5 мм и шириной до 150 мм. Точность шага зависит не только от точности перемещения, но и от жесткости перемычки. Поэтому точность невысокая и составляет $\pm (0,3–0,5)$ мм.

2.2.8 Автоматизация средств подачи листового материала

Подача полос. Для автоматизации штамповки деталей из полос используют комплексы оборудования в составе пресса с автоматическим (валковой или клещевой подачей) полосоподавателем, механизма поштучной выдачи полос и механизма для резки или укладки отходов полосы.

Для поштучной выдачи полос применяют различные схемы, одна из которых представлена на рисунке 2.10.

Общая структурная схема полосоподавателя обычно характеризуется наличием следующих элементов: загрузочной позиции, механизма передачи стопы на рабочую позицию, рабочей позиции, механизма отделения полосы от стопы и механизма выдачи полосы в шаговую подачу.

Загрузочная позиция обеспечивает прием стопы (кассеты) полос в процессе работы комплекса, т. е. исключает из цикла работы подготовительное время и обеспечивает безопасные условия работы, т. к. загрузка полос осуществляется вне зоны действия механизмов полосоподавателя. Механизм передачи стопы на рабочую позицию с загрузочной выполняется механически (транспортёр) или ручным приводом.

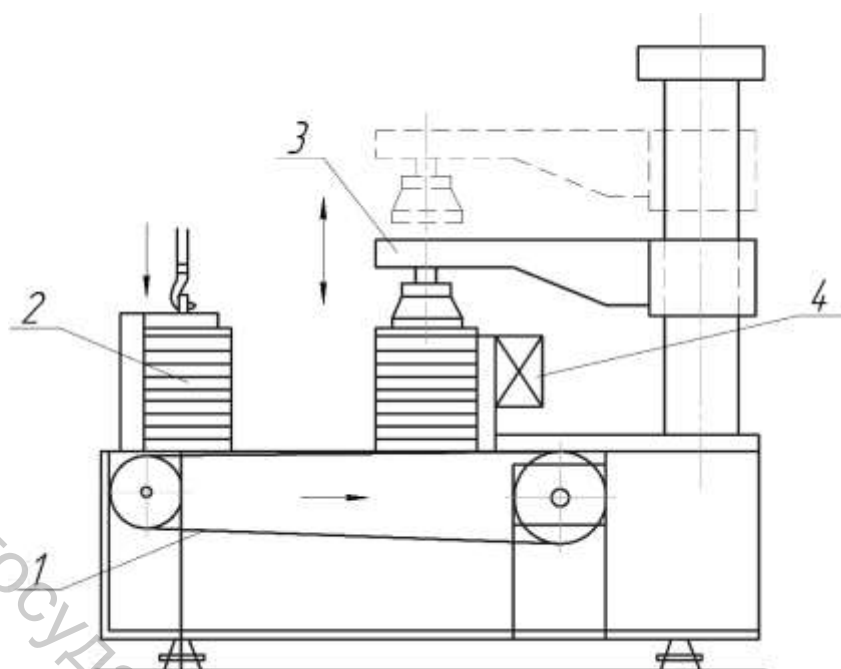


Рисунок 2.10 — Схема полосоподавателя с манипулятором и загрузочной позицией стопы полос:

- 1 — транспортер для передачи стопы полос от загрузочной позиции в зону работы манипулятора; 2 — позиция загрузки стопы полос электротельфером; 3 — манипулятор-полосоподаватель; 4 — электромагнитный распушиватель полос

Отделение полос от стопы осуществляется: пневмоприсосами, магнитными шайбами, фрикционными роликами, шибберными питателями. Выдача полос в шаговые подачи осуществляется обычно приводными валками с пневматическим, гидравлическим или электромеханическим приводом.

Подача листов. Для автоматизации штамповки крупногабаритных деталей, исходной заготовкой которых является лист, в отечественной и зарубежной практике используется большое количество различных манипуляторов, листоукладчиков, механизмов поштучной выдачи листов и др. Такие механизмы, как правило, поставляются в составе автоматических комплексов или линий и объединены единой схемой с оборудованием.

Автоматизация процессов вырубки, пробивка различных по форме отверстий, прямолинейная и криволинейная высечка, зачистка гребешков вырубленных из листа деталей осуществляется на координатно-револьверных прессах с ЧПУ. Такие прессы применяются в различных отраслях при серийном и единичном производствах.

Все узлы прессы с ЧПУ расположены на станине портального типа: привод ползунов, инструментальная головка с комплектами инструментов. Основным механизмом всех подач является координатный стол, совершающий прерывистое шаговое перемещение

по двум координатам в горизонтальной плоскости по заданному закону. Механизм подачи представляет собой координатный стол, в котором каретка перемещается по направлению станины, а листодержатель — по направляющим каретки.

Большие размеры листов в плане (до 1600×2000 мм) позволяют осуществлять на прессе групповой раскрой деталей одного или различных типоразмеров, что позволяет существенно снизить потери времени на загрузку-выгрузку и тем самым повысить коэффициент использования пресса.

Заготовки максимальных габаритных размеров могут достигать 120 кг. В связи с этим прессы оснащаются устройством загрузки-выгрузки листа. Высота стопы листовых заготовок может достигать 250 мм, что обеспечивает работу пресса в автоматическом режиме в течение 0,5–1 смены в зависимости от темпа работы оборудования.

2.3 Штамповка на автоматизированных прессах

2.3.1 Однопозиционные листоштамповочные прессы-автоматы

Для массового производства простых по форме деталей применяются однопозиционные листоштамповочные прессы, отличающиеся высокой быстроходностью (частота ходов 800–900 мин⁻¹), наличием автоматической подачи ленты или штучных заготовок, достаточно быстрой и простой наладкой.

В большинстве конструкций прессов применяют два шатуна. Это объясняется тем, что при большой частоте ходов динамические силы на шатуне пресса могут в 2,5–4 раза превышать технологическую силу, а при разгрузке в 2 раза.

Для подачи ленточного материала применяются валковые подачи. Для обеспечения синхронизации привод валков осуществляется от коленчатого вала, хотя применяют и индивидуальный привод подачи. Обычно скорость подачи — 60–80 м/мин, точность подачи составляет $\pm (0,02–0,04)$ мм.

Удаление отштампованных деталей осуществляется в ориентированном состоянии «на провал» в специальный канал, либо вместе с отходом, который захватывается магнитным вращающимся валком. Возможно также применение ножниц для измельчения отходов.

Современные пресс-автоматы имеют компьютерное программное управление. Типовая конструкция автоматизированного пресса представлена на рисунке 2.11. Пресс комплектуется клещевой подачей 8,

правильным устройством 6, разматывающим устройством 2. Станина разматывающего устройства сборно-сварная, на ней расположены все основные узлы устройства. Привод устройства от электродвигателя постоянного тока. Вращение через клиноременную и зубчатую передачи передается на шпиндель барабана. На другом конце шпинделя установлен гидроцилиндр привода щек зажима рулона. Сверху на станине монтируется прижимной ролик 1, который удерживает рулон при размотке и контролирует изменение диаметра. Стол 4, закрепленный на лапе станины, предназначен для заправки ленты в правильное устройство. Подъем и опускание стола и прижимного ролика осуществляется гидроцилиндрами.

Правильное устройство 6 предназначено для правки рулонного материала. В него входят станина, привод, правильная головка, стол с роликами, стол петлевого компенсатора, ножницы 5, гидроцилиндр. Правильная головка семивалковая. Нижние четыре вала являются приводными. Верхние правильные регулируются по высоте относительно нижних с помощью гидроцилиндров и рычажной системы. Привод валков осуществляется от электродвигателя постоянного тока через втулочно-пальцевую муфту и зубчатую передачу. Электропривод регулируемый, реверсивный. На входе и выходе головки установлены две пары тянущих приводных валов.

Перед заправкой ленты в правильное устройство ее дефектный конец обрезается ножницами 5. Привод ножниц от гидроцилиндра. Стол с роликами и подгибочным валком служат для заправки ленты в правильное устройство. Выправленная со стола петлевого компенсатора 7 лента направляется в клещевую подачу 8, которая периодически подает ее в штамп 9, установленный на прессе 10.

2.3.2 Многопозиционные листоштамповочные прессы-автоматы

Листоштамповочные многопозиционные автоматы предназначены для автоматизированной штамповки деталей путем реализации ряда последовательных операций или переходов. Все операции производятся одновременно, и при каждом ходе ползуна пресса изготавливается одна или несколько деталей в зависимости от количества последовательных или параллельных технологических потоков.

Многопозиционные автоматы классифицируют: по назначению — на универсальные и специализированные; по приводу — на механические и гидравлические; по направлению движения ползуна — с вертикальным и горизонтальным движением ползуна.

Многопозиционные автоматы снабжаются устройствами подачи материала, переноса полуфабрикатов, буферными и выталкивающими устройствами. Основные характеристики многопозиционных автоматов определены ГОСТ 8260-78.

Вся совокупность необходимых инструментов размещается на длинном столе и ползуне пресса, причем последовательность расположения инструмента определяется последовательностью операций или переходов.

На каждой позиции предусмотрена автономная регулировка штамповой высоты, а также выталкивателей в столе пресса. Передача полуфабриката с позиции на позицию осуществляется грейферной подачей, выполняющей захват полуфабриката, его перемещение на шаг в инструмент следующей операции, затем до начала рабочего хода раздвижение захватов и возврат их в прежнее положение.

Обязательной принадлежностью многопозиционного автомата является буферное устройство, предназначенное для обеспечения усилия прижима при вытяжке или выталкивание детали из нижней части штампа. Эти устройства монтируют в столе автомата на каждой его позиции. На автоматах небольших усилий используют пружинные или резиновые буферные устройства.

На многопозиционных автоматах применяют в основном пневматические или гидропневматические буферные устройства. Пневматические подушки обычно изготавливают многопоршневыми с расположением цилиндров в один за другим в вертикальном направлении. Для поддержания постоянного давления воздуха, поступающего в цилиндры, предназначены ресиверы. Подвод сжатого воздуха редуцированием обеспечивает плавную и надежную регулировку усилия подушки в широком диапазоне.

Для сокращения времени на переналадку на многопозиционных автоматах используют устройства для механизации съема и установки штампов. На малых и средних автоматах на задней стороне стола устанавливают кронштейны с роликами, по которым подштамповая плита с комплектом штампов выдвигается из рабочей зоны. В столе смонтированы цилиндры, поднимающие плиту на уровень рольганга. При установке штампов подштамповая плита выставляется по упорам-фиксаторам и крепится к столу быстродействующими зажимами.

На многопозиционных автоматах применяют также устройства для смазки штампуемых деталей, охлаждения инструмента и другие устройства, обеспечивающие автоматическую работу.

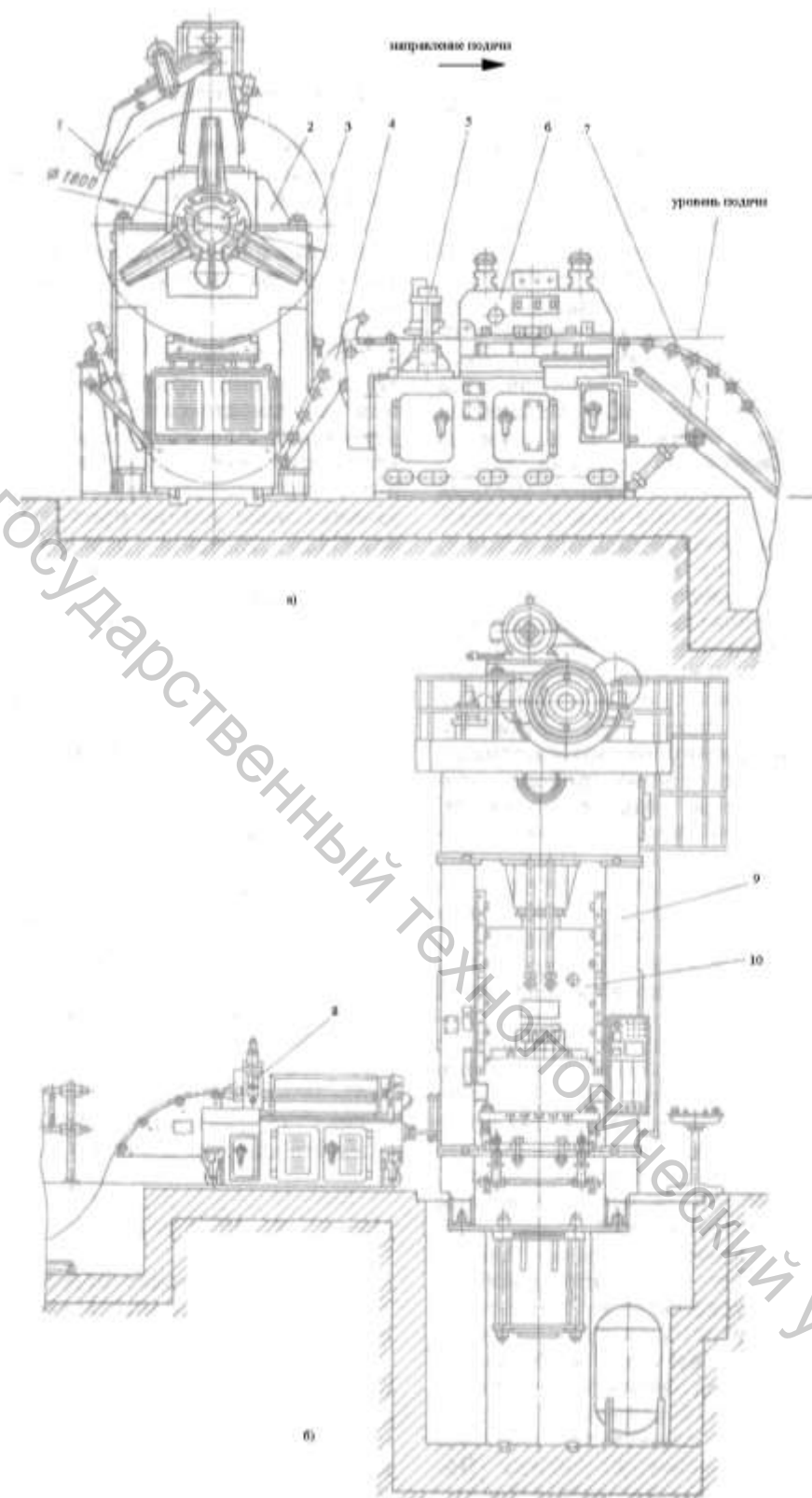


Рисунок 2.11 — Типовая конструкция автоматизированного пресса:
а — разматывающие и правильные устройства; *б* — пресс с автоматической подачей; 1 — прижимной ролик; 2 — разматывающее устройство; 3 — тележка; 4 — стол; 5 — ножницы; 6 — правильное устройство; 7 — петлевой компенсатор; 8 — клещевая подача; 9 — штамп; 10 — пресс

Находят широкое применение многопозиционные автоматы, создаваемые из отдельных модулей. В качестве модуля используются отдельные прессы, объединяемые общим автоматическим механизмом подачи. Можно варьировать количеством составляющих прессов в зависимости от выполняемой работы. Капитальные затраты при этом снижаются на 20–50 % по сравнению с затратами на обычный многопозиционный автомат с идентичными технологическими возможностями.

Автоматы такого типа могут быть использованы как в крупносерийном, так и в мелкосерийном производствах, тогда как обычные многопозиционные автоматы в основном целесообразны в крупносерийном и массовом производствах.

Для изготовления штампованных деталей во многих случаях требуется последовательно осуществить ряд формообразующих и разделительных операций и переходов. При использовании отдельных прессов возникает ряд проблем, связанных с организацией производства. Использование автоматизированных многопозиционных прессов, оснащенных транспортирующими устройствами, позволяет устранить эти трудности. Кроме того, многопозиционная штамповка с переносом изделий с позиции на позицию имеет ряд существенных преимуществ перед штамповкой на отдельных прессах.

Штамповка на многопозиционных автоматах отличается высокой производительностью, в некоторых случаях она возрастает в 20–30 раз по сравнению с однопозиционными. При переходе на автоматическую штамповку высвобождаются производственные площади, занимаемые обычными прессами.

Использование специальных приспособлений на многопозиционных автоматах позволяет осуществить ряд дополнительных операций, таких как подрезка торца, накатка, нарезание резьбы, сборка и др.

Многопозиционные автоматы характеризуются широкими технологическими возможностями. Последовательной многопозиционной штамповкой получают цилиндрические, сферические, конические, коробчатые детали (рис. 2.12).

Штамповка мелких деталей на многопозиционных автоматах нашла широкое применение в электронной промышленности, приборостроении. Накоплен большой опыт штамповки как мелких, так и крупных деталей. Многопозиционные автоматы нашли широкое применение в автотракторной промышленности при изготовлении корпусных деталей и отражателей, различного типа световых приборов, кожухов фильтров, шкивов, элементов канцелярских товаров и пр.

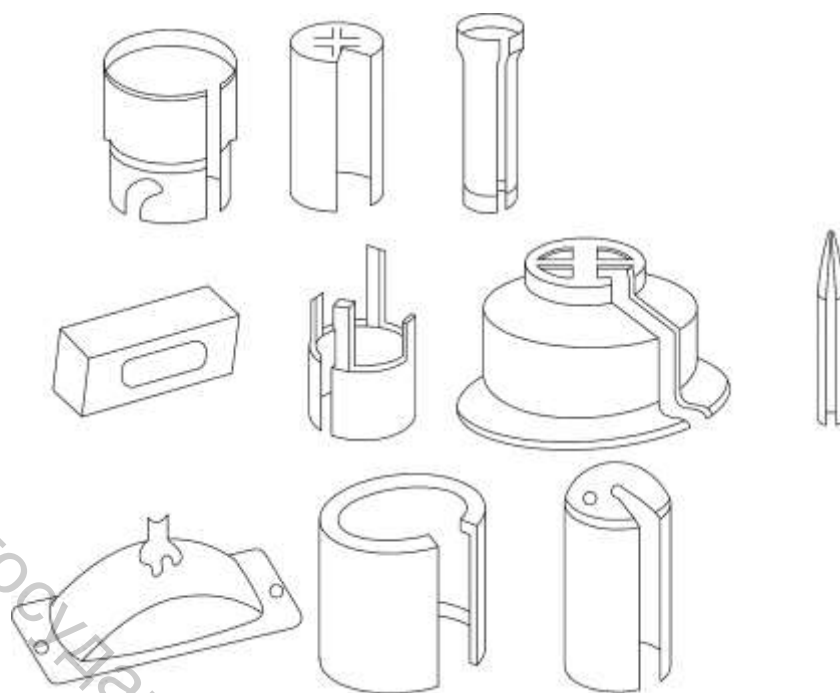


Рисунок 2.12 — Примеры деталей, изготавливаемых на многопозиционных автоматах

Применение многопозиционных автоматов ставит ряд производственных задач, без решения которых невозможна качественная эксплуатация автоматов. К таким задачам относятся:

- выбор типа многопозиционного автомата;
- рациональное построение технологического процесса;
- качественное проектирование, изготовление оснастки и различных приспособлений;
- организация обслуживания и наладки автомата;
- обеспечение материалами, обеспечивающими стабильность технологического процесса.

При изготовлении деталей, требующих большого числа формообразующих операций, особенно вытяжных, качество металла должно обеспечивать стабильность технологического процесса. Особое внимание должно быть обращено на свойства металла, характеризующие способность к глубокой вытяжке, шероховатость поверхности, допуск на толщину исходного материала. Марку материала назначают при обработке технологичности конструкции детали.

Правильное обоснование выбора типа автомата, учет возможных сложностей в организационном и технологическом плане позволяют добиться значительной экономической эффективности при штамповке на многопозиционных автоматах.

2.3.3 Гибкие промышленные модули для штамповки деталей на базе координатно-прецизионных прессов

Листовой материал является наиболее технологичным в процессах штамповки. В традиционных технологиях преимущественно используются полосы, полученные отрезанием от листа. В процессе отрезания от листа полосы деформируются путем продольного скручивания. Это предопределяет необходимость дополнительной операции — правки полос. Геометрические размеры полос определяются схемой раскроя с учетом перемычек.

При переходе от одного изделия к другому производится ручная переналадка штампового инструмента, нарезка полос в соответствии с новой схемой раскроя, правка и т. д.

Технологический процесс штамповки коренным образом изменяется при использовании цельных листов. В этом случае цельные листы в соответствии с заданными координатами автоматически перемещаются относительно инструмента. Переход от одной операции к другой или замена изделий осуществляется автоматически переустановкой штампового инструмента.

Обработке подлежат листовые материалы толщиной от 0,5 до 12 мм в зависимости от типоразмера применяемого оборудования.

Сортамент обрабатываемого листового материала: различные марки сталей, алюминиевые и медные сплавы; при использовании лазера (плазмы) дополнительно могут быть подвергнуты обработке неметаллические материалы: фанера, картон, оргстекло, стеклотекстолит и др.

Размеры обрабатываемых листов в плане от 250×250 мм до 1600×4000 мм. На ГПМ могут изготавливаться различного типа детали: мелкие (шайбы, гайки); средние (лючки, прокладки, крышки); большие (двери электрошкафов, пульта, шасси, панели различных приборов и оборудования) с числом отверстий до 1000 и более.

Использование на практике ГПМ позволяет в ряде случаев: заменить до 10–20 единиц различного вида оборудования (в том числе прессового), повысить на 10–25 % коэффициент использования металла, снизить процент брака, полностью выполнить технологические операции за одну установку на прессе.

Возможно выполнение следующих технологических операций: поэлементная вырубка различных отверстий, контурная высека, зачистка, нарезание резьбы, отбортовка отверстий, неглубокая вытяжка, кернение, маркировка, изготовление жалюзи, лазерная или плазменная резка.

Координатно-прецизионные прессы, оснащенные ЧПУ, являются одним из наиболее прогрессивных видов листоштамповочного

оборудования. Выпускаемое оборудование отличается следующими основными признаками.

По типу инструментального магазина: револьверная головка; блок с прямолинейным расположением инструмента; однопозиционный блок, инструмент в котором меняется вручную или автоматически.

По типу привода ползуна пресса: механический, гидравлический.

По типу привода кареток стола: передача винт-гайка качения; рейка-шестерня.

В современных системах с ЧПУ предусмотрены: диагностика, диалоговый режим, дисплей для вычерчивания изготавливаемой детали, режим автоматического составления управляющей программы при вводе лишь координат отверстий. Это значительно сокращает время запуска новой детали в производство и существенно облегчает труд оператора и программиста.

Практически любой координатно-прецизионный пресс с ЧПУ может быть оснащен лазерной или плазменной установкой для совмещения лазерной (плазменной) резки и пробивки и штамповки. Такие конструкции называются лазер-прессами и плазма-прессами. Производительность лазер-прессов и плазма-прессов значительно выше чисто резательной координатно-прецизионных прессов. До толщины заготовок 12 мм, как правило, используются лазер-прессы, а в диапазоне от 12 до 25 мм — плазма-прессы.

На рисунке 2.13 представлен координатно-пробивной станок фирмы Trumpf.

Станина 1 пресса представляет собой С-образную раму. Конструкция такого типа станины обеспечивает возможность расположения и перемещения крупногабаритного листового материала на столе пресса, а также удобный трехсторонний доступ к прессу. Такая конструкция станины также обеспечивает достаточное пространство для ручной или автоматической загрузки и выгрузки листов. В верхней части станины расположена инструментальная головка 2, предназначенная для установки, закрепления и сообщения движения пуансоном. В нижней части стола пресса строго соосно с инструментальной головкой установлен матрицедержатель. Расстояние между пуансоном и матрицей составляет 15–25 мм, что достаточно для перемещения заготовки между ними. Смена комплексов инструментов производится автоматически. Полный набор инструментов находится в линейном магазине 11. Одновременно в магазине может находиться до 27 комплектов. При изменении номенклатуры штампуемых изделий производится частичная или полная в соответствии с технологическим процессом замена находящихся в магазине инструментов.

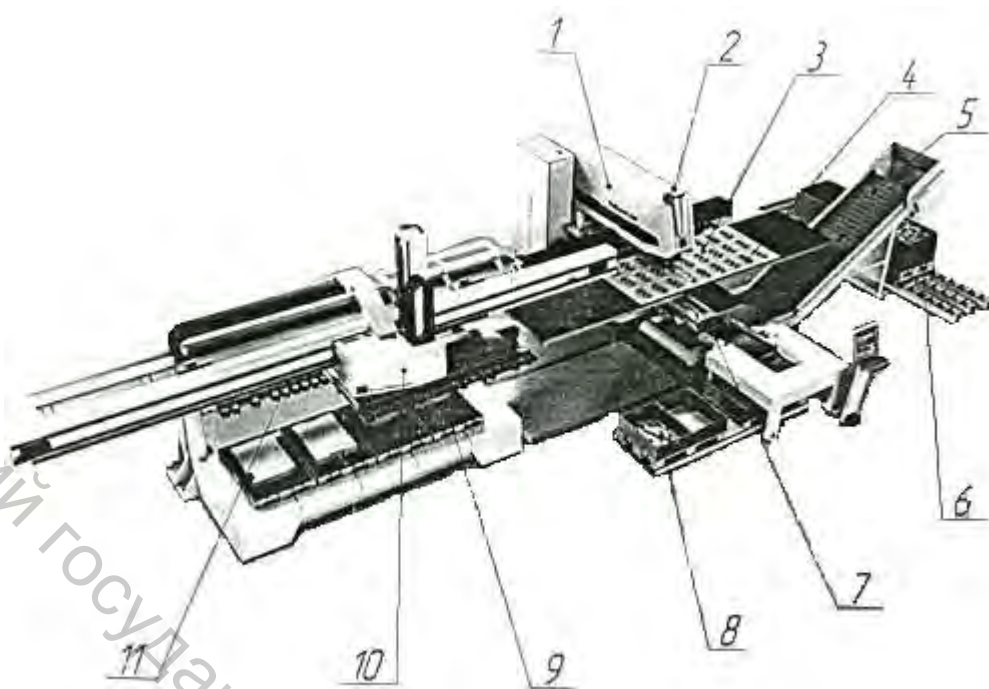


Рисунок 2.13 — Координатно-пробивной станок Trumf TruPunch 3000:

- 1 — С-образная станина; 2 — инструментальная головка;
 3 — координатный стол; 4 — щеточные опоры; 5 — устройство для переработки, транспортирования и укладки отходов; 6 — контейнеры для отходов; 7 — устройство для сортировки и размещения готовых деталей; 8 — европаллеты; 9 — стол для укладки листового материала; 10 — укладчик; 11 — линейный инструментальный магазин

Координатный стол 3 представляет собой прецизионный узел, состоящий из двух кареток, которые перемещаются по направляющим в горизонтальной плоскости в двух взаимно перпендикулярных направлениях. На одной из кареток устанавливаются два или более листодержателя, конструкция которых обеспечивает быстрый зажим и разжим заготовок. Заготовка перемещается и поддерживается в горизонтальной плоскости на щеточных опорах 4. Щеточные опоры представляют собой пучок жестких нейлоновых волокон, покрытых мягкой резиновой оболочкой. Перемещение листовых заготовок осуществляется по вершинам волокон.

Пресс работает следующим образом. Изначально проводится загрузка прессы. Листовой материал укладчиком 10, снабженным вакуумными присосками, переносится с транспортной тележки и стопкой укладывается на загрузочный стол 9. Затем листы поштучно укладчиком переносятся на подвижный стол прессы. Одновременно осуществляется быстрое перемещение и складирование отходов предшествующего листа.

Из одного листа возможно параллельное изготовление до шести различных по конструкции изделий, которые специальным устройством

сортируются и укладываются на европаллеты. Листовые отходы измельчаются и загружаются в специальные контейнеры непосредственно в процессе изготовления изделий. Совмещение процессов изготовления изделий и переработки отходов позволяет повысить производительность труда.

Уложенный на вершины щеток лист захватывается подвижными зажимами, которые перемещаются по направляющим, расположенным в столе пресса. Стол и зажимы независимо друг от друга передвигаются взаимно перпендикулярно по двум осям X и Y . Скорости линейных передвижений зажимов и стола могут быть как одинаковы, так и различными, и изменяться в пределах 1–2 м/с. Кроме того, предусмотрено вращательное движение пуансона и матрицы относительно вертикальной оси. Скорости вращательного движения достигают $5,5 \text{ с}^{-1}$.

Процесс позиционирования листа состоит из трех стадий перемещения: ускорения, равномерного движения и замедления. Ускорение движения в зависимости от массы заготовки может составлять 10–20 м/с². Максимально допустимая масса заготовки может достигать 200 кг. Инерционные силы, возникающие при ускоренном и замедленном движении, существенно влияют на точность позиционирования. Система ЧПУ пресса вычисляет и назначает в зависимости от массы листа допустимые значения ускорения и замедления. Точность позиционирования при этом составляет $\pm 0,1 \text{ мм}$.

2.3.3.1 Инструмент для координатно-прецизионных прессов

Для обработки листового материала на координатно-прецизионных прессах применяются простые и дешевые комплекты инструментов, в состав которых входят:

- пуансоны, устанавливаемые в универсальные пуансонодержатели;
- матрицы, устанавливаемые в универсальные матрицедержатели;
- прижимы-съемники, устанавливаемые в универсальный прижим.

Обработка на координатно-прецизионных станках позволяет реализовать множество различных технологических операций, которые можно разделить на две группы: операции, реализуемые методами обработки давлением, и операции, реализуемые методами резания.

На рисунке 2.14 представлена схема конструкции инструментального блока для пробивки отверстий.

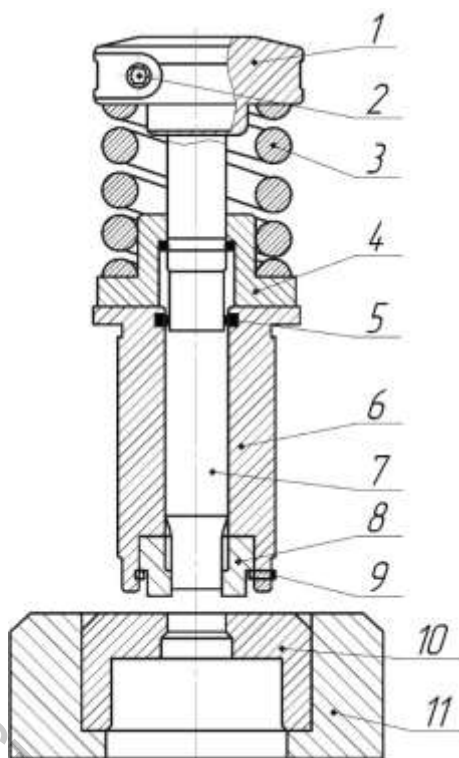


Рисунок 2.14 — Конструкция инструментального блока для пробивки отверстий

Комплект инструмента включает головку пуансона 1, крепежный винт 2, сталкивающую пружину 3, кольцевой ограничитель 4, уплотнительное кольцо 5, направляющую пуансона 6, пуансон 7, съемник 8, стопорное кольцо 9, матрицу 10, матрицедержатель 11.

В процессе наладки пресса пуансонная сборка устанавливается и фиксируется в верхней головке координатного пресса; матричная сборка — в плите пресса.

В процессе пробивки имеет место интенсивное трение боковой поверхности пуансона о деформируемую поверхность материала. На поверхностях пуансона и материала происходит тепловыделение, которое будет зависеть от скорости движения пуансона, толщины материала и количества обрабатываемых отверстий. Максимальное число ходов при вырубке для различных прессов может изменяться от 10 с^{-1} до 23 с^{-1} . В этих условиях выделяемая теплота не успевает путем теплопередачи распространиться на весь объем материала пуансона и локально концентрируется в приповерхностных слоях.

Ситуация с нагревом усложняется при изготовлении изделий с большим количеством отверстий (решетки).

Интенсивный нагрев рабочей поверхности пуансонов приводит к резкому снижению эксплуатационных характеристик пуансонов и выходу их из строя (поломкам). В этих случаях применяют принудительное охлаждение боковых наружных поверхностей и сердцевин пуансонов. На рисунке 2.15 представлен пример

конструкции инструментального блока для пробивки отверстий с воздушным охлаждением.

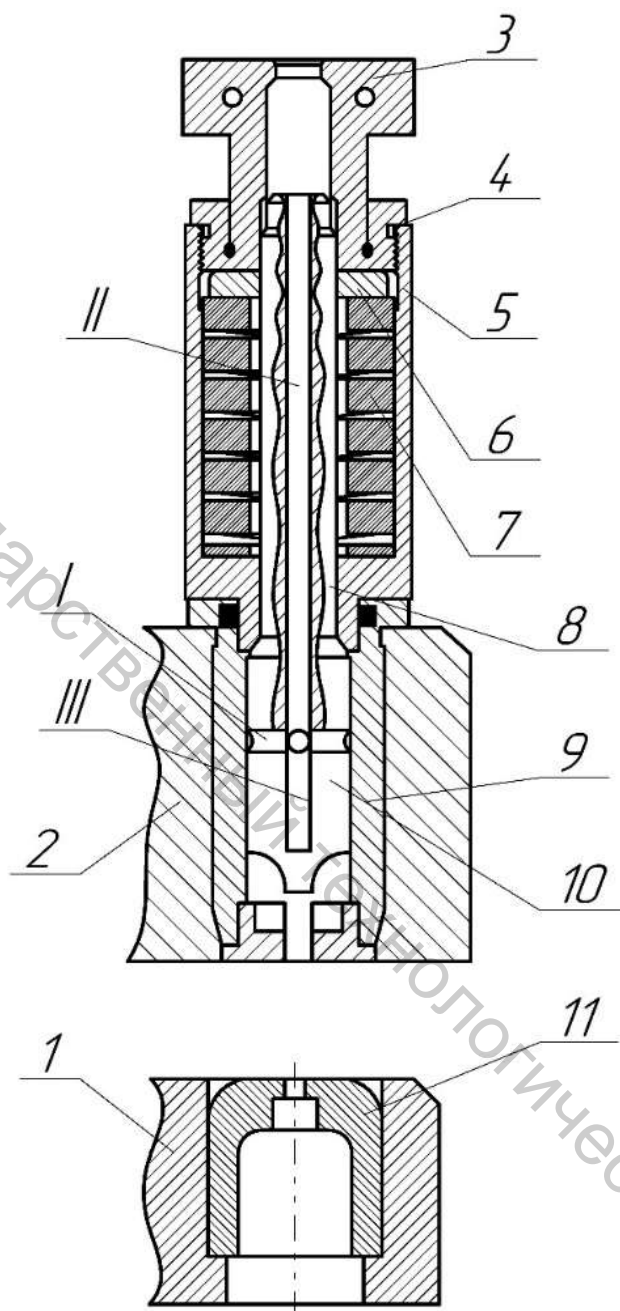


Рисунок 2.15 — Инструментальный блок для пробивки отверстий с воздушным охлаждением:

- 1 — плита пресса; 2 — головка пресса; 3 — головка пуансона;
 4 — гайка специальная; 5 — кожух; 6 — прокладка; 7 — пружины;
 8 — уплотнение; 9 — направляющая пуансона; 10 — пуансон;
 11 — матрица; I, II, III соответственно осевой, радиальный и боковой каналы воздушного охлаждения

Процессы вырубки-пробивки осуществляются путем поступательного перемещения пуансона при силовом воздействии на

него электромеханической или гидравлической головкой пресса. Возвратное движение пуансона производится сжатой пружиной, усилие которой также затрачивается на сьем листа или изделия с поверхности пуансона. При больших диаметрах изделий и толщины листа усилия сжатия пружины бывает недостаточно. Поэтому применяются газонаполненные пружины. По сравнению со стандартными пружинами газонаполненные пружины при одинаковых габаритных размерах обеспечивают почти в два раза большее усилие сжатия. Это особенно важно при работе с листами толщиной более 4 мм.

В процессе проталкивания вырубленного изделия через рабочее отверстие матрицы имеют место аналогичные тепловые процессы. Для охлаждения рабочей поверхности матрицы циклически по команде программы подается струя, содержащая дисперсные частицы масла. Такая струя позволяет не только осуществлять теплоотвод, но одновременно производить смазку рабочей поверхности, снижая тем самым трение, а, следовательно, и износ матрицы.

В зависимости от назначения один и тот же единичный комплект может быть пробивным и вырубным. Комплекты инструментов одинакового назначения, но различных исполнительных размеров изделий, могут быть объединены в инструментальные блоки. Такие блоки включают до двадцати единичных комплектов, обеспечивающих вырубку-пробивку отверстий диаметром 0,8–12,7 мм.

На рисунке 2.16 представлены стандартные и нестандартные (специальные) формы отверстий. Рисунок иллюстрирует только часть изделий, номенклатура которых может быть значительно расширена.

На рисунке 2.17 представлена схема конструкции инструментального блока для фигурной резки листового материала.

Инструментальный блок работает способом локальной резки. За каждый двойной ход пуансона производится отделение части контура листа и изделия. После этого лист перемещается относительно инструмента на величину шага. В зависимости от формы вырезаемого контура перемещение производится по прямой или криволинейной траектории. В последнем случае инструментальный блок периодически поворачивается таким образом, чтобы линия реза располагалась по касательной к криволинейному контуру.

Инструмент работает в исключительно тяжелых условиях. С одной стороны, частота двойных ходов инструмента может достигать 1400 мин^{-1} , а с другой стороны — значительная продолжительность непрерывной работы, например, при вырубке крупногабаритных изделий. Это приводит к интенсивному нагреву инструмента, а также износу режущих кромок. Поэтому в конструкции инструмента предусматривается выполнение системы воздушного канального охлаждения, а также обдув режущих кромок масляно-воздушной смесью.

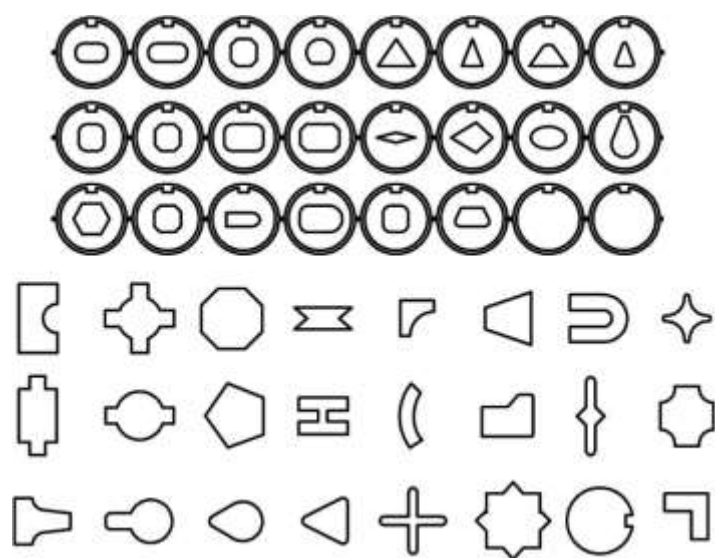


Рисунок 2.16 — Стандартные (а) и нестандартные (б) формы отверстий:
1 — посадочная поверхность матрицы; 2 — позиционирующий паз

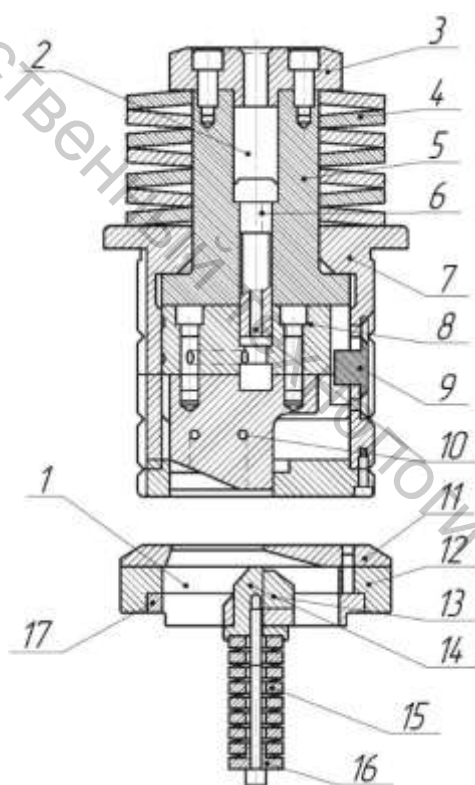


Рисунок 2.17 — Конструкция инструментального блока
для фигурной резки листового материала:

- 1, 2 — матричный и пуансонный комплекты; 3 — головка пуансона;
4 — тарельчатые пружины; 5 — патрон пуансона; 6 — винт
специальный; 7 — направляющая пуансона; 8 — пуансонодержатель;
9 — клин регулировочный; 10 — система каналов; 11 — плита
матрицы; 12 — тело матрицы; 13 — матричная вставка;
14 — сталкиватель; 15 — пружина; 16 — втулка; 17 — плита
подштамповая

На рисунке 2.18 представлена схема конструкции инструмента для нарезания резьбы.

Инструмент работает следующим образом. В обрабатываемом листе первоначально производится пробивка отверстия, по координатам которого лист позиционируется относительно инструмента. В процессе рабочего хода пуансона лист фиксируется между полиуретановым съемником 5 и съемником матрицы 6. При этом матричный комплект от нижней головки пресса получает вращательное движение. При дальнейшем рабочем движении пуансона вниз вращается матричная вставка 9, которая входит в отверстие листа и осуществляет нарезание резьбы. В процессе обратного движения пуансона происходит реверсирование движения матричного комплекта, и вставка 9 вывинчивается из резьбового отверстия, а лист освобождается от зажима между съемниками 5 и 6.

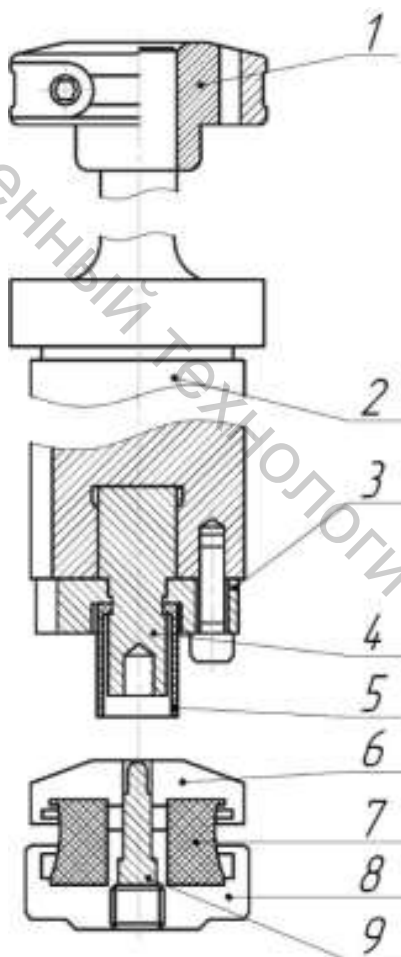


Рисунок 2.18 — Конструкция инструмента для нарезания резьбы:

- 1 — головка пуансона; 2 — тело пуансона; 3 — плита выталкивателей;
- 4 — наконечник пуансона; 5 — съемник полиуретановый; 6 — съемник матрицы;
- 7 — пружина полиуретановая; 8 — тело матрицы;
- 9 — матричная вставка

2.3.4 Роботизация процессов листовой штамповки

Роботизация процессов листовой штамповки возможна при соблюдении определенных требований, предъявляемых к штамповой оснастке:

- после окончания процесса штамповки деталь должна оставаться в нижней части штампа, причем без потери ориентации в случае отсутствия механизмов удаления детали из штампа;
- штамп необходимо оснащать фиксаторами типа ловителей или трафаретов, причем угол заходной части фиксаторов может быть равен $30\text{--}60^\circ$, а высота фиксирующей части $0,75\text{--}0,9$ толщины листа;
- штамп должен иметь автоматические выталкиватели для подъема детали из матрицы и съема ее с фиксаторов;
- выталкивание детали должно быть плавным и происходить без смещения заготовки в горизонтальной плоскости;
- конструкция штампа должна исключать возможность запрессовки отхода в деталь или наоборот;
- целесообразно заднее расположение направляющих колонок;
- при переднем расположении направляющих колонок заготовка гарантированно должна проходить между колонками;
- открытая высота штампа должна обеспечивать возможность входа захвата вместе с заготовкой в зону штамповки, т. е. расстояние между зеркалом матрицы и верхней частью штампа должно быть равно сумме высоты (толщины) заготовки, высоты захвата и гарантированного зазора;
- конструкция штампа должна предусматривать возможность контроля положения заготовки в штампе.

Удаление отходов должно осуществляться автоматически. Следует предусмотреть один или несколько способов удаления отходов:

- удаление «на провал» в отверстие матрицы — операция пробивки отверстия;
- разрезка на части и удаление отходов под действием собственного веса;
- автоматическое удаление сдувом или механическим сбрасывателем после удаления рукой робота;
- удаление рукой робота.

Технологические возможности промышленных роботов зависят от ряда его основных технических характеристик: грузоподъемность, число степеней подвижности, рабочая зона, точность позиционирования, мобильность, скорость движения захвата и устройства передвижения, тип устройства управления, число захватных органов.

Число рук штамповочных роботов зависит от их назначения. При однооперационной штамповке целесообразно использовать однорукий робот. В случае автоматизации процессов, где возможно автоматическое удаление деталей из штампа, предпочтительнее применение двуруких роботов. Это сокращает время цикла, так как одна рука перемещает заготовку с позиции загрузки в штамп, а другая — удаляет деталь из штампа и переносит ее в тару. При обслуживании двух прессов рационально оснащение робота тремя руками.

Роботизация процессов листовой штамповки осуществляется роботизированными технологическими комплексами (РТК), типовые схемы которых приведены на рисунке 2.19.

Простейшая схема РТК приведена на рисунке 2.19, а. В данном случае РТК обеспечивает наибольшую производительность, так как после установки заготовки в штамп рука робота сразу же продолжает перемещение за следующей заготовкой. Готовое изделие удаляется из штампа автоматически пневмодувателем 6. Такая компоновка РТК удобна для обслуживания при замене штампа и отладке.

Компоновка, представленная на рисунке 2.19, б, применяется в случаях, когда удаление готового изделия автоматически не представляется возможным. Расположение робота перед прессом затрудняет техническое обслуживание РТК и смену штампа. Время цикла штамповки компоновки по сравнению с предшествующим вариантом увеличивается в 1,5–1,7 раза.

Компоновка РТК (рис. 2.19, в) предполагает использование двух роботов, один из которых предназначен для установки заготовки, другой — для удаления изделия. Такой РТК отличается высоким быстродействием и предназначен для однооперационной штамповки деталей массой до 0,5 кг и размерами от 50×50 до 250×250 мм.

Компоновка РТГ (рис. 2.19, г) предназначена для применения на прессах открытого типа с силой 400–1600 кН и на прессах закрытого типа (двухстоечных) с силой 1600 кН и более. Размеры деталей не должны превышать 600×600 мм, а масса заготовки — 5 кг.

Открытые прессы предназначены для разделительных и формообразующих переходов в простых и совмещенных операциях. Технологическое обслуживание и замена штампов производится путем отвода роботов от прессы.

РТК (рис. 2.19, д) предназначен для штамповки деталей последовательно либо одновременно за две операции. В первом случае необходимо автоматическое удаление отштампованных изделий из второго штампа. Деталь после окончания второй операции можно удалить с помощью правого робота с помощью захвата, способного удерживать полуфабрикаты после первой и второй операций. Во втором случае необходимо использование двух подающих устройств. Данная компоновка целесообразна для условий мелкосерийного производства.

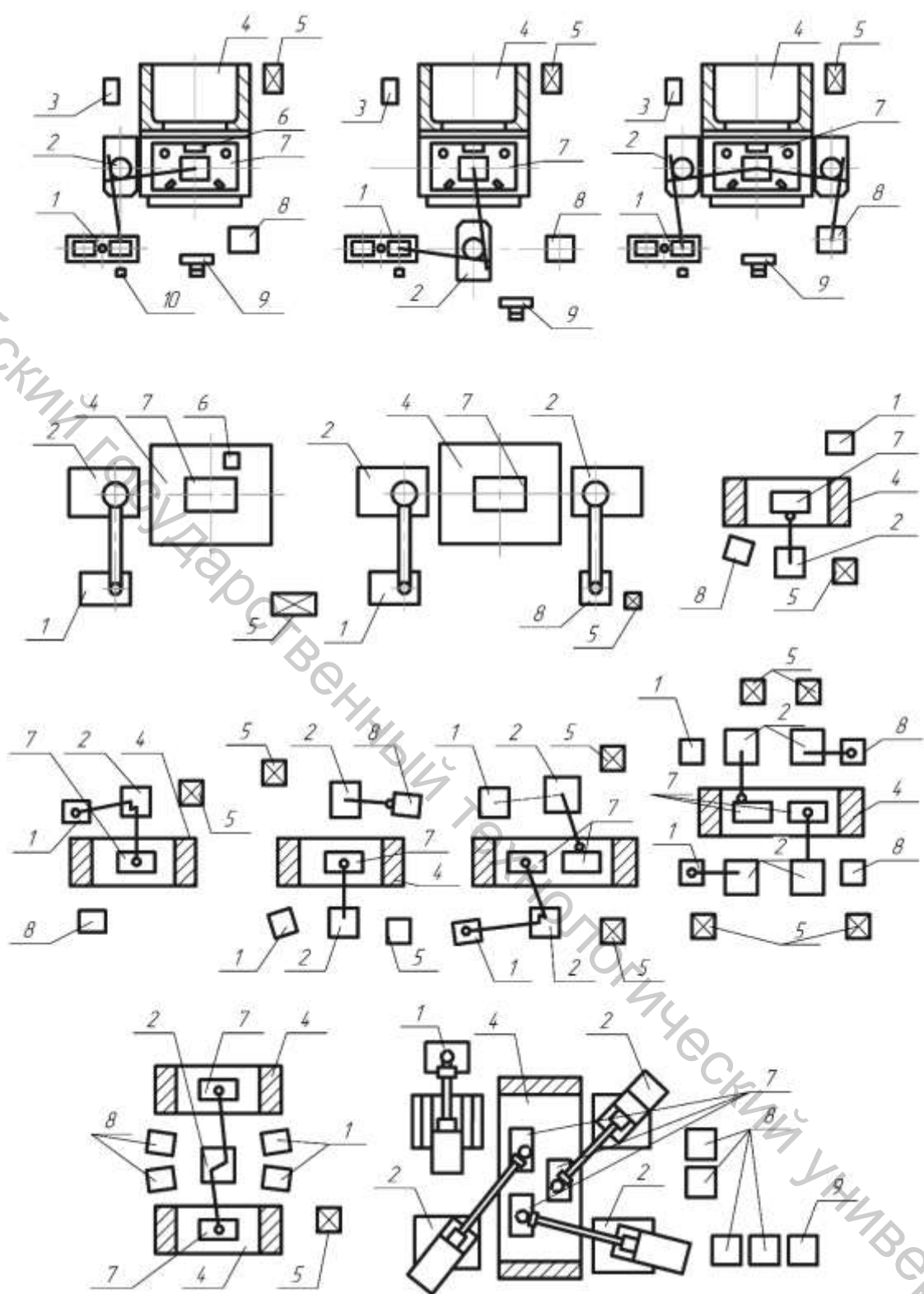


Рисунок 2.19 — Компоновки роботизированных комплексов листовой штамповки:

1 — подающее устройство; 2 — промышленный робот; 3 — пульт управления прессом; 4 — пресс; 5 — шкаф системы управления; 6 — пневмосдуватель; 7 — штамп; 8 — тара; 9 — пульт системы управления

РТК (рис. 2.19, *е–н*) предназначены для использования закрытых прессов.

Компоновку (рис. 2.19, *е*) применяют в случае, когда конструкции ловителей и фиксаторов не могут обеспечить надежную фиксацию исходной заготовки в штампе. Применяется однорукая модификация промышленного робота, который выполняет роль съемника детали из штампа (безотходная штамповка), или двурукая (съем детали и отходов с укладкой их в разные емкости).

Компоновку (рис. 2.19, *ж*) целесообразно применять в тех случаях, когда съем детали из штампа с помощью робота осуществить невозможно. Обычно это связано с конструктивными особенностями штампуемых изделий.

При штамповании деталей за два или несколько переходов на одном закрытом прессе применяют компоновку, представленную на рисунке 2.19, *и*. При этом закрытая высота обоих штампов должна быть одинакова, поверхности разъемов штампов должны располагаться в одной плоскости, штампы должны располагаться по одной оси, совпадающей с осью симметрии пресса.

При необходимости использования прессов закрытого типа для одновременной штамповки нескольких различных деталей на одном прессе, роботы располагают с разных сторон пресса, и они действуют независимо друг от друга.

Для одновременной штамповки двух различных деталей на двух прессах (рис. 2.19, *л*) руки роботов развернуты на 180° и каждая рука выполняет функции загрузки–выгрузки.

Компоновка РТК (рис. 2.19, *н*) может быть более сложной. В этом случае четыре робота используются для выполнения трех штамповых операций на одном прессе, что позволяет значительно сократить время обработки детали.

2.3.5 Автоматические линии

На рисунке 2.20 представлена схема автоматической линии для производства дисков колес диаметров 310–533 мм из полосы. Линия состоит из двух отделений: заготовительного и прессового, связанных общей системой управления. Заготовительное отделение обеспечивает резку полосы на карты и включает полосоподаватель 1 и пресс 2. Прессовое отделение предназначено для пробивки отверстий, вырубки и формообразования колеса. Оно включает конвейер-накопитель 3 и три вырубных пресса 4, 5, 8, пресс для формовки 6, грейферную подачу 7 и пресс для калибровки 9.

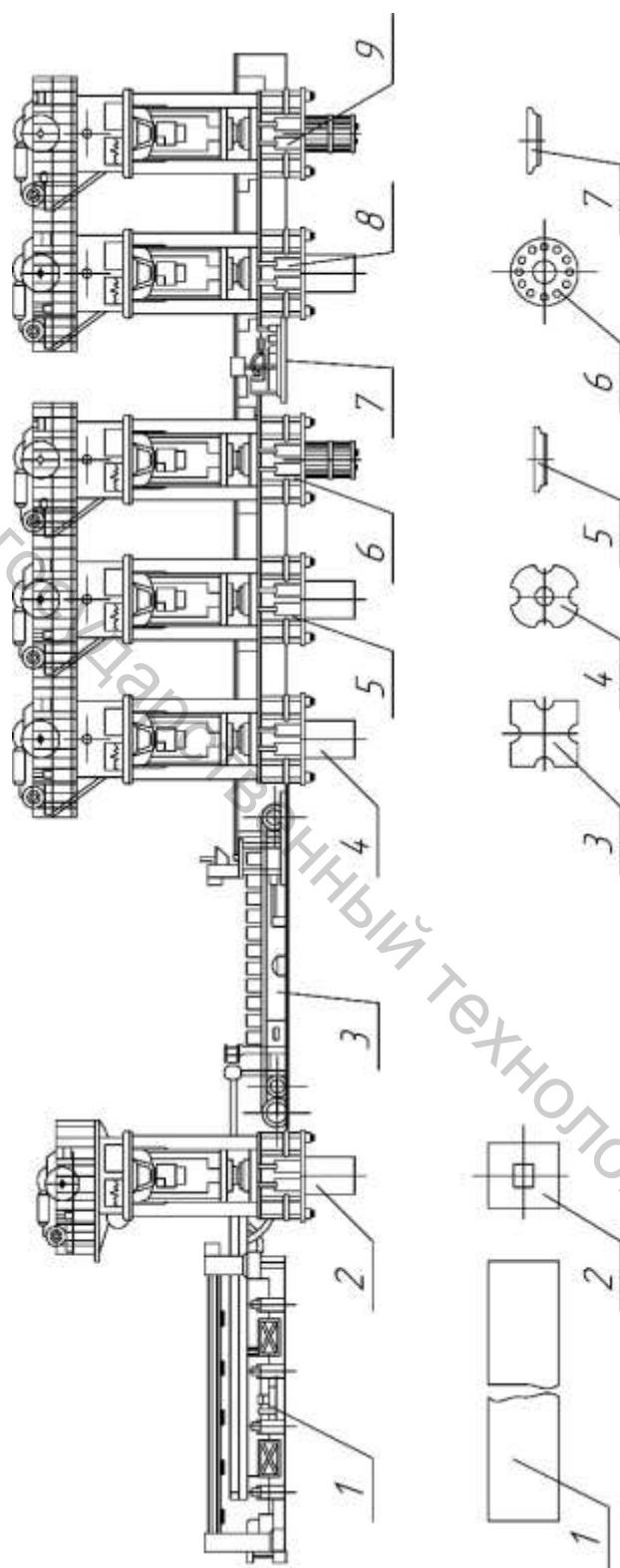


Рисунок 2.20 — Схема автоматической линии для штамповки колес:

а — схема; 1 — полосоподаватель; 2, 4, 5, 8 — прессы вырубные; 3 — конвейер-накопитель; 6 — пресс для формовки; 7 — подача грейферная; 9 — пресс для калибровки; б — последовательность выполняемых технологических операций штамповки дисков колес; 1 — выбор заготовки (полосы); 2 — вырубка карточки; 3 — вырубка отверстий; 4 — обрубка по контуру; 5 — формовка диска; 6 — пробивка отверстий; 7 — правка диска

Производительность прессового отделения может регулироваться увеличением или уменьшением числа ходов грейферной подачи.

В единый комплекс объединены два участка с разным числом ходов прессов. Одновременная работа этих участков обеспечивается установкой между ними устройства для транспортировки и накопления заготовок. Возможна работа каждого участка в отдельности в случае остановки одного из них.

2.4 Автоматизация процессов холодной объемной штамповки

2.4.1 Общие сведения

Холодная объемная штамповка (ХОШ) на автоматах характеризуется высокой стабильностью размеров изделий. Точность изделий в массовом производстве достигает 8–11 квалитетов, а шероховатость — $Ra = 0,16–1,25$ мкм. Это позволяет в ряде случаев исключить обработку резанием.

Коэффициент использования металла при штамповке на автоматах достигает значений 0,87–0,98. По сравнению с литьем и горячей штамповкой коэффициент использования возрастает на 50 %, а по сравнению с обработкой резанием — в 2–3 раза. При этом расход энергии уменьшается в 1,8–2,2 раза.

Использование холодноштамповочных автоматов в массовом и серийном производстве позволяет многократно (в 5–10 раз) повысить производительность труда по сравнению с обработкой резанием. Значительное снижение трудоемкости и расхода материала достигается при производстве сложнопрофильных фасонных изделий. При штамповке таких деталей на многопозиционных автоматах-комбайнах производительность по сравнению с резанием увеличивается в 50–100 раз.

Холодной высадкой на автоматах можно изготавливать детали из калиброванной проволоки диаметром до 50 мм. Наиболее распространена высадка деталей диаметром 3–24 мм. Наибольшая длина штампуемых деталей составляет 200–300 мм, а при штамповке на длинноходовых автоматах может достигать 400 мм.

Холодновысадочные автоматы преимущественно применяют для производства крепежных деталей. Однако растущие потребности машиностроения в высококачественных деталях вынуждают заводы по производству крепежа расширять свой ассортимент и переходить на выпуск сложных деталей методами ХОШ.

2.4.2 Технологические особенности автоматизации холодной объемной штамповки

В зависимости от назначения и осуществляемого технологического процесса холодноштамповочные автоматы подразделяются на специализированные автоматы для штамповки широкой номенклатуры стержневых и коротких изделий, заготовок шариков и роликов, для изготовления гвоздей и др. Автоматы могут быть одно- или многопозиционными (от двух до шести).

По количеству последовательных взаимодействий (ударов) пуансонов с заготовками автоматы подразделяют на одно- и многоударные.

По конструкции матриц автоматы могут быть с цельными или разъемными матрицами.

По расположению главного исполнительного механизма автоматы могут быть вертикального или горизонтального исполнения.

Основными операциями автоматизированной холодной объемной штамповки (ХОШ) являются: отрезка, высадка, выдавливание, обрезка, пробивка, накатывание резьбы.

Однопозиционные автоматы для высадки стержневых изделий. К этой группе относятся холодновысадочные одно-, двух- и трехударные автоматы с одной цельной или разъемной матрицей (рис. 2.21).

Исходный материал 7 (рис. 2.21, а) подают через отрезную матрицу 6 до регулируемого упора 4. В процессе рабочего хода нож 5 отрезает мерную заготовку длиной l_0 , с помощью поддерживающей планки 3 заготовку переносят на линию высадки к матрице 1 и устанавливают соосно с ней. После этого пуансон 2 осуществляет высадку.

Высадку на двуударном автомате (рис. 2.21, б) осуществляют пуансоны 8, 11, а на трехударном автомате (рис. 2.21, в) — пуансоны 12, 13, 14.

На рисунке 2.21, г представлена схема процесса двуударной высадки на автомате с разъемной матрицей. Исходный материал подают через раскрытые полуматрицы 16, 17 до упора 4. После окончания подачи материала полуматрицы сжимаются и, перемещаясь к линии высадки, отрезают заготовку. Происходит первый переход высадки пуансоном 11, а затем окончательная высадка пуансоном 8. По окончании высадки полуматрицы возвращаются на линию подачи и одновременно раздвигаются. При последующей подаче материала деталь 15 выталкивается из полуматриц.

Технологическая особенность холодной двух- и многопозиционной высадки заключается в том, что формообразование последующей заготовки начинается после окончания обработки

предыдущей, т. е. весь процесс осуществляют последовательно-параллельно.

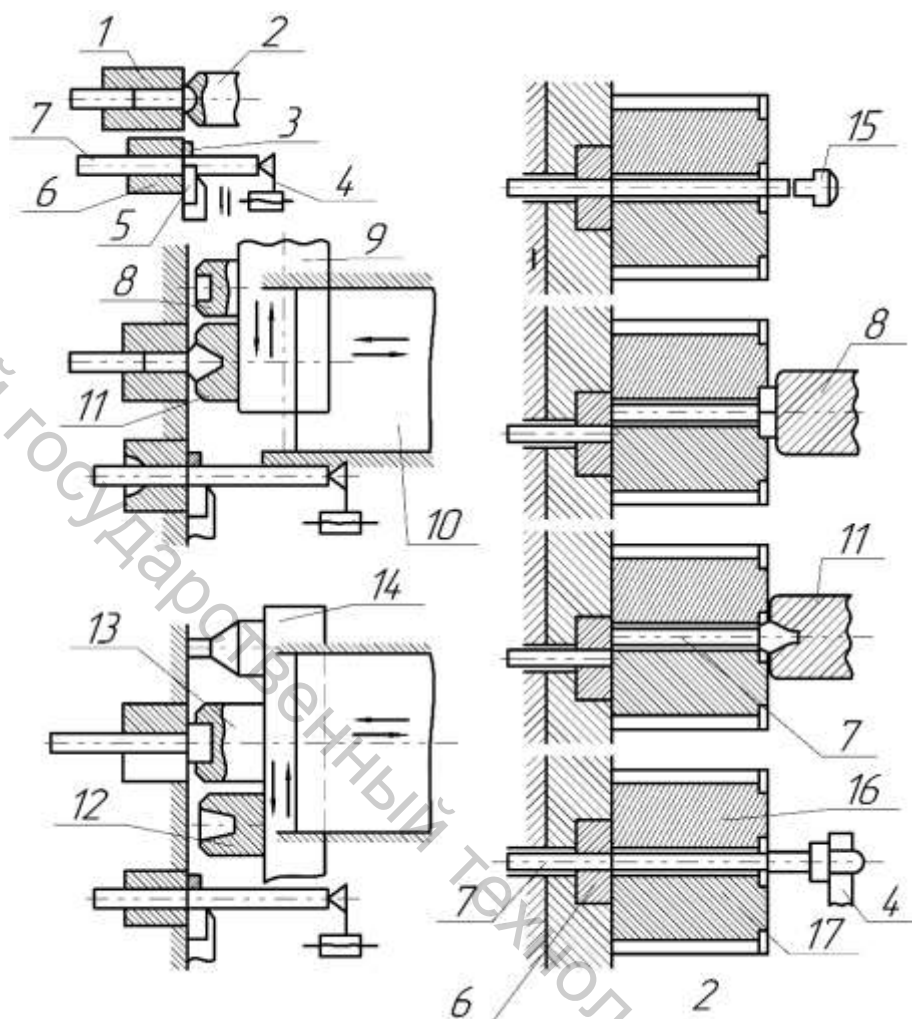


Рисунок 2.21 — Технологические переходы холодной высадки на однопозиционных автоматах с цельной (а–в) и разъемной (г) матрицами:

- а: 1 — высадочная матрица; 2 — высадочный пуансон;
 3 — поддерживающая планка; 4 — регулируемый упор; 5 — нож;
 6 — отрезная матрица; 7 — исходный прутковый материал;
 б: 8, 11 — высадочные пуансоны; 9 — пуансонодержатель;
 10 — пуансонная головка; в: 12, 13, 14 — высадочные пуансоны;
 г: 15 — изделие; 16, 17 — раздвижные полуматрицы

Характерной конструктивной особенностью однопозиционных автоматов является наличие перемещающейся пуансонной головки с двумя или тремя пуансонами, которые поочередно при каждом ходе ползуна устанавливаются на позицию штамповки. Пуансонные головки конструктивно выполняются либо возвратно-поступательного типа с перемещением в вертикальной плоскости, либо поворотного (качательного) типа. Современные быстроходные холодновысадочные

автоматы оснащаются пуансонными головками поворотного типа, обладающие меньшей инерционностью.

Автоматы однопозиционные последовательного действия предназначены для штамповки коротких деталей с относительной длиной исходной заготовки $l_0 \leq (2,5-3) d_0$ (l_0 и d_0 — соответственно длина и диаметр исходной заготовки).

При высадке на автоматах с цельной матрицей максимальная длина стержня высаживаемых деталей $l \leq (8-10) d$.

На автоматах с разъемной матрицей высаживают детали, у которых длина стержня $l \leq (8-10) d$.

При высадке деталей на одноударных автоматах длина стержня $h_0 \leq 2,5 d_0$, на двухударных — $h_0 \leq (2,5-4,0) d_0$, трехударных — $h_0 \leq (4,0-6,0) d_0$, четырехударных — $h_0 \geq 6,0 d_0$.

Двухпозиционные автоматы с цельной матрицей выполняют двух, трех и даже четырех ударными. Наиболее распространены двухударные автоматы. На рисунке 2.22 представлена схема двухпозиционной высадки на двухударном автомате.

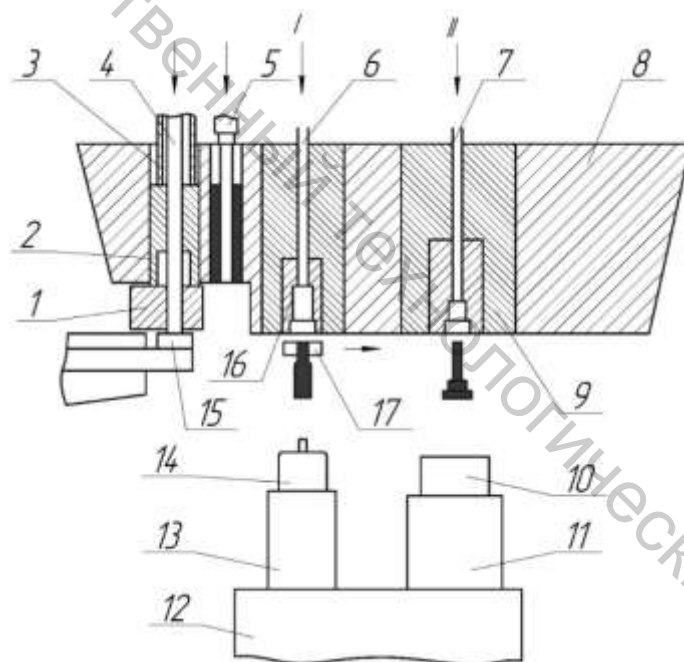


Рисунок 2.22 — Технологическая схема процессов двухпозиционной высадки на двухударном автомате:

- 1 — нож-втулка; 2 — отрезная матрица; 3 — направляющая втулка;
- 4 — исходный материал (пруток); 5 — толкатель; 6, 7 — толкатели;
- 8 — матричный блок; 9, 16 — матрицы; 10, 14 — пуансоны;
- 11, 13 — пуансонодержатели; 12 — ползун; 15 — регулируемый упор

Отрезка заготовки от прутка 4 производится ножом-втулкой 1, прутки подают через направляющую втулку 3 и отрезную матрицу 2 до регулируемого упора 15. На следующей позиции I толкатель 5 проталкивает отрезанную заготовку в механизм переноса 17. Отрезанную

заготовку штампуют последовательно-параллельно на двух позициях I и II двумя пуансонами 14 и 10. Первый переход — редуцирование или прямое выдавливание выполняют в матрице 16 пуансоном 14.

На позиции II штамповку завершают в матрице 9 пуансоном 10. Оба пуансона закреплены в пуансонодержателях 13 и 11, выталкивание штампованных полуфабрикатов производится толкателями 6, 7, матрицы и толкатели смонтированы в матричном блоке 9, а пуансонодержатели 11, 13 — на высадочном ползуне 12.

Многопозиционные комбинированные автоматы помимо штамповочных операций позволяют реализовать операции резания, в частности, операции обтачивания, снятия фаски, накатывания резьбы. Типовая схема технологических переходов изготовления болта на многопозиционном комбинированном автомате представлена на рисунке 2.23.

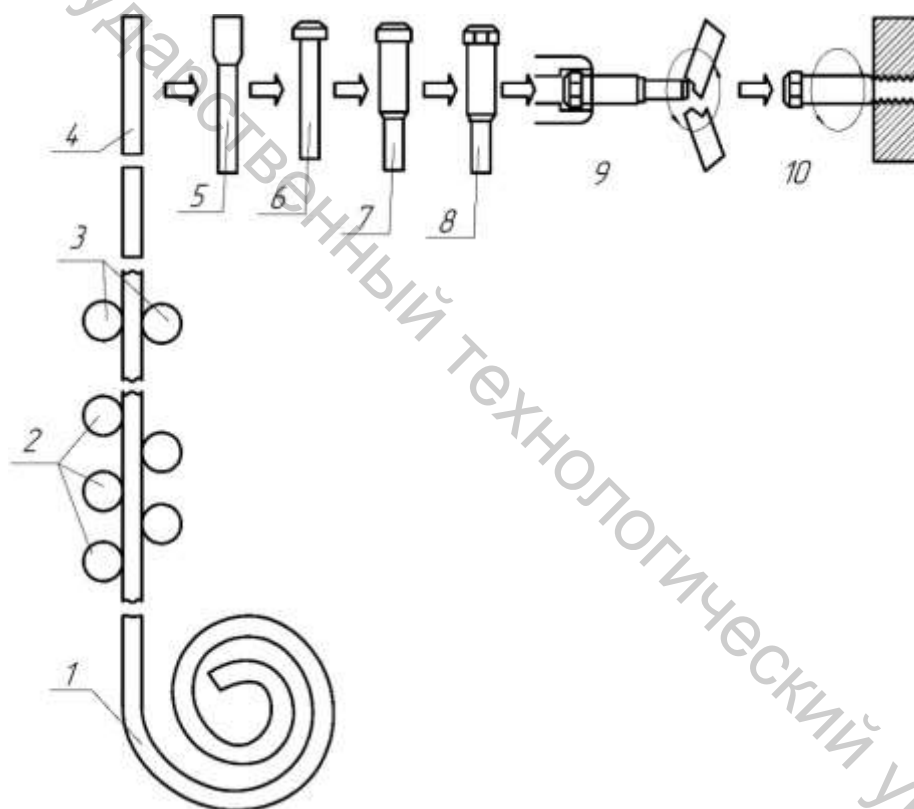


Рисунок 2.23 — Типовая схема технологических переходов изготовления болта на многопозиционном автомате-комбайне:

- 1 — моток проволоки; 2 — правильные ролики; 3 — подающие ролики;
 4 — отрезанная мерная заготовка; 5 — заготовка I штамповочной позиции; 6 — заготовка II штамповочной позиции; 7 — заготовка III штамповочной позиции; 8 — заготовка IV штамповочной позиции;
 9 — заготовка в острильном устройстве; 10 — заготовка в резьбонакатном устройстве

Проволока из мотка 1 сначала распрямляется и подвергается правке в правильных роликах 2. После этого роликами 3 проволока подается до упора (на схеме не показано). Отрезанная мерная заготовка 4 длиной l_0 и диаметром d_0 передается на первую формоизменяющую позицию I, где происходит выдавливание стержня диаметром d_1 . Далее заготовка 5 передается на позицию II, где происходит осадка круглой головки диаметром D . Заготовка 6 переносится на позицию III для редуцирования стержня диаметром d_2 под накатку резьбы. Заготовка 7 передается на позицию IV, где происходит обрезка шестигранной головки. Заготовка 9 по направляющим подается к резьбонакатному устройству, где производится накатывание резьбы плоскими плашками (заготовка 10).

2.5 Автоматизация процессов холодного прессования порошковых заготовок

Холодное формование порошков осуществляется на механических пресс-автоматах или роторных автоматах. Упрощенная кинематическая схема пресс-автомата представлена на рисунке 2.24. В прессе головка 1 с пуансоном 2 совершают возвратно-поступательное движение. Привод головки осуществляется от электродвигателя 16 по цепи: клиноременная передача 18, зубчатая передача 15, главный вал 12, эксцентрики 14 и шатуны 2, 5. Движение вверх выталкивателя 4 совместно с плитой 23 обеспечивается с помощью эксцентрика 13 через толкатель 17, а для прижима и перемещения вниз выталкивателя служат пневмоцилиндры 21. Подпор матрицы 25 с плитой 5 осуществляется пневмоцилиндром 24, перемещение стержня 22 — пневмоцилиндром 20. Через эксцентрик 9, пневмоцилиндр 7, кулисную систему 6 главный вал 12 приводит в движение кассету-питатель 3 для засыпки порошковой шихты в полость матрицы. Для питания пневмоцилиндров сжатым воздухом служат компрессор 11, пневмораспределитель 10, управление которым осуществляется с помощью кулачков 8.

Пресс-автомат работает следующим образом. Кассета-питатель 3 в процессе передвижения по поверхности плиты 5 перекрывает полость матрицы 25. Порошок под действием силы тяжести заполняет полость матрицы. При обратном движении кассета-питатель выравнивает уровень порошка в матрице с поверхностью плиты. В процессе движения пуансона 2 вниз происходит формование порошка в полости, ограниченной торцом пуансона 2, боковой поверхностью матрицы 25, торцом выталкивателя 4 и поверхностью стержня 22. После достижения заданных размеров формуемого изделия пуансон и выталкиватель синхронно поднимаются вверх до полного извлечения изделия из полости матрицы. Пуансон продолжает движение вверх, а кассета-

Рисунок 2.24 — Кинематическая схема пресс-автомата для формования порошковых заготовок:

1 — головка; 2 — пуансон; 3 — кассета-питатель; 4 — выталкиватель;
 5, 23 — плиты; 7, 20, 21, 24 — пневмоцилиндры; 8 — кулачки;
 9, 13, 14 — эксцентрики; 10 — распределитель; 11 — компрессор;
 12 — главный вал; 15 — зубчатая передача; 16 — электродвигатель;
 17 — толкатель; 18 — ременная передача; 22 — стержень;
 25 — матрица; 26 — шатун

На прессах с выталкивающей системой применяют простую и дешевую инструментальную оснастку, ход каждого пуансона регулируется независимо от оснастки. Регулирование ходов пуансонов осуществляется наладкой прессов.

1 — головка; 2 — пуансон; 3 — кассета-питатель; 4 — выталкиватель;
5, 23 — плиты; 7, 20, 21, 24 — пневмоцилиндры; 8 — кулачки;
9, 13, 14 — эксцентрики; 10 — распределитель; 11 — компрессор;
12 — главный вал; 15 — зубчатая передача; 16 — электродвигатель;
17 — толкатель; 18 — ременная передача; 22 — стержень;
25 — матрица; 26 — шатун

Роторные автоматы применяют в основном для прессования простых по форме мелких заготовок (рис. 2.25). На круглом вращающемся столе-роторе 1 расположены гнезда матрицы. Ротор приводится в движение от электродвигателя 9 через зубчатую пару 8. По окружности на роторе расположены матрицы 16, в которые засыпают

порошок из двух бункеров 2. Над матрицами и под ними расположены верхние 4 и нижние 14 пуансоны, скользящие по копирам 3, 7, 10, 11, 15. На первом участке копира 15 происходит дозирование порошка. На последующих участках порошок уплотняется и под давлением ползунов 6, 12, а также роликов 5, 13 формируется в брикет, выталкиваемый нижним пуансоном с помощью копира 11. За один оборот ротора каждая позиция ротора совершает два одинаковых цикла и прессует две одинаковые заготовки.

Гидравлические пресс-автоматы обеспечивают плавное равномерное уплотнение порошков при сравнительно небольших скоростях. Кроме того, гидравлические прессы обеспечивают требуемую выдержку под давлением. Гидравлические пресс-автоматы хорошо зарекомендовали себя при формировании одно- и двухступенчатых заготовок. Однако прессование на таких прессах заготовок повышенной сложности затруднительно.

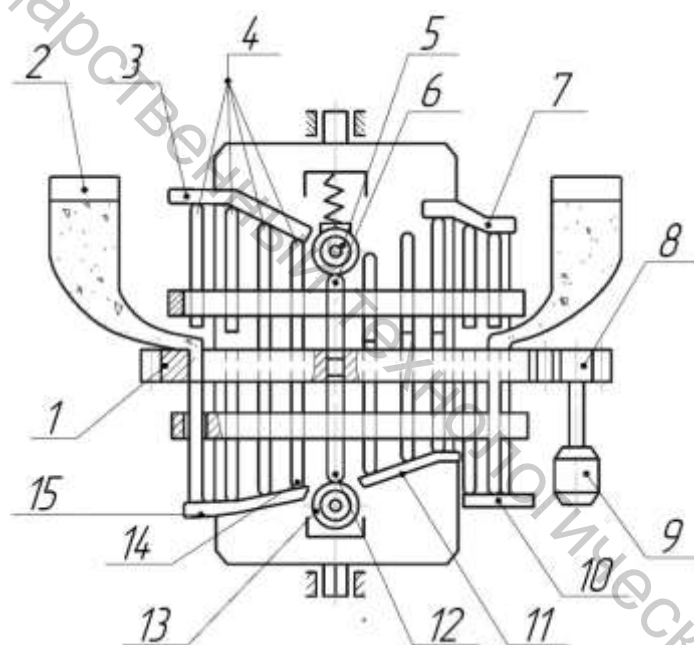


Рисунок 2.25 — Кинематическая схема роторного автомата для формирования изделий из порошковых материалов:

- 1 — стол-ротор; 2 — бункер; 3, 7, 10, 11, 15 — копиры;
 4, 14 — соответственно верхние и нижние пуансоны; 5, 13 — ролики;
 6, 12 — ползуны; 8 — зубчатая передача; 9 — электродвигатель;
 16 — матрицы

3 Автоматизация процессов горячей обработки металлов давлением

3.1 Средства нагрева заготовок

Нагрев металла перед обработкой давлением является одной из основных операций технологического процесса. Автоматизация процессов нагрева предполагает:

- дозированную и ритмичную подачу заготовок в нагревательную установку;
- выдержку заготовок в рабочем пространстве нагревательной установки или их перемещение через него в определенном порядке и с заданным темпом;
- выдачу заготовок из нагревательной установки, передачу их на следующую технологическую операцию;
- контроль и обеспечение качества нагрева.

Установлено, что при нагреве заготовок из стали 40Х диаметром 70 мм и длиной 180 мм в течение 30 мин угар составил 1,01 %, а угар заготовки, находившейся в печи 38,5 мин, — 1,86 %. Если все заготовки извлекаются из печи сразу по достижении заданной температуры, то угар металла будет минимальным. Это возможно только при автоматизации процессов загрузки-выгрузки заготовок.

Наиболее широко в кузнечно-штамповочном производстве используются *камерные печи*. Их основное достоинство особенно в условиях единичного и серийного производства заключается в возможности нагрева заготовок обширной номенклатуры (различных по форме, размерам и массе) заготовок. Эти печи просты по конструкции и не требуют для своего обслуживания персонала высокой квалификации.

С целью интенсификации теплообменных процессов в камерных печах используют высокоскоростные газовые горелки, которые позволяют достичь скорости истечения продуктов горения 180–200 м/с. Такая скорость предопределяет создание интенсивных циркуляционных потоков в объеме рабочего пространства печи. Для поддержания в печи заданной температуры используют систему автоматического регулирования.

Для крупносерийного и массового производства мелких заготовок перспективны *карусельные печи с вращающимся подом*. Основные достоинства этих печей: высокое качество нагрева, снижение угара металла и полная механизация трудоемких процессов по загрузке и выгрузке заготовок. Печи с вращающимся подом отличаются универсальностью теплового режима.

Для транспортировки заготовок в рабочем пространстве печи, а также для осуществления операций загрузки и выгрузки, применяется

большое число механизмов, разнообразных по конструкции и назначению.

Наиболее универсальными с точки зрения номенклатуры заготовок являются *садочные печи с выдвижным подом*. Их используют для всего диапазона применяемых температур, они просты в обслуживании и эксплуатации. Их недостаток — недостаточная герметичность рабочей камеры, приводящая к теплопотере.

В проходных толкательных печах заготовки укладываются на поддоны. Рабочий цикл организован таким образом, что при заталкивании в печь поддона с заготовками со стороны позиции загрузки весь ряд поддонов продвигается на один шаг, равный длине поддонов. При этом со стороны выгрузки поддон с нагретыми заготовками частично выходит из печи и затем с помощью дополнительного устройства выгружается полностью. Освободившийся поддон с помощью механизма возврата транспортируется на позицию загрузки. Используется электромеханический тип толкателя с винтовым или реечным механизмом, или гидравлический.

Широко распространены *конвейерные печи* с различными типами конвейерных лент: сетчатыми, панцирными, цепными и др. Тип конвейера выбирается в зависимости от вида заготовок и рабочей температуры.

В крупносерийном и массовом производстве для нагрева мерных заготовок применяются автоматизированные индукционные установки, в которых процессы загрузки холодных заготовок, их продвижения через рабочее пространство и выдачи нагретых заготовок выполняются автоматически.

На рисунке 3.1 представлена кинематическая схема установки ИНЗИ-202М1. Заготовки укладываются поперек на загрузочный лоток 5, на котором установлен отсекающий поштучную выдачу заготовок на позицию заталкивания. Перемещение отсекающего осуществляется электромагнитом 7. Сигнал на включение электромагнита 7 подается от конечного выключателя, расположенного на выходе индуктора.

Толкатель 3 закреплен на каретке 4, которая перемещается от кривошипно-шатунного механизма, привод которого включает электродвигатель 9, цепную передачу 8 и редуктор 10.

Все узлы механизма загрузки и лоток смонтированы на подвижной раме 1, которая может перемещаться по направляющим вдоль оси индуктора 1.

Установка обеспечивает подачу в индуктор и проталкивание через него цилиндрических заготовок длиной 30–110 мм и диаметром 20–60 мм.

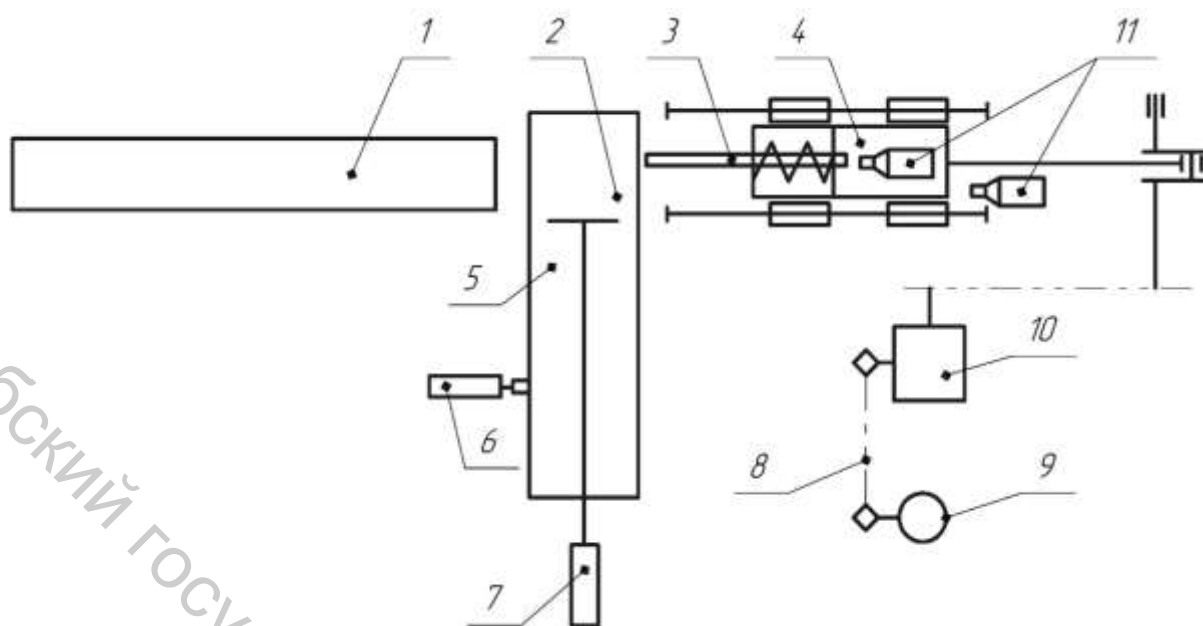


Рисунок 3.1 — Кинематическая схема автоматизированной индукционной нагревательной установки ИНЗИ-202М1:

1 — индуктор; 2 — отсекающий; 3 — толкатель; 4 — каретка; 5 — лоток; 6 — укладчик; 7, 11 — электромагниты; 8 — цепная передача; 9 — электромотор; 10 — редуктор

3.2 Роботизированные технологические комплексы и линии для горячей объемной штамповки

РТК на базе сортовых ножниц для разделения проката с ориентированной укладкой в тару отрезанных заготовок показан на рисунке 3.2. Заготовки поступают с автоматизированного стеллажа 5 на роликовый конвейер 6 к сортовым ножницам 9. Отрезанные заготовки падают на цепной конвейер 10, на позицию захвата роботами 2, которые укладывают заготовки ориентированно в мерную тару 1.

РТК на базе кривошипно-коленных чеканочных прессов. Чеканные прессы применяют для калибровки, клеймения, чеканки, рельефной штамповки, правки деталей в холодном или горячем состоянии за одну технологическую операцию. Автоматизируются операции установки и снятия изделий.

В состав РТК (рис. 3.3) помимо прессы 3 входят: специальный бункер 8, выбирающий из навала и поштучно подающий их к ориентирующему устройству; робот 7, выполняющий загрузку–выгрузку прессы; тара или транспортное средство для удаления изделий; набор датчиков внешней информации; комплект сменных захватных устройств. Если операция производится в горячем состоянии заготовки, то в

комплект вводят нагревательное устройство с механизмом поштучной выдачи заготовок и установку для подачи технологической смазки в штамп и сдува окалины.

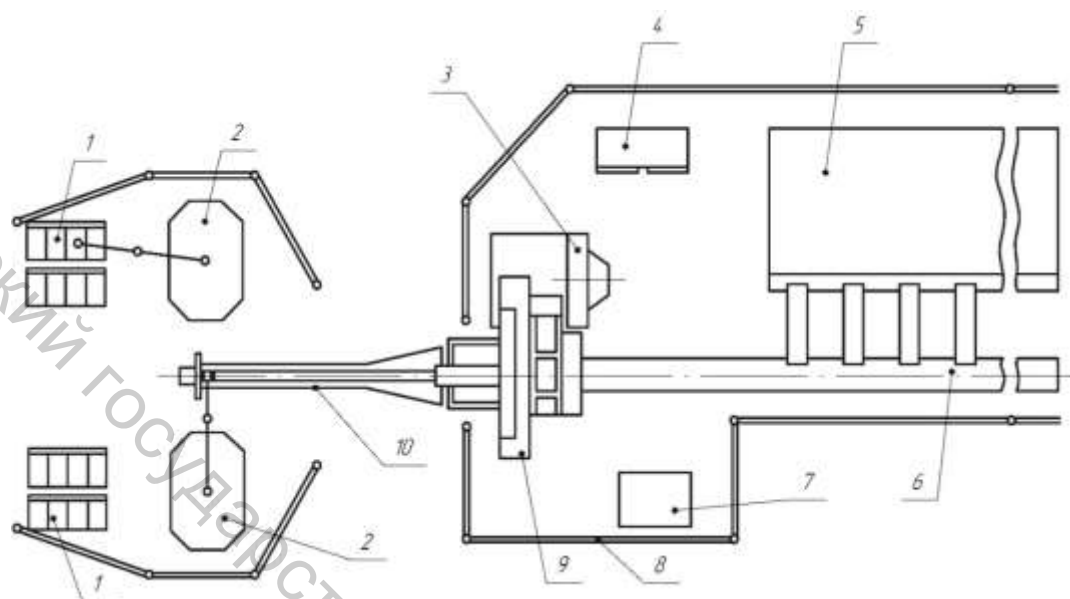


Рисунок 3.2 — Планировка РТК на базе сортовых ножниц для разделения проката:

- 1 — мерная тара; 2 — промышленный робот; 3 — тара для немерных отходов; 4 — электрошкаф; 5 — автоматизированный стеллаж;
6 — роликовый конвейер; 7 — пульт управления; 8 — ограждение;
9 — ножницы; 10 — цепной конвейер

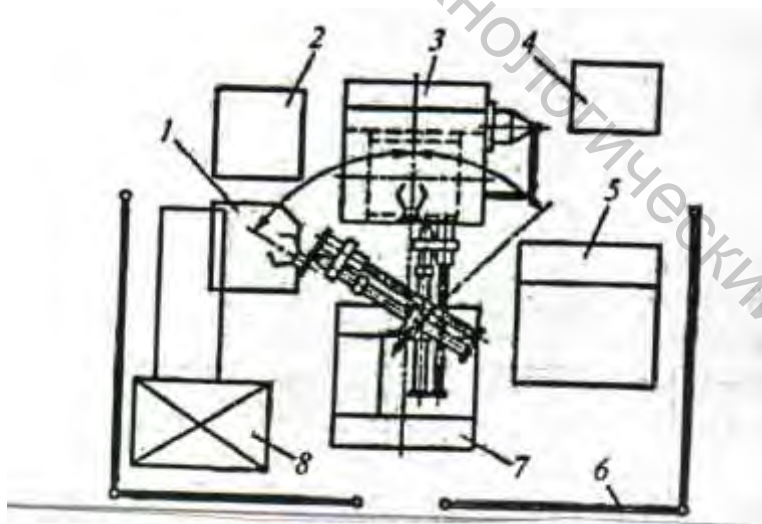


Рисунок 3.3 — Схема роботизированного технологического комплекса на базе чеканочного пресса:

- 1 — ориентирующее устройство; 2 — система управления промышленного робота; 3 — пресс; 4 — стеллаж для магазинов;
5 — магазин для готовых изделий; 6 — ограждение; 7 — промышленный робот; 8 — бункер для выбора заготовок из навала и их поштучной выдачи к ориентирующему устройству

РТК на базе кривошипных горячештамповочных прессов. На этих прессах выполняют следующие операции: штамповку в торец (осаживание), предварительную и окончательную штамповку, пережим, гибку, формовку, вытягивание, выдавливание (прямое, обратное и комбинированное), калибровку, прошивку отверстий, обрезку облоя и др. Наличие у прессов верхних и нижних выталкивателей для принудительного извлечения поковок из штампа облегчает механизацию и автоматизацию.

На рисунке 3.4 представлена планировка РТК с фронтальным и боковым расположением пресса.

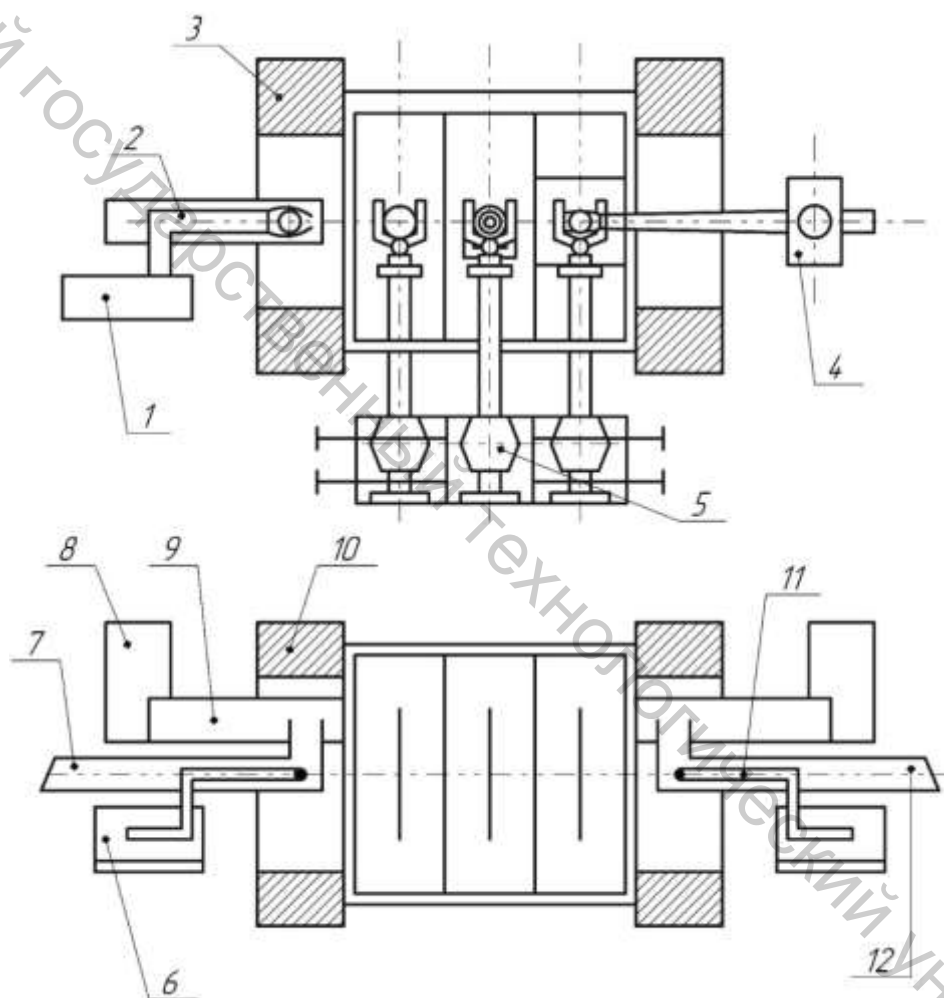


Рисунок 3.4 — Схемы роботизированных технологических комплексов на базе кривошипных горячештамповочных прессов с фронтальным (а) и боковым (б) расположением промышленных роботов:

- 1 — загрузочное устройство; 2 — цепной конвейер; 3 — пресс;
4 — разгрузочное устройство; 5 — промышленный робот для работы с прессом; 6 — промышленный робот для загрузки; 7 — подвесной цепной конвейер; 8 — тара для бракованных заготовок; 9 — конвейер для бракованных заготовок; 10 — пресс; 11 — промышленный робот для разгрузки; 12 — конвейер для отштампованных изделий

РТК с фронтальным расположением пресса (рис. 3.4, а) также включает:

- загрузочное устройство 1 (автооператор, промышленный робот или манипулятор с ручным управлением) для установки заготовок на осадочный ручей штампа;
- конвейер 2 подачи нагретых заготовок от индукционного нагревательного устройства или ковочных вальцов;
- робот 5 для перекладки заготовок по ручьям штампа;
- робот или автооператор 4 для удаления поковок из зоны штамповки.

РТК с боковым расположением пресса (рис. 3.4, б) отличается наличием двух (подводящего и отводящего) шаговых цепных конвейеров и комплектуется двумя роботами: одним — для загрузки заготовок в осадочный ручей и перекладки их из осадочного ручья в формовочный; другим — для перекладки из ручья предварительной формовки в ручей окончательной формовки или ручей обрезки облоя, а также для удаления поковки из зоны штамповки.

РТК на базе винтовых фрикционных прессов. На винтовых фрикционных прессах выполняют горячую и холодную обработку металлов под давлением — штамповку, гибку, правку, калибровку поковок. В прессах предусмотрен нижний выталкиватель для облегчения съема изделий. Промышленные роботы в составе РТК выполняют загрузку-выгрузку изделий. Схема РТК для горячей штамповки приведена на рисунке 3.5.

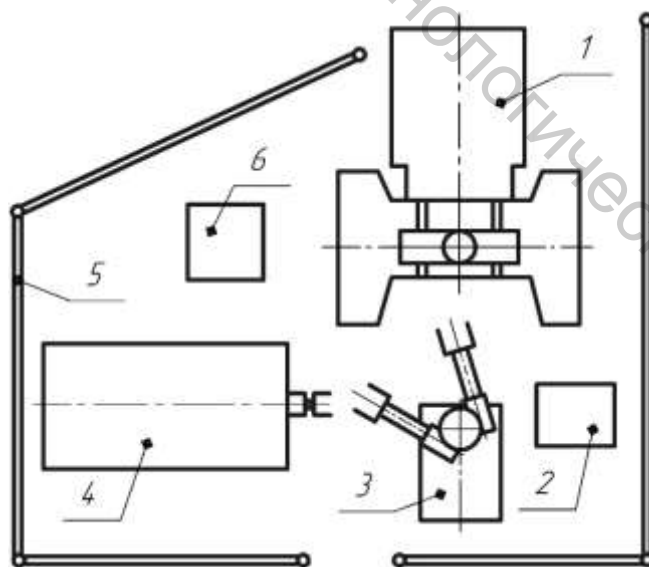


Рисунок 3.5 — Схема роботизированного технологического комплекса на базе фрикционного пресса:

1 — пресс; 2 — место для тележки с тарой для отштампованных изделий; 3 — промышленный робот; 4 — индукционная установка для нагрева заготовок; 5 — ограждение; 6 — система управления роботом

РТК на базе радиально-обжимных машин комплектуются двурукими роботами, предназначенными для установки–снятия деталей массой до 80 кг. Руки перемещаются вдоль своих осей на 700 мм со скоростью 1 м/с. Каретка с двумя руками перемещается по вертикали на 600 мм, по горизонтали — 200 мм со скоростью 0,4 м/с, а также может совершать маятниковое движение на 135° со скоростью 60 м/с. Схема планировки РТК представлена на рисунке 3.6.

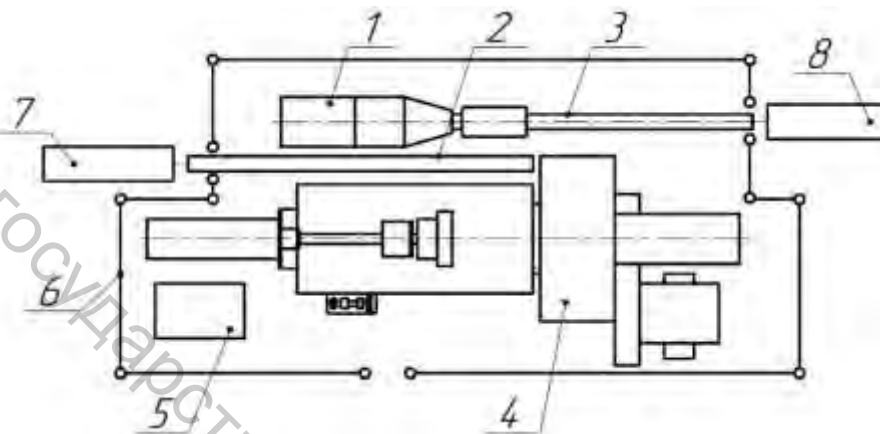


Рисунок 3.6 — Схема роботизированного технологического комплекса на базе радиально-обжимных машин:

1 — промышленный робот; 2 — подающий конвейер; 3 — удаляющий конвейер; 4 — радиально-обжимная машина; 5 — система управления; 6 — ограждение; 7 — нагревательное устройство; 8 — тара для поковок

РТК на базе отрезных пресов представлен на рисунке 3.7. Обрезные прессы предназначены для обрезки облоя с поковок, полученных на кривошипных горячештамповочных прессах. Промышленный робот захватывает заготовку с исходной позиции питателя, укладывает ее в штамп обрезного прессы, а после обрезки укладывает поковку в облой раздельной тары.

Автоматическая линия на базе двух роботизированных технологических комплексов в составе кривошипного горячего штамповочного и обрезного прессов обеспечивает штамповку колес и обрезку облоя (рис. 3.8).

Автооператор 3, оснащенный магнитным захватным устройством, отделяет одну заготовку из общей массы заготовок, расположенных навалом на таре 2, и помещает ее в ориентирующий лоток 4, подающий заготовку в кузнечный индукционный нагреватель 5. Заготовка из нагревателя конвейером 6 подается к фиксированной позиции загрузки кривошипного горячештамповочного прессы 7. Робот 1 обеспечивает загрузку–выгрузку КГШП и передает штамповку на лоток 14, откуда ее берет робот 13 и загружает в обрезной пресс 8. Готовые детали сбрасываются в тару 9 механизмом 10. Облой и другие отходы удаляются

сбрасывателем 11, окалина сдувается соплом 12. Рельсовые пути 15 служат для откатывания роботов при наладочных и ремонтных работах.

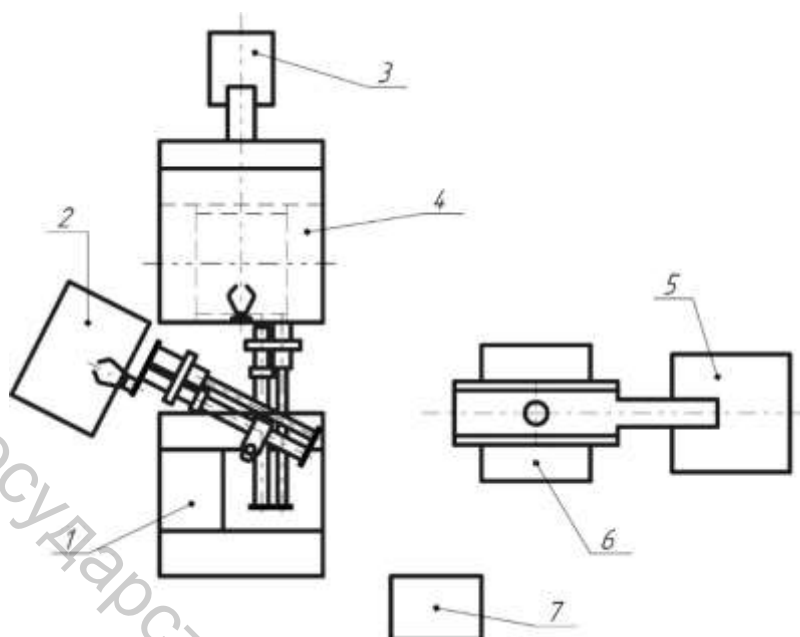


Рисунок 3.7 — Схема роботизированного технологического комплекса на базе обрезающего пресса:

1 — промышленный робот; 2 — питатель выдачи заготовок; 3 — тара для отходов; 4 — пресс; 5 — тара для контурного отхода; 6 — тара для отштампованных деталей; 7 — система управления

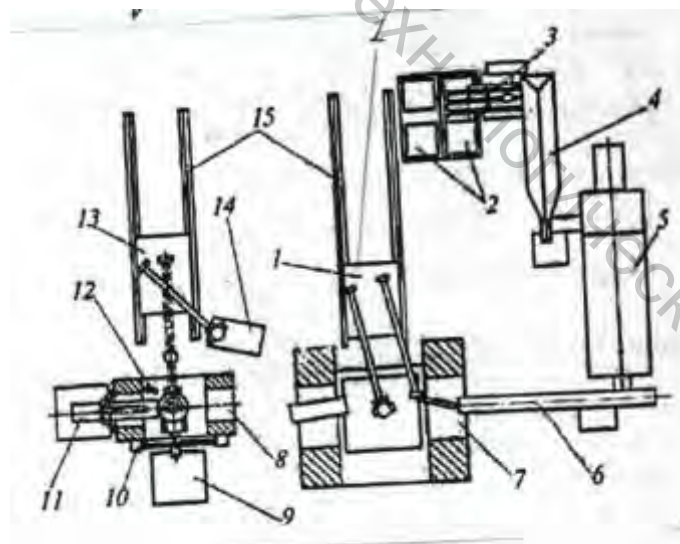


Рисунок 3.8 — Схема автоматической линии на базе кривошипного горячештамповочного и обрезающего прессов:

1, 13 — промышленный робот; 2, 9 — тара; 3 — автооператор; 4 — ориентирующий лоток; 5 — кузнечный индукционный нагреватель; 6 — конвейер; 7, 8 — кривошипный горячештамповочный и обрезающий прессы соответственно; 10, 11 — сбрасыватели; 12 — сопло подачи сжатого воздуха; 14 — лоток; 15 — рельсовые пути

Автоматическая линия фирмы «Шулер» на базе роботизированных комплексов в составе фрикционного горячештамповочного, обрезающего и калибровочного прессов обеспечивает протяжку, скручивание, формовку, штамповку, обрезку и калибровку заготовки. Это предполагает использование на фрикционном прессе многоручьевых штампов.

В качестве нагревателя применяется карусельная печь 3, загрузка которой осуществляется подающим конвейером 2 и устройством 1, а выгрузка исходных заготовок производится устройством 5 и боковым конвейером 4. Нагретые заготовки подают в камеру 6 для очистки заготовок от окалины. Движение основному конвейеру 8 сообщается от привода 7. Все основные штамповочные операции производятся на винтовом прессе 9. Установка заготовок в штамп прессы и дальнейшее перемещение по ручьям штампа осуществляется промышленным роботом 10. Извлечение сформованной заготовки из штампа и ее перенос в обрезной пресс 12 производится роботом 11. После отделения облоя заготовка по конвейеру 13 перемещается к калибровочному прессу 14, где захватывается роботом 15 и устанавливается в штамп прессы. Все отштампованные заготовки загружаются в камеру 16 для охлаждения.

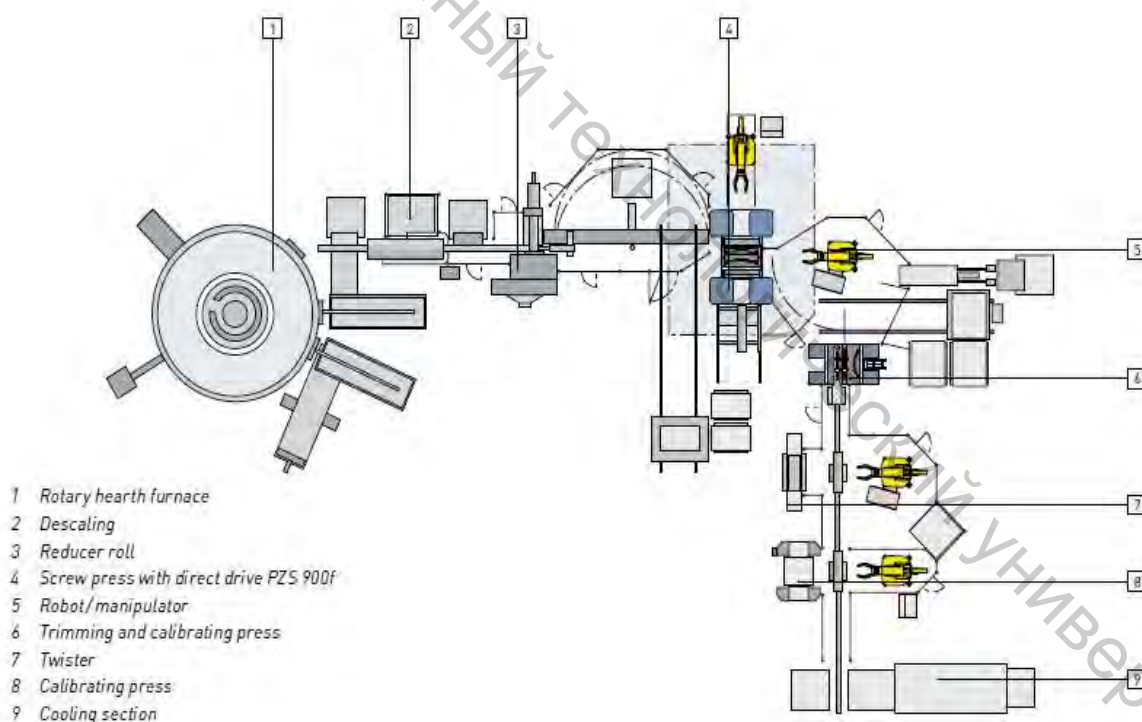


Рисунок 3.9 — Схема автоматической линии фирмы Schuler:
 1, 5 — загрузочное и выгрузочное устройство соответственно;
 2, 4, 8, 11 — конвейеры; 3 — карусельная нагревательная печь;
 6 — устройство для очистки от окалины; 7 — привод; 9 — винтовой пресс; 10, 11, 15 — промышленные роботы; 12, 14 — обрезной и калибровочный прессы соответственно; 16 — камера для охлаждения

3.3 Роботизированные технологические комплексы для термической обработки

РТК термообработки обеспечивают выполнение всего комплекса основных и вспомогательных операций, необходимых для реализации отдельного или нескольких процессов термообработки (например, закалки, отпуска, нормализации, отжига). Поскольку отдельные операции различны по продолжительности, то для обеспечения максимальной производительности участка и оптимального использования всех входящих в РТК термообработки агрегатов продолжительность каждой операции следует устанавливать кратной продолжительности самой короткой по времени операции.

РТК термообработки могут включать в себя нагревательные установки различных типов. В составе автоматизированных линий РТК термообработки могут взаимодействовать с РТК, осуществляющими другие технологические операции.

Роботизированный комплекс для изотермической закалки заготовок режущих инструментов представлен на рисунке 3.10.

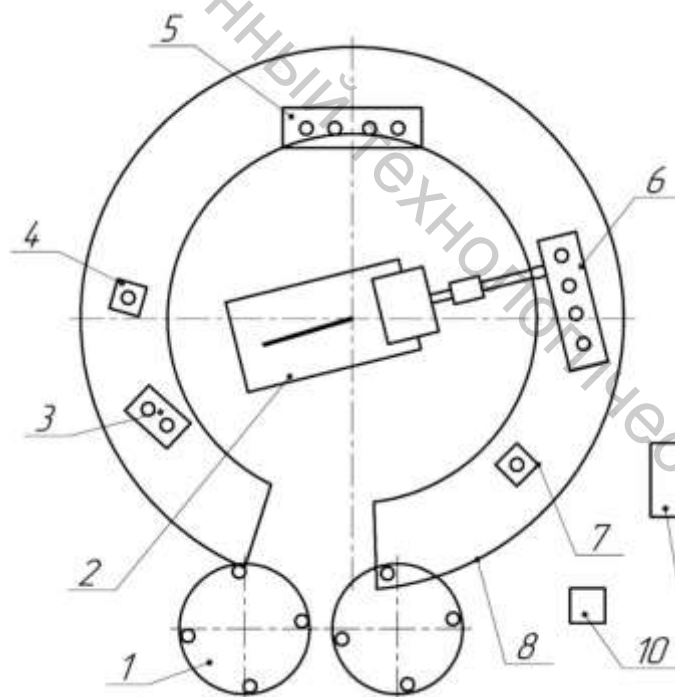


Рисунок 3.10 — Принципиальная схема РТК изотермической закалки заготовок режущего инструмента:

- 1 — устройство подачи заготовок; 2 — промышленный робот;
3, 4, 5 — электропечи-ванны; 6 — стеллаж; 7 — мойка; 8 — подставка;
9 — блок управления; 10 — стол

Заполненные заготовками подвесные кассеты устанавливаются в специальные гнезда устройства подачи 1. Промышленный робот 2

захватывает кассеты и перемещает их с позиции на позицию согласно циклу термообработки. При этом периодически устройства подачи 1 поворачиваются в соответствии с заданной программой.

В процессе работы РТК осуществляют следующие технологические операции. В электропечи-ванне 3 заготовки: на первой позиции подогревают над зеркалом ванны до 400–500 °С в течение 3–6 мин для удаления влаги и масла. На второй позиции в течение 3–6 мин прогревают в расплаве соли до 800 °С. Подогретые заготовки роботом 2 перемещаются во вторую электропечь-ванну 4, где они нагреваются в течение 2,5–3 мин до температуры закалки (1200–1250 °С). Затем на первой позиции электропечи-ванны 5 в течение 2,5–3 мин заготовки охлаждаются до 600 °С, а на второй, третьей и четвертой позициях (по 10–15 мин на каждой) осуществляется отпуск при той же температуре.

После каждой позиции электропечи 5 промышленный робот перемещает кассеты на соответствующую (первую, вторую, третью или четвертую) позицию специального стеллажа 6, где заготовки охлаждаются до 40–60 °С. После охлаждения на четвертой позиции стеллажа 6 кассета подается в моечную машину 7, где при температуре 80–100 °С водяным содовым раствором с заготовок смываются соли, оставшиеся после термообработки. Из мойки 7 кассеты с заготовками устанавливаются на подставку 8 и поворотным устройством подставки кассеты выводятся из зоны действия робота для визуального осмотра заготовок и передачи на стол 10. На столе кассета освобождается от обработанных заготовок и заполняется новыми. Заполненная кассета вновь подается в устройство подачи 1.

Все транспортные операции выполняет один промышленный робот, который для обеспечения возможности ремонта отдельных агрегатов или ручной отработки технологического процесса установлен на рельсы и может выкатываться за пределы участка.

4 Автоматизация процессов литейного производства

4.1 Роботизация процессов литейного производства

Применение роботизированных технологических комплексов (РТК) в литейном производстве охватывает все виды операций: их применяют для автоматизации изготовления литейных форм, при установке стержней в формы, изготовлении стержней, сборке форм со стержнями, заливке форм, очистке, обрезке, обрубке, зачистке отливок, транспортных операций и т. д.

На участках литейного производства роботы выполняют следующие операции:

- при изготовлении форм и стержней — опрокидывание подмодельных плит, обдувку форм, стержней и стержневых ящиков, окрашивание форм и стержней;
- при очистке и обрубке отливок — навешивание и съем отливок с подвесок дробеметных камер, манипулирование пескоструйным или дробеструйным пистолетом, обдув полостей отливок после обрубки, зачистки и удаления стержней;
- при центробежном литье — заливку формы, удаление и передачу отливок на транспортное средство, очистку и окраску форм;
- при литье по выплавляемым моделям — нанесение обмазки, обсыпку, передачу и транспортирование модельных блоков, навешивание и снятие с подвеса цепного моделей элементов литниковых систем, обмазку оболочек модельным составом, захватывание, перенос и установку блоков на полуавтоматы для отделения отливок от керамики и на обрезные прессы, предназначенные для отделения отливок от литниковых систем;
- при литье в кокили автоматизируют укладку стержней, заливку форм, извлечение и передачу отливок;
- при автоматизации процессов литья под давлением РТК используются для смазки, охлаждения и обдува пресс-форм, дозирования и заливки расплава, извлечения и переноса отливок к устройствам охлаждения и обрубки;
- при контроле качества отливок автоматизируют процессы захватывания, транспортирования и манипулирования отливками перед рентгеновскими камерами, источниками радиоизотопного излучения и другими средствами.

4.2 Роботизированные технологические комплексы и автоматизированные линии для изготовления литейных форм

Роботизированный технологический комплекс (РТК) машинной формовки (без использования стержней) приведен на рисунке 4.1.

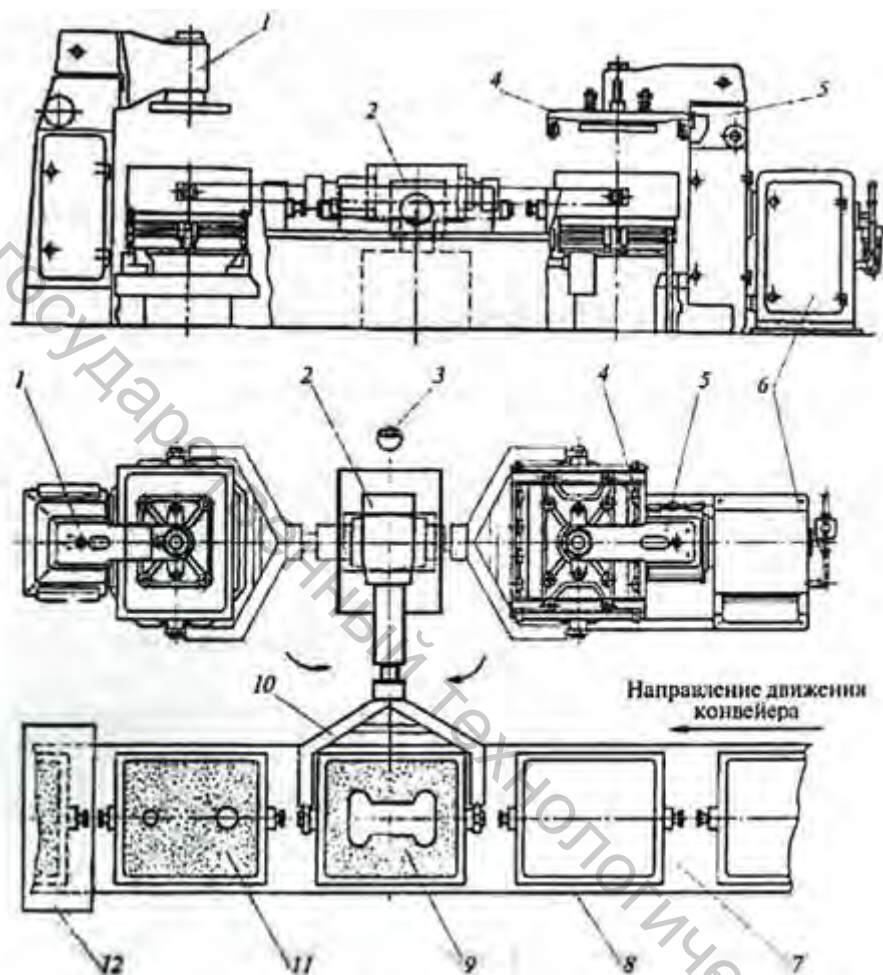


Рисунок 4.1 — Схема роботизированного комплекса бесстержневой машинной формовки:

- 1 — формовочная машина для изготовления верхних полуформ;
- 2 — ПР; 3 — оператор РТК; 4 — приемные ролики; 5 — формовочная машина для изготовления нижних полуформ; 6 — поворотное устройство; 7 — конвейер; 8 — пустая опока; 9 — нижняя полуформа;
- 10 — захватное устройство ПР; 11 — верхняя полуформа;
- 12 — маркировщик

Формовочная машина 1 служит для изготовления верхних полуформ 11, а формовочная машина 5 — нижних полуформ 9. Промышленный робот 2 обслуживает формовочные машины и литейный конвейер 7, обеспечивая попеременную передачу полуформ от машин на конвейер и подачу на машину пустых опок 8. Захватное устройство 10

робота обеспечивает захват пустых опоки и полуформ за цапфы. Формовочная машина 5 снабжена поворотным устройством 6, служащим для кантования полуформы, вытяжка модели и выдачи полуформы на приемные ролики 4. Для контроля целостности отпечатка полуформ предусмотрены специальное контрольное устройство и автоматический маркировщик 12, наносящий метки на бракованные полуформы.

В РТК автоматизированы следующие операции:

- подача пустой опоки на стол формовочной машины для изготовления нижней полуформы;
- обдув и опрыскивание моделей разделительным флюоресцирующим составом;
- уплотнение смеси встряхиванием и прессованием;
- кантование полуформы и протяжка модели;
- захватывание полуформы роботом и передача ее на литейный конвейер;
- захватывание роботом пустой опоки и передача ее на формовочную машину для изготовления верхней полуформы;
- изготовление верхней полуформы и передача ее на литейный конвейер;
- бесконтактный контроль качества и целостности отпечатка полуформ.

Автоматическая линия для безопочной формовки представлена на рисунке 4.2. Формовочная смесь (рис. 4.2, а) из бункера 2 сжатым воздухом перемещается в полость между поворотной плитой 1 и подвижной модельной плитой 3. Уплотняется формовочная смесь в результате перемещения модельной плиты 3 штоком 4. После уплотнения формовочной смеси поворотная модельная плита 1 отодвигается (рис. 4.2, б) специальным устройством. Модель извлекается и поднимается вверх, а готовая часть формы 5 штоком передвигается и плотно прижимается к ранее изготовленным (рис. 4.2, в). Шток 4 с подвижной плитой возвращается (рис. 4.2, г) в исходное положение.

После этого все операции по изготовлению литейных форм повторяются. Производительность такой автоматической установки — до 240 форм в час.

Заливают формы расплавленным металлом из конических, барабанных и других ковшей, футерованных огнеупорным материалом и высушенных до полного удаления влаги. Температура заливки металла зависит от рода сплава, толщины стенок отливок, их конфигурации и т. п. Заливку форм ведут без перерыва, с полным заполнением литниковой чаши.

Автоматическая линия изготовления стержней, установки их в полуформы и сборки форм включает в себя несколько роботизированных комплексов, объединенных литейными конвейерами.

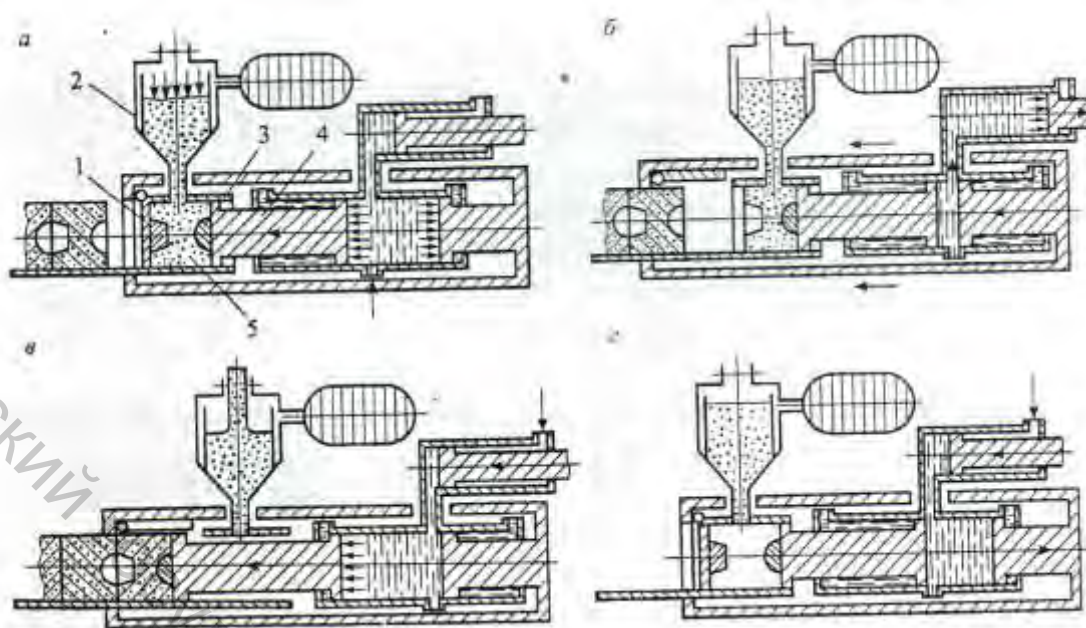


Рисунок 4.2 — Схема работы автоматической линии для безопочной формовки:

а — формовочная машина для изготовления верхних полуформ, *б* — протяжка левой полумодели, *в* — проталкивание формы вперед, *г* — возврат прессовой плиты и закрывание камеры; 1 — поворотная плита, 2 — бункер, 3 — подвижная модельная плита, 4 — шток, 5 — форма

Роботизированный комплекс для изготовления стержней представлен на рисунке 4.3 и включает две пескострельные стержневые машины 1 горячего отверждения стержней, ленточные транспортеры 3 приема стержней 7, робот-стержнеукладчик 4, подвесной транспортный конвейер 6, шкафы 2 энергопитания и управления. После раскрытия стержневого ящика стержень падает на ленточный приемный транспортер 3, поверхность которого выполнена из упругих элементов, и перемещается к приемной позиции робота. Захватное устройство робота снабжено ориентирующим вакуумным приспособлением, с помощью которого осуществляется захват, фиксация стержня 7 и передача его на транспортную плиту 5 подвесного конвейера 6. Робот 4 установлен между двумя стержневыми машинами и осуществляет захват, транспортировку и укладку стержней на конвейер от обеих стержневых машин. Движения робота, приемных ленточных транспортеров и подвесного конвейера синхронизированы.

Роботизированный комплекс установки стержней в полуформы (рис. 4.4) включает в себя литейный конвейер 1 с установленными полуформами 2, робот-установщик 4 стержней 3, подвесной конвейер 5 с транспортными плитами 6 и уложенными стержнями 3. Робот смонтирован между конвейерами литейных форм и подачи стержней. С помощью вакуумного устройства робот захватывает стержень, переносит

его к литейному конвейеру и укладывает в полуформу. Стержень предварительно ориентирован на транспортных плитах. Движения конвейеров и робота синхронизированы.

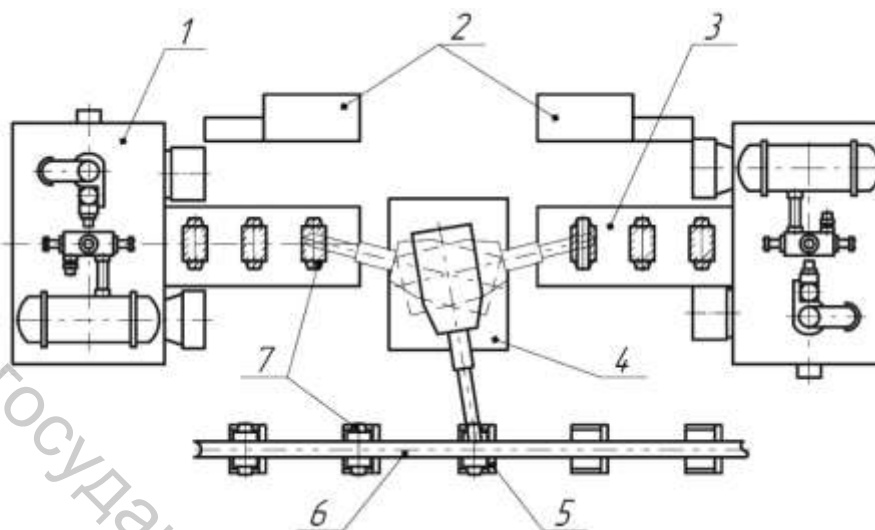


Рисунок 4.3 — Схема роботизированного комплекса изготовления стержней:

- 1 — пескострельная стержневая машина; 2 — шкафы электропитания и управления; 3 — ленточный транспортер; 4 — робот-стержнеукладчик;
5 — транспортная плита; 6 — подвесной транспортный конвейер;
7 — песчаные стержни

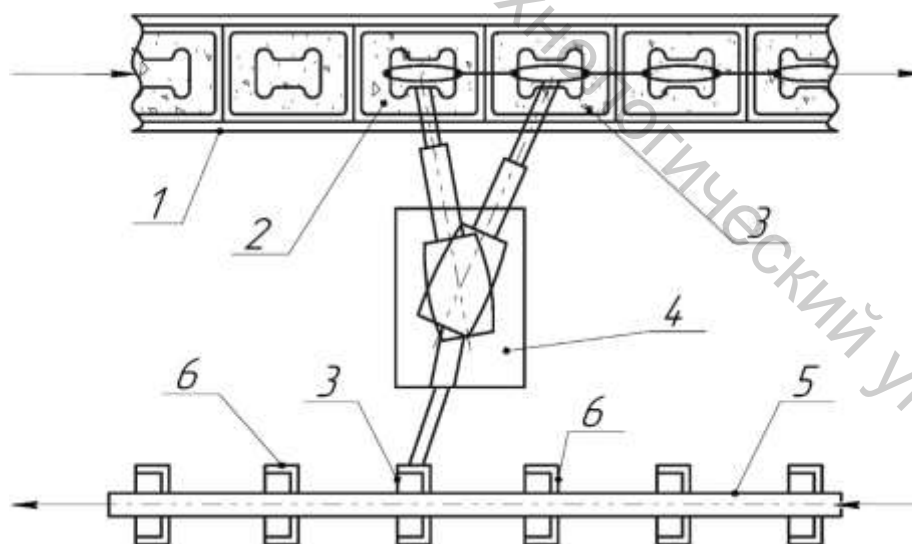


Рисунок 4.4 — Схема роботизированного комплекса установки стержней в полуформы:

- 1 — литейный конвейер; 2 — полуформы; 3 — стержни; 4 — робот-установщик; 5 — подвесной конвейер; 6 — транспортные плиты

Роботизированный комплекс сборки литейных форм (рис. 4.5) включает робот-сборщик 1 форм, робот-установщик 2 стержней,

литейный конвейер 3 с нижней 5 и верхней 4 полуформами. Робот-установщик снимает стержни с подающего конвейера (на рисунке 4.4 не показан) и устанавливает их в нижние полуформы. Робот-сборщик захватывает за цапфы верхнюю полуформу 4, поворачивает ее на 180° и собирает формы 6, которые затем перемещаются по конвейеру на заливку.

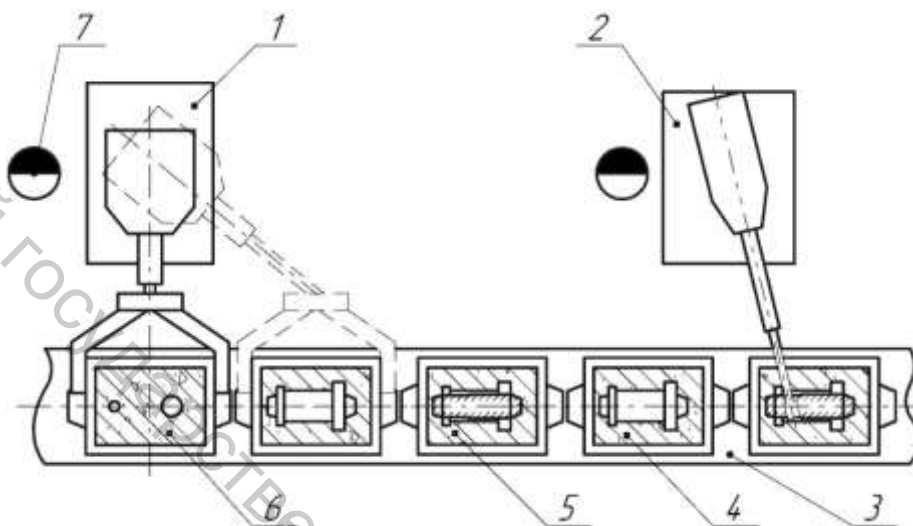


Рисунок 4.5 — Схема роботизированного комплекса сборки литейных форм:

- 1 — робот-сборщик литейных форм; 2 — робот-установщик стержней;
3 — литейный конвейер; 4 — верхняя полуформа; 5 — нижняя полуформа; 6 — литейная форма в сборе; 7 — операторы РТК

4.3 Автоматизация процессов литья в кокиль

Роботизированные комплексы литья в кокили выполняют на базе серийно выпускаемых кокильных машин и заливочных установок. Литье в кокиль включает операции заливки металла, съема отливок, перенос их для обрубки и очистки.

Широкая номенклатура кокильных машин позволяет создать производственные модули кокильного литья различного типа и назначения, основными из которых являются:

- специализированные модули для массового производства сложных отливок;
- гибкие производственные модули на базе универсальных кокильных машин;
- роторные модули кокильного литья.

Специализированный РТК для литья головок блока двигателей представлен на рисунке 4.6.

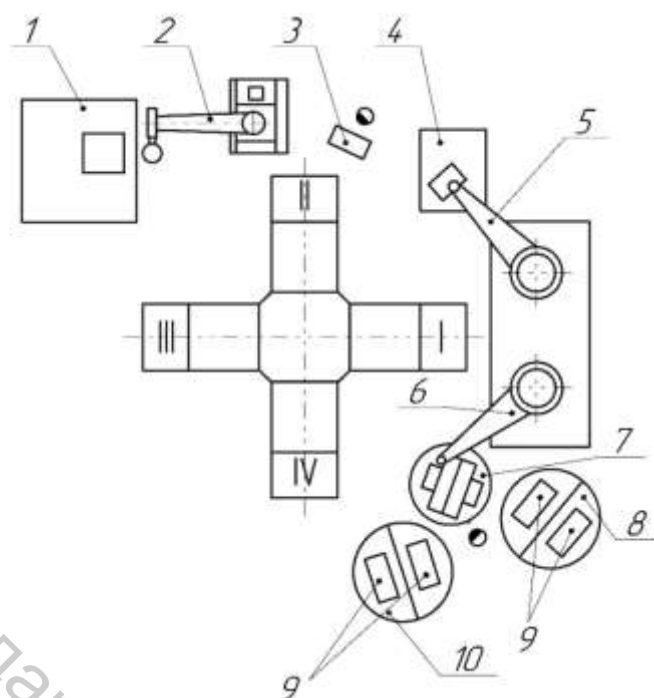


Рисунок 4.6 — Схема роботизированного комплекса кокильного литья:
 1 — раздаточная печь; 2 — автооператор для заливки форм; 3 — пульт управления; 4, 7, 8, 10 — столы; 5, 6 — промышленные роботы;
 11 — карусельная четырехпозиционная кокильная машина

В состав комплекса входят: раздаточная печь 1, автооператор 2 для заливки форм, пульт управления 3, приемный стол 4, робот 5 для извлечения и транспортировки отливки на приемный стол 4, роботы для установки стержней в форму, стол 8 с контейнерами 9 для выпорных стержней, четырехпозиционная кокильная карусельная машина 11.

Технологический процесс изготовления отливок дифференцирован по четырем позициям I–IV:

- извлечение и передача отливки, обдув, подготовка кокиля и установка стержней;
- контроль формы и ее заливка;
- кристаллизация и затвердевание отливки;
- раскрытие формы.

Привод карусели кокильной машины — гидравлический. Точность останова стола карусели достигается гидравлическим торможением системы. Закрытие и открытие формы автоматическое. Робот для установки стержней имеет гидропневматический привод. Пневматический привод используется для захвата и удержания стержней вакуумными присосками. Робот для извлечения отливок имеет гидравлический привод. Карусель, роботы и автооператор управляются с одного пульта 3. Система управления — электронная. Ручными являются операции выгрузки стержней из контейнеров на стол сборки и обдувка форм. Эти операции выполняются двумя операторами.

Гибкий производственный модуль на базе универсальных кокильных машин представлен на рисунке 4.7. Модуль имеет линейную компоновку. Особенностью модуля является применение универсальных перепрограммируемых автоматических манипуляторов или роботов, используемых для обслуживания нескольких кокильных машин.

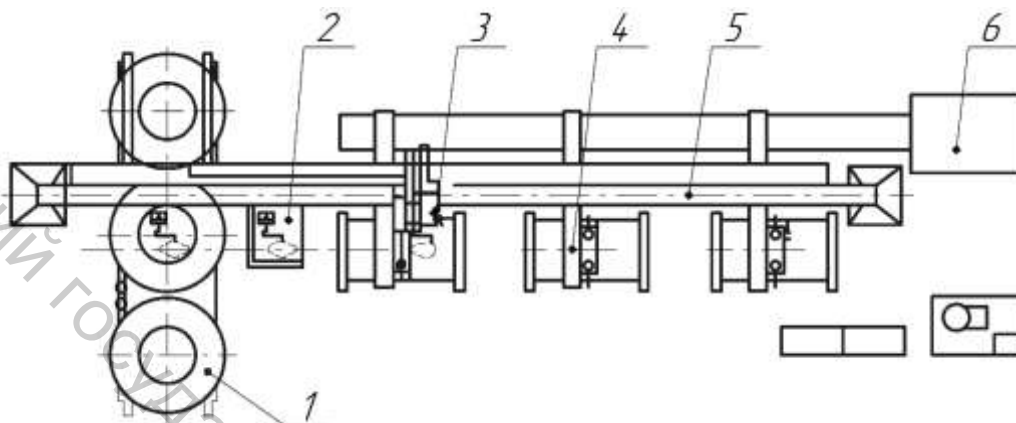


Рисунок 4.7 — Принципиальная схема гибкого производственного модуля кокильного литья линейной компоновки (фирма Месана, Швейцария):

- 1 — раздаточная печь; 2 — заливочный манипулятор; 3 — манипулятор удаления отливки и установки в кокиль вставок-фильтров для металла; 4 — кокильная машина; 5 — конвейер для отливок; 6 — агрегат удаления литниковой системы (отрезки прибылей)

Представленный модуль является оптимальным для серийного производства отливок, таких как алюминиевые поршни дизельного двигателя, головок и блоков цилиндров. Такие модули являются базовыми элементами автоматических или автоматизированных линий кокильного литья.

Роторные модули предназначены для использования в условиях массового производства. Предполагается использование в роторных линиях двух технологических роторов (заливки металла в кокиль и отрезки литниковой системы) и одного объединяющего их транспортного ротора.

4.4 Автоматизация процессов литья под давлением

Автоматизация литья под давлением осуществляется путем автоматизации заливки металла, смазывания пресс-форм и прессовых камер литейных машин, съема отливок с машин и последующей укладки их в тару.

Автоматизация заливки металла осуществляется с помощью различных устройств, которые по способу доставки металла можно разделить на две группы:

- с применением стационарных металлоотводов;
- с применением подвижных мерных емкостей металла, перемещаемых манипуляторами-автооператорами.

Автооператоры для заливки металла более совершенны, чем устройства со стационарными металлоотводами, так как обеспечивают более высокую точность дозирования и производительность, стабильность цикла и надежность работы. Простота эксплуатации и конструктивных решений таких автооператоров сочетается с более низкой себестоимостью изготовления по сравнению со стационарными металлоотводами, а также с возможностью работы с печами разной конструкции, простотой встраивания в различное оборудование. На рисунке 4.8 представлен автоматический дозатор с заливочным ковшом. Такие манипуляторы монтируют на передней неподвижной плите литейной машины.

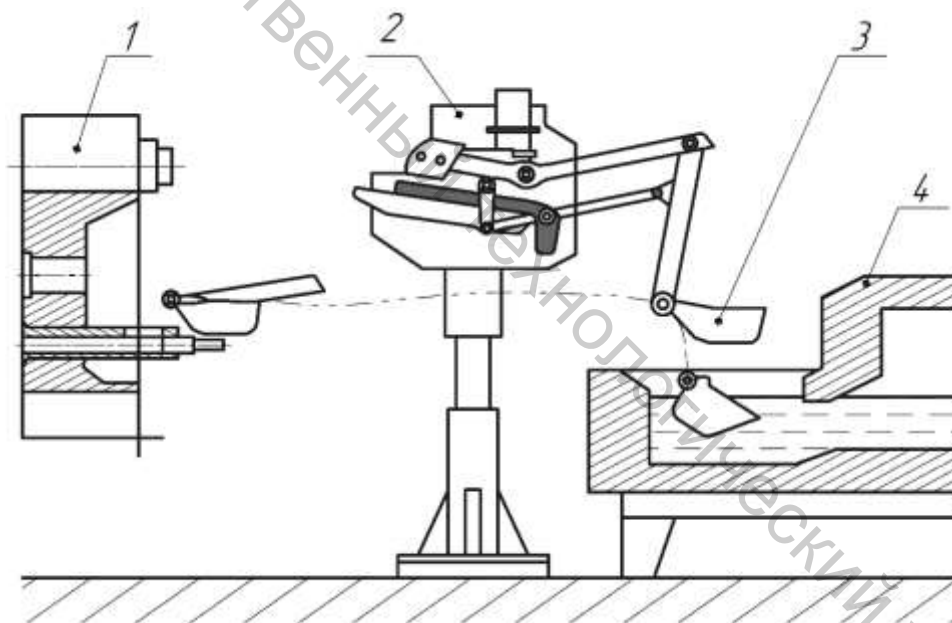


Рисунок 4.8 — Схема автоматического заливочно-дозировочного манипулятора (фирма Buhler, Швейцария):

- 1 — машина литья под давлением; 2 — манипулятор;
3 — заливочный ковш; 4 — раздаточная печь

Автоматизация смазывания пресс-форм и камер прессования обычно выполняется методом распыления. Стационарные форсунки применяют для смазывания камер прессования и пресс-форм при получении относительно простых и мелких отливок. Форсунки устанавливают на формонесущих плитах литейных машин с помощью универсальных штативов, позволяющих регулировать положение

форсунок в пространстве. Трубопроводами форсунки соединены с блоком подачи смазочного материала. В одной головке может быть предусмотрено несколько контуров распыления смазки и обдува сжатым воздухом. Типы форсунок, режимы их работы и траектории движения выбираются в соответствии с конфигурацией рабочей полости пресс-формы.

Автооператоры для смазывания пресс-форм используют при получении сложных отливок, имеющих полости, тонкие стенки и высокие выступы.

Средства извлечения отливок применяют для отделения отливки от формы (сбрасыватели и толкатели различного рода), а также для удаления отливок из рабочей зоны литейной машины (транспортеры, наклонные лотки, приводные столики и т. д.).

Роботизированные комплексы для литья под давлением.

В состав основного технологического оборудования РТК входят:

- раздаточная электропечь с расплавом металла;
- одна или две машины для литья под давлением;
- установка для охлаждения отливок;
- обрубной пресс для обрезки литниковой системы.

В зависимости от способа извлечения отливок РТК подразделяются на два типа: со свободным падением отливки в систему охлаждения и роботизированной операцией извлечения отливки и ее охлаждения. В комплексах первого типа применяют стационарные устройства водяного охлаждения отливок, располагаемые под машиной, или малогабаритные охлаждательные транспортеры с водяным резервуаром. В комплексах второго типа промышленные роботы обеспечивают извлечение отливок, подачу их на охлаждение и обрубку. Типовая компоновка РТК литья под давлением приведена на рисунке 4.9.

Процесс литья под давлением начинается со смазывания пресс-формы и пресс-поршня машины для литья под давлением 1 манипулятором 2. Затем подвижную и неподвижную половины пресс-формы смыкают и запирают механизмом запираания. Из раздаточной печи 4 в прессовый стакан заливочный манипулятор 3 подает расплавленный металл. Пресс-поршень вытесняет жидкий металл в полость формы, где происходит его кристаллизация. Затем пресс-форма раскрывается и выталкивателями из нее выталкивается отливка, которую манипулятор 5 снимает и переносит в ванну 6 для охлаждения, и далее под обрубной пресс 10 для отделения литниковой системы. Затем отливка укладывается на конвейер 11, поступает на стол контроля 12 и укладывается в тару 13.

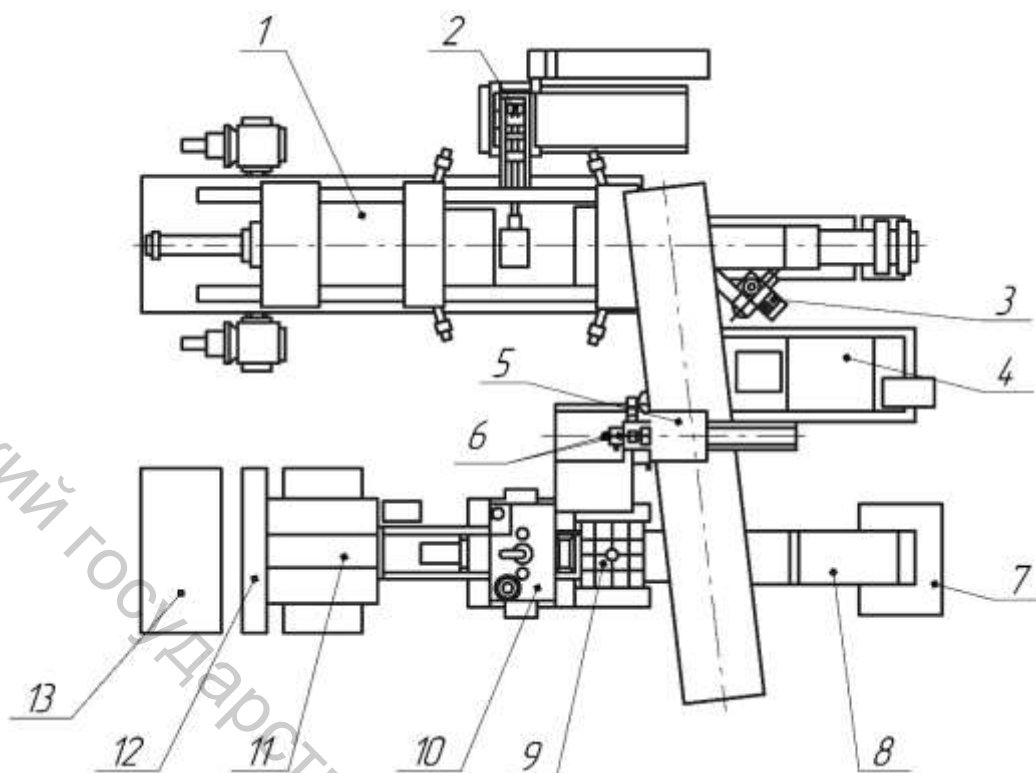


Рисунок 4.9 — Схема автоматизированного комплекса литья под давлением (фирма Weingarten, Германия):

- 1 — машина литья под давлением; 2 — манипулятор смазки пресс-формы; 3 — заливочный манипулятор; 4 — раздаточная печь; 5 — манипулятор для съема и удаления отливок; 6 — ванна для охлаждения отливок; 7 — контейнер для отходов; 8 — транспортер отходов; 9 — передвижной стол обрезающего пресса; 10 — обрезающий пресс; 11 — промежуточный контейнер для отливок; 12 — стол контроля; 13 — контейнер для готовых отливок

4.5 Автоматизация процессов литья под регулируемым низким давлением

Машины для литья под низким регулируемым давлением (ЛНД) оснащены автоматизированными металлоустройствами, обеспечивающими заполнение полости формы жидким металлом. В большинстве случаев формой является металлический кокиль. В многопозиционных, обычно карусельных, машинах ЛНД разделение кокиля с металлопроводом происходит после затвердевания отливки. Дальнейшее охлаждение отливки, ее извлечение из формы и сборка кокиля происходят на других позициях карусели (рис. 4.10).

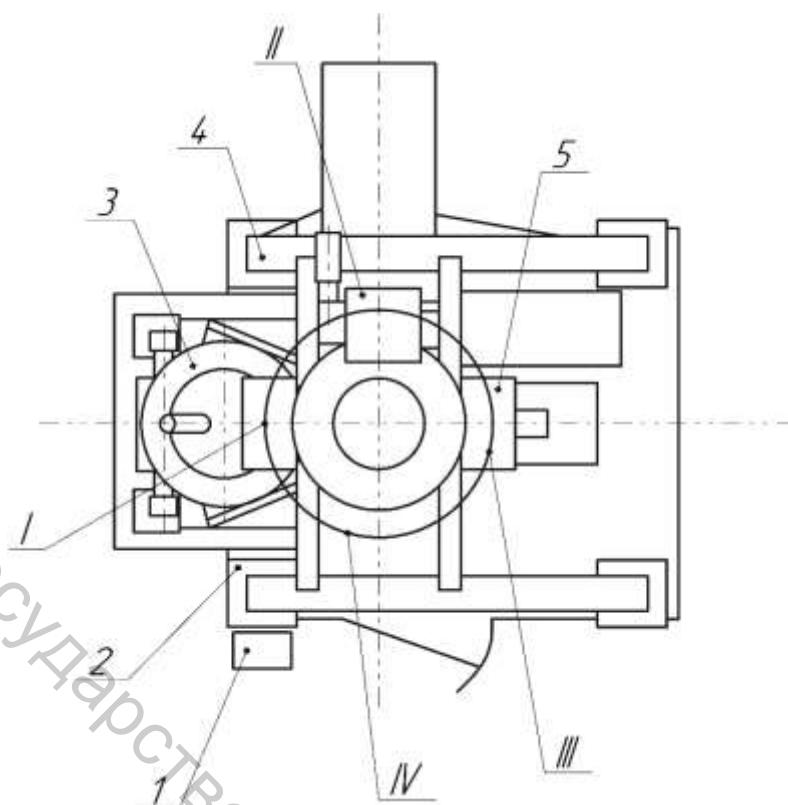


Рисунок 4.10 — Схема четырехпозиционной установки ЛНД
(фирма KWC Engineering, Швейцария):

- I — позиция заливки; II — позиция удаления отливки; III — позиция «замачивания» полуформ; IV — позиция установки стержней;
1 — пульт управления; 2 — металлоконструкция;
3 — металлораздатчик; 4 — порталная часть металлоконструкции;
5 — траверса; 6 — бак с кокильной краской

На позиции I выполняются операции:

- соединение собранной формы с металлораздатчиком — кокиль опускается и прижимается к металлопроводу;
- заливка — заполнение полости формы расплавом;
- затвердевание отливки;
- разъединение кокиля с металлораздатчиком — подъем кокиля после затвердевания отливки.

На позиции II:

- разборка кокиля;
- выталкивание отливки из кокиля и ее удаление.

На позиции III:

- окрашивание и охлаждение кокиля методом «замачивания», т. е. погружение кокиля рабочими поверхностями в ванну с кокильной краской.

На позиции IV:

- установка стержней;
- сборка формы (заккрытие кокиля).

Неотъемлемой частью машины ЛНД является система управления, в которую вводятся:

- время заливки;
- время затвердевания отливки;
- давление в печи металлораздатчика и закон его изменения;
- температура и время охлаждения кокиля;
- концентрация кокильной краски.

Для повышения уровня автоматизации машина ЛНД комплектуется:

- агрегатом приема и удаления отливок;
- дробеструйным аппаратом для очистки отливок;
- электрическим подогревателем кокилей перед работой;
- агрегатом быстрой замены кокильных форм;
- автоматическим блоком загрузки печи слитками;
- малым подъемным краном для монтажа металлораздатчика.

4.6 Автоматизация процессов литья выжиманием

Литье выжиманием можно разделить на литье с угловым сближением створ для получения панельных конструкций и с плоскопараллельным сближением створ для получения объемных оболочек и изделий корпусного типа (рис. 4.11).

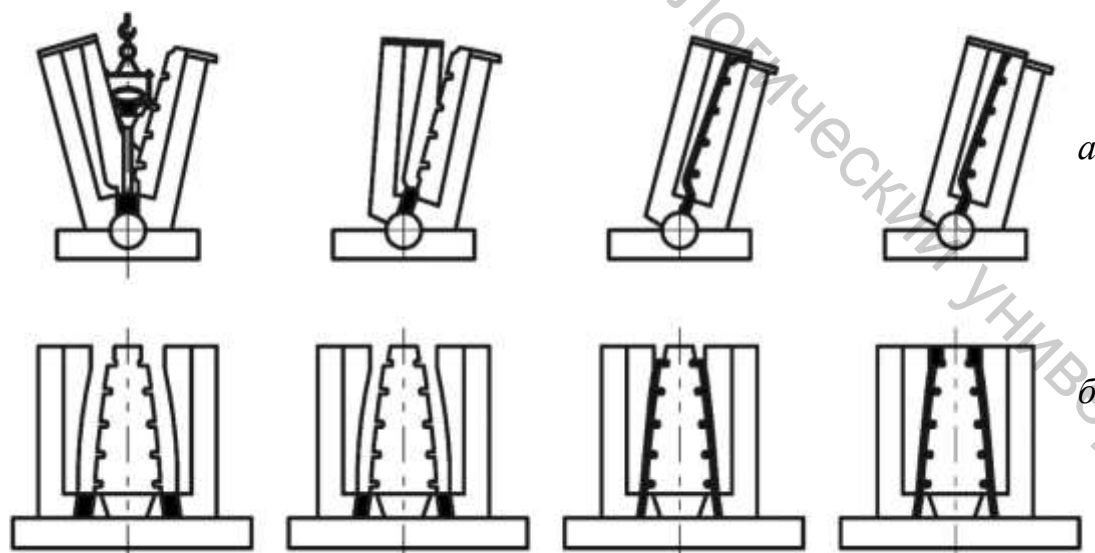


Рисунок 4.11 — Схема процесса литья выжиманием крупногабаритных тонкостенных деталей панельного и корпусного типов;

сближение створ:

a — угловое; *б* — плоскопараллельное

Металлоприемником служит нижняя часть литейной формы. Расплав заливается в металлоприемник с технологическим убытком. В донной стабилизирующей части формы расплав разгоняется на заданную скорость. Заполнение рабочей полости формы производится при заданной скорости головной части потока расплава. Избыток расплава выжимается в промывник вместе с находящимися в головной части потока различными загрязнениями. Скорость головной части потока плавно уменьшается в промывнике, чтобы не было выброса расплава за пределы формы.

Особенности литья выжиманием определяют основные требования, которым должно удовлетворять технологическое оборудование: обеспечение требуемых скоростей сближения створ в период заливки, надежное запираение расплава с боков при сближении створ и в период затвердевания отливок, обеспечение требуемых усилий при сведении и разведении створ, подрыв и удаление отливок, исключение коробления отливок, поддержание заданного теплового режима поддона и створ, обеспечение продолжительности временных интервалов технологических операций. Из этого следует, что формирование отливки методом выжимания может выполняться только в автоматическом режиме.

На рисунке 4.12 представлен роторный комплекс литья выжиманием мелких отливок из алюминиевых сплавов, имеющий два технологических и два транспортных ротора.

Формообразующий ротор 1 имеет восемь инструментальных блоков, в каждый из которых устанавливается двухэлементный кокиль с горизонтальной плоскостью разъема. В зоне I ротора насос заливает дозу расплава в нижнюю половину открытого кокиля. В зоне II опускается верхняя половина кокиля, форма закрывается и осуществляется процесс выжимания. Излишний металл выжимается на свободную верхнюю половину нижней полуформы (перелив). В зоне III отливка затвердевает и охлаждается. В зоне IV продолжается охлаждение отливки «на воздухе» в открытом кокиле. В зоне V отливка выталкивается из кокиля и передается на транспортный ротор 2. Зона X предназначена для восстановления покрытия формы.

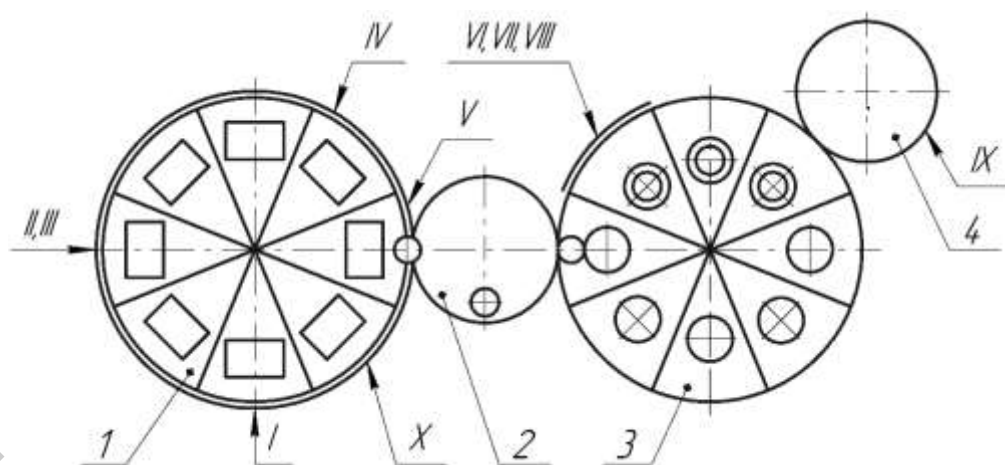


Рисунок 4.12 — Принципиальная схема роторной линии литья выжиманием:

- 1 — формообразующий ротор; 2, 4 — транспортирующие роторы;
3 — обрезной ротор

Транспортный ротор 2 переносит отливку на обрезной ротор 3 с восемью обрезными штампами. В зоне VI отливка устанавливается в штамп, в зоне VII обрезается и в зоне VIII сбрасывается в тару. Облой остается на матрице штампа. Транспортный ротор 4 перемещает облой на конвейер уборки отходов.

Производительность комплекса составляет 300 отливок в час, максимальный размер отливки — 300 мм.

4.7 Автоматизация процессов центробежного литья

При центробежном литье отливка подвергается действию гравитационных и центробежных сил. Конфигурация отливки формируется при заполнении формы. Кристаллизация отливки осуществляется в поле этих сил.

Характерными признаками всех центробежных машин являются положение оси вращения (рис. 4.13).

В шпиндельных машинах литейная форма закрепляется непосредственно на шпинделе или на планшайбе шпинделя, вращающегося в двух опорах.

В роторных машинах сама форма является ротором, вращающимся на роликовых опорах. Иногда такие машины называют роликовыми. Вращение ротору передается через нижние приводные ролики или через шкив клиноременной передачи.

Путем соответствующего оснащения внешними устройствами и современной системой управления на базе любой центробежной машины

могут быть созданы автоматизированные технологические комплексы (модули) центробежного литья. Это потребует кардинальных изменений конструкции самой машины при сохранении ее принципиальной конструктивной схемы.

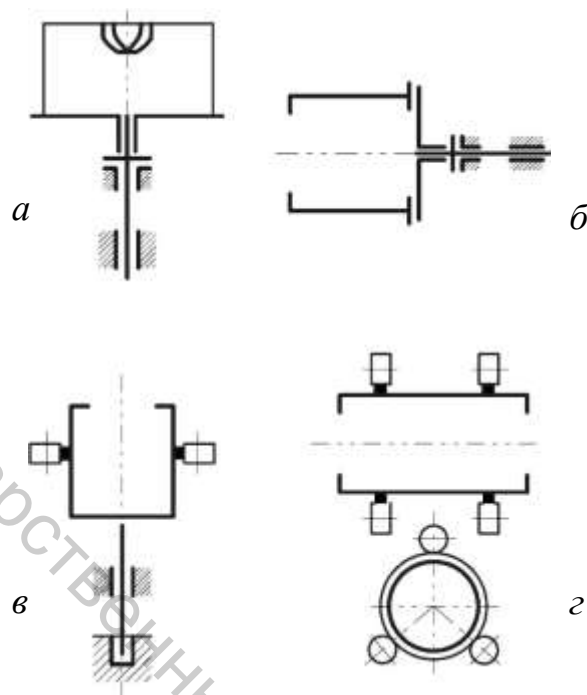


Рисунок 4.13 — Типы центробежных машин:

- а* — шпиндельной конструкции с вертикальной осью вращения;
- б* — шпиндельной конструкции с горизонтальной осью вращения;
- в* — роторной конструкции с вертикальной осью вращения;
- г* — роторной конструкции с горизонтальной осью вращения

Автоматизированный комплекс линейной компоновки представлен на рисунке 4.14. Комплекс предназначен для литья стальных трубных заготовок. В комплексе восемь центробежных машин объединены общими системами заливки и удаления отливок.

Жидкий металл подается к машинам 1 самоходной тележкой 6, на которой установлен разливочный ковш с весовым дозатором. Другая тележка 2 служит для приемки и транспортировки готовых отливок. Тележки движутся по замкнутому рельсовому пути. Рабочий участок 4 этого пути проходит вдоль фронта центробежных машин. Возврат тележек осуществляется по криволинейному обходному пути 5, который соединен с рабочим участком односторонними пружинными стрелками.

В комплексе используются две сталеразливочные тележки: одна проводит заливку последовательно всех машин, ковши второй в это время наполняются из сталеплавильной печи.

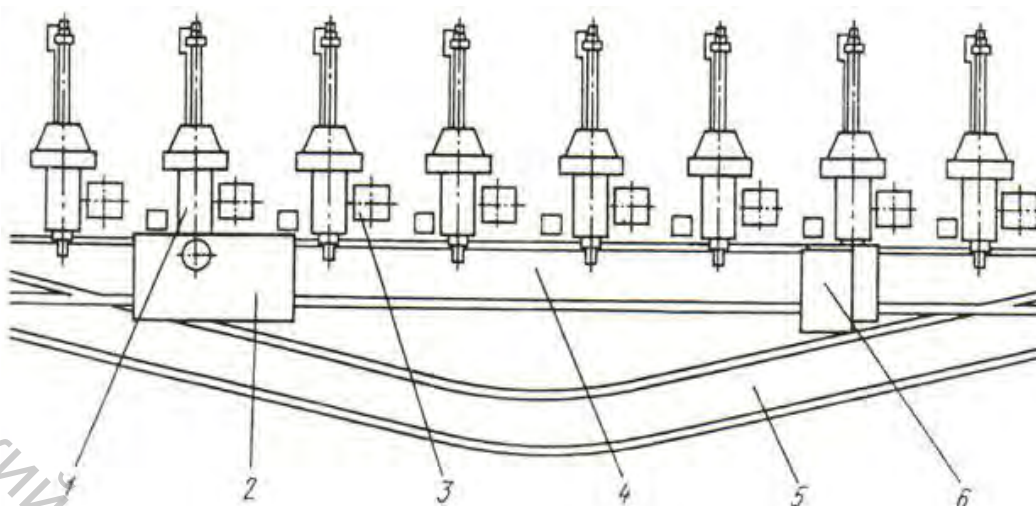


Рисунок 4.14 — Схема линейного комплекса центробежного литья трубных заготовок:

1 — центробежная машина; 2 — приемная тележка; 3 — стол подготовки литниковой воронки; 4 — рабочий участок пути; 5 — обходной путь; 6 — заливочная тележка

4.8 Автоматизация процессов обрубки и зачистки отливок

Роботизированные комплексы очистки отливок дробью.

Создание РК на базе центробежных лопастных дробеметных и пневматических дробеструйных аппаратов нецелесообразно из-за низкого коэффициента полезного действия (КПД) последних (3–20 %). Столь малое значение КПД дробеструйных аппаратов обусловлено большими утечками сжатого воздуха, затратами энергии на пневматическое транспортирование и чистку дробы для повторного использования.

Более эффективными, технологически гибкими и экономичными являются электромагнитные безлопастные дробеметные аппараты (ЭДАК), работающие по принципу бегущего электромагнитного поля. Дробы сообщается прямолинейное движение со скоростью 60–100 м/с за счет электродинамических сил. Поток летящей дробы, помимо прямолинейного, сообщается вращательное (вокруг горизонтальной оси) движение. Этим обеспечивается большая кинетическая энергия потока.

Способ реализуется с помощью манипулятора, представленного на рисунке 4.15.

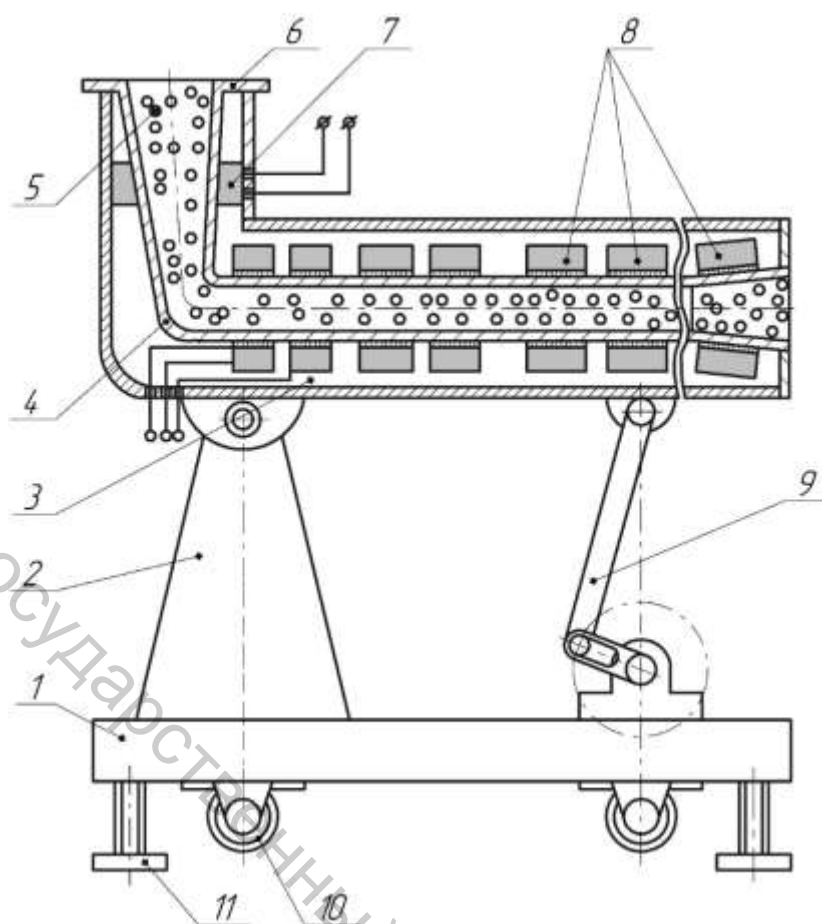


Рисунок 4.15 — Конструкция электромагнитного дробеметного манипулятора:

1 — основание; 2 — опорная тумба; 3 — магнитопровод;
4 — направляющая труба; 5 — дробь; 6 — воронка; 7 — регулятор
подачи дробы; 8 — катушки электромагнитные; 9 — кривошипно-
шатунный механизм; 10 — ролик; 11 — опора

На основании 1 установлены опорная тумба 2 и кривошипно-шатунный механизм 9. Рабочий орган манипулятора — электромагнитный дробеметный аппарат или ускоритель, состоит из магнитопровода 3, системы электромагнитных катушек 8, направляющей трубы 4. К направляющей трубе 4 присоединена загрузочная воронка 6, на которую надет регулятор 7 подачи дробы 5. Магнитопровод выполнен из листов электротехнической стали. Шаг (τ_1 , τ_2 и т. д.) сердечников магнитопровода возрастает по мере продвижения дробы 5 вдоль направляющей трубы от загрузочной воронки 6 к выходу. Такая конструкция магнитопровода и расположение электромагнитных катушек создают бегущее электромагнитное поле с увеличивающейся пропорционально шагу скоростью. Для создания вращательного, закручивающего движения дробы электромагнитные катушки подсоединены к источнику переменного тока нормальной (50 Гц), повышенной или малой частот со сдвигом по фазе 60° . Кривошипно-

шатунный механизм сообщает ускорителю возвратно-качательное движение в вертикальной плоскости. Регулирование частоты возвратно-качательного движения и амплитуды колебаний осуществляется за счет изменения длин шатуна и кривошипа.

Для транспортирования и перемещения манипулятора предусмотрены ролики 10. В рабочем положении манипулятор устанавливается на опоры 11.

Манипулятор обладает большой технологической гибкостью и может быть использован для программируемой струйной очистки отливок в камерах и барабанах периодического и непрерывного действия.

На рисунке 4.16 представлена схема дробеметного электромагнитного комплекса с программным управлением.

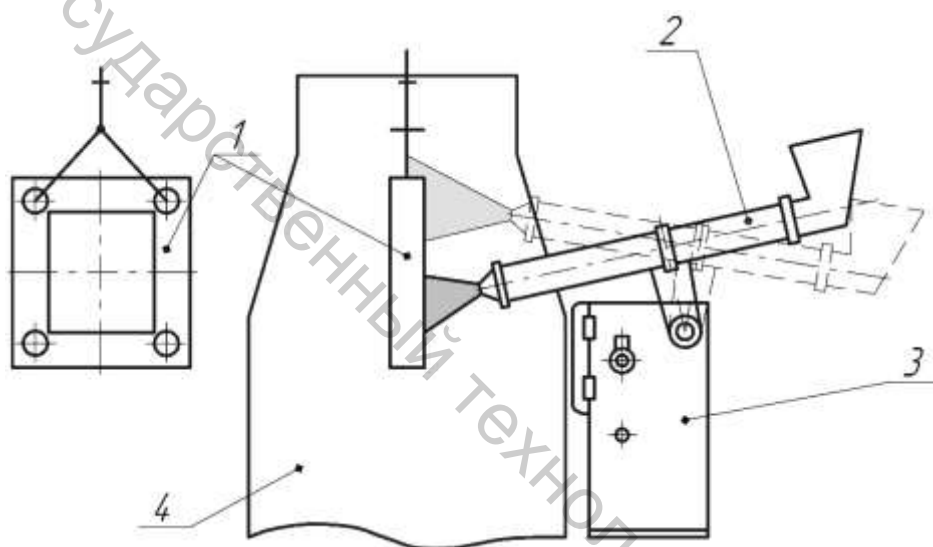


Рисунок 4.16 — Схема РТК дробеметной очистки с программным управлением:

- 1 — отливка; 2 — электромагнитный дробеметный аппарат;
3 — промышленный робот; 4 — камера очистки отливок

Рабочим органом промышленного робота 3 является электромагнитный дробеметный аппарат 2, обеспечивающий программируемую очистку отливок.

5 Средства автоматизации сварочных процессов

5.1 Общие сведения об автоматизации сварочных процессов

Необходимость автоматизации сварочных процессов определяется характерными особенностями: высокие энергетические параметры, скоротечность отдельных этапов энергетических преобразований, труднодоступность зоны сварки для непосредственного измерения и контроля, повышенный уровень вредного воздействия на здоровье человека, необходимость оперативной оптимизации сварочных процессов.

Автоматизация сварочных процессов, при которой повышается точность управления и контроля, а также исключается влияние на технологический процесс субъективных факторов (мастерство рабочего, его утомляемость и т. п.), направлена на повышение качества сварных соединений, производительности, экономию трудовых ресурсов.

Существующие способы сварки можно разделить на две основные группы. К первой группе относятся способы, при которых металлы в месте соединения расплавляются: сварка плавлением, аргонодуговая сварка, плазменная и микроплазменная, электроннолучевая сварка.

Ко второй группе относятся способы, при которых материалы сваривают в твердой фазе при их совместной пластической деформации: способы сварки давлением, холодная сварка, диффузионная сварка в вакууме, электроконтактная сварка, термокомпрессионная сварка.

В зависимости от вида применяемой для разогрева энергии способы сварки разделяют на три группы: термическая, термомеханическая, механическая.

К термической группе относятся виды сварки, осуществляемые плавлением свариваемых кромок с использованием тепловой энергии. Это микроплазменная, электроннолучевая, лазерная, плазменная и др.

К термомеханической группе относятся виды сварки, реализуемые с использованием тепловой энергии и давления: контактная сварка, диффузионная сварка и др.

К механической группе относятся виды сварки, осуществляемые с использованием механической энергии и давления: ультразвуковая сварка, сварка трением, сварка с перемешиванием слоев и др.

По способу защиты свариваемых материалов от атмосферного воздействия способы сварки разделяют на газовые, шлаковые, вакуумные и др.

По степени автоматизации процессов сварки разделяются на ручные, полуавтоматические, автоматические и роботизированные.

5.2 Полуавтоматы для дуговой сварки

Классификация полуавтоматов. Полуавтоматы классифицируют по следующим признакам:

- по способу защиты сварочной зоны — для сварки под флюсом, в среде защитных газов, открытой дугой;
- по виду применяемой проволоки — для сплошной, порошковой или комбинированной проволоки;
- по способу подачи проволоки — толкающего, тянущего или комбинированного типа;
- по конструктивному исполнению — со стационарным, передвижным и переносным подающим устройством.

Их отличия друг от друга относительно невелики. Например, полуавтоматы для сварки в защитных газах должны обеспечивать подвод газа в зону сварки, иметь газовый клапан, прекращающий подачу газа после остановки процесса сварки. Полуавтоматы для сварки под слоем флюса снабжаются специальной горелкой с воронкой, в которую засыпается флюс. Полуавтоматы для сварки порошковой проволокой имеют специальную конструкцию подающих роликов, предотвращающих сплющивание проволоки.

Основные параметры полуавтоматов должны соответствовать ГОСТ 18130-79. Универсальные полуавтоматы комплектуются узлами (горелками, роликами и т. д.), позволяющими использовать их для различных способов сварки. Общий вид сварочного полуавтомата представлен на рисунке 5.1.

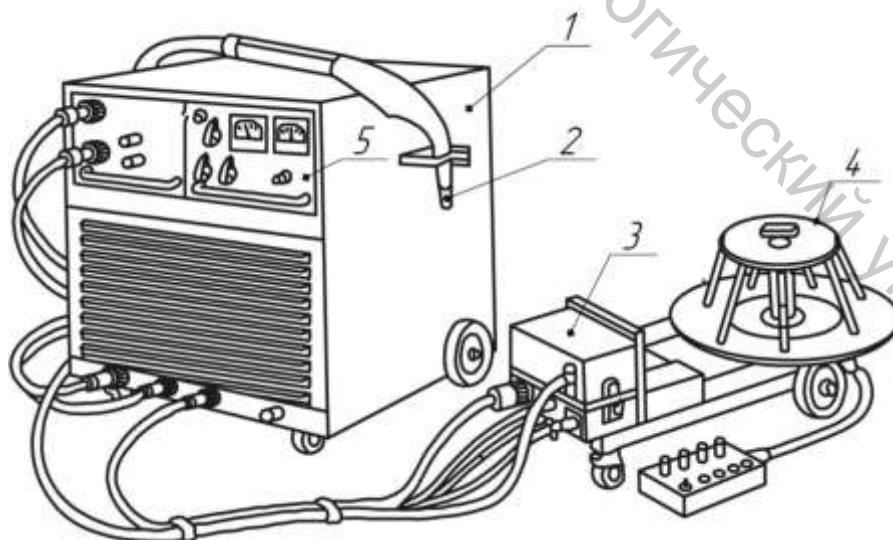


Рисунок 5.1 — Общий вид сварочного полуавтомата:

- 1 — источник питания; 2 — сварочная горелка со шлангами;
3 — механизм подачи сварочной проволоки; 4 — катушка для сварочной проволоки

Горелка со шлангами выполняет следующие функции: направляет электродную проволоку в зону сварки, осуществляет токопровод к сварочной проволоке, обеспечивает подачу в зону сварки защитного газа или флюса.

Горелки для сварки под слоем флюса отличаются наличием воронки для флюса и опорного ролика, который облегчает удержание горелки и позволяет направить ее по стыку в условиях ограниченной видимости.

Механизмы подачи сварочной проволоки по конструкции бывают следующих типов: стационарные — устанавливаются неподвижно обычно на источнике питания или специальной консоли, переносные или передвижные — устанавливаются на колесах.

В зависимости от места установки относительно сварочной головки существуют механизмы подачи толкающего, тянущего и тянуще-толкающего (комбинированного) типа. Практически все полуавтоматы для сварки оснащены механизмами толкающего типа, которые проталкивают проволоку в канал горелки. Механизм тянущего типа установлен на горелке и тянет проволоку через канал. Обычно применяется при сварке алюминиевой проволокой, которую из-за мягкости материала невозможно проталкивать через шланг. Механизм тянуще-толкающего типа применяется при сварке алюминия в том случае, если полуавтомат расположен далеко от места сварки.

Катушки изготавливаются из пластмассы, поступают с проволокой с завода-изготовителя и устанавливаются на полуавтомат без перемотки.

5.3 Автоматы для дуговой сварки

Автоматы для дуговой сварки (наплавки) обеспечивают без непосредственного участия человека следующие операции: возбуждение дуги в начале сварки, поддержание дугового процесса, подачу сварочных материалов (электрода или присадочного материала, защитного газа или флюса) в зону дуги, относительное перемещение сварочного автомата изделия, прекращение процесса сварки.

В состав сварочных дуговых автоматов входят: сварочный инструмент (сварочные мундштуки или горелки); механизм подачи электродного или присадочного материала; механизм перемещения вдоль линии соединения; механизм настроечных, вспомогательных и корректировочных перемещений; устройства для размещения электродного или присадочного материала; флюсовая или газовая

аппаратура; системы управления; источники сварочного тока; средства техники безопасности.

Автоматы для дуговой сварки делятся на две группы: сварочные тракторы и подвесные головки. Сварочный трактор — это автомат, который в процессе работы перемещается по свариваемому изделию или направляющим, уложенным в одной плоскости с изделием.

Автоматы тракторного типа для дуговой сварки (наплавки) плавящимся электродом классифицируются по следующим признакам (ГОСТ 8213-75): а) способу защиты зоны дуги (Ф — для сварки под флюсом, Г — для сварки в защитных газах, ФГ — для сварки как в защитных газах, так и под флюсом); б) роду применяемого сварочного тока (для сварки постоянным, переменным, переменным и постоянным током); в) способу охлаждения (с естественным охлаждением токопроводящей части сварочной головки и сопла, с принудительным охлаждением — водяным или газовым); г) способу регулирования скорости подачи электродной проволоки (с плавным, плавно-ступенчатым и ступенчатым регулированием); е) способу подачи электродной проволоки (с независимой и с зависимой от напряжения на дуге подачей); ж) расположению автомата относительно свариваемого шва (для сварки внутри колеи, для сварки внутри и вне колеи).

Конструкция типового сварочного трактора приведена на рисунке 5.2.

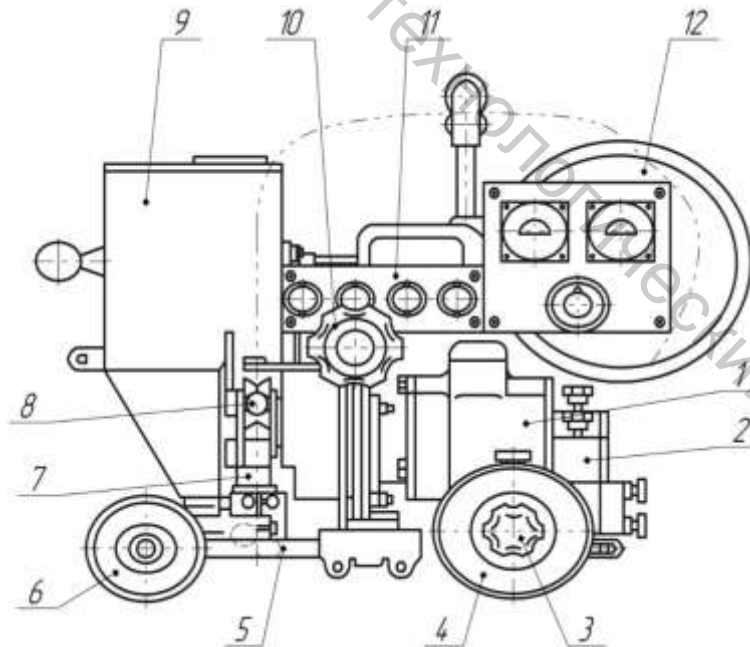


Рисунок 5.2 — Типовая конструкция сварочного трактора:

- 1 — электродвигатель; 2 — механизм перемещения; 3 — маховик;
- 4 — приводные ролики; 5 — тележка; 6 — холостые ролики;
- 7 — мундштук; 8 — сварочная проволока; 9 — бункер; 10 — маховик;
- 11 — пульт управления; 12 — катушка

Электродвигатель 1 выполняет функции привода механизма подачи проволоки 8 и механизма перемещения трактора 2. Все узлы расположены на ходовой тележке 5, которая включает приводные ролики 4 и холостые ролики 6. Маховик 3 служит приводом фрикционной муфты, которая обеспечивает передачу движения от привода к приводным роликам. При отключении муфты трактор перекачивается на холостом ходу вручную. Проволока располагается на катушке 12. Правку проволоки и токопровод обеспечивает мундштук 7. Маховик 10 предназначен для поворота верхней части трактора в положение, удобное для сварки тавровых соединений. Флюс засыпается в бункер 9. Управление трактором осуществляется с пульта 11.

Подвесная головка — это сварочный автомат, который в процессе работы находится над изделием. Головки могут быть самоходными и перемещаться по направляющим, расположенным над изделием, или перемещаться вместе с порталом.

На рисунке 5.3 приведена конструкция самоходной головки.

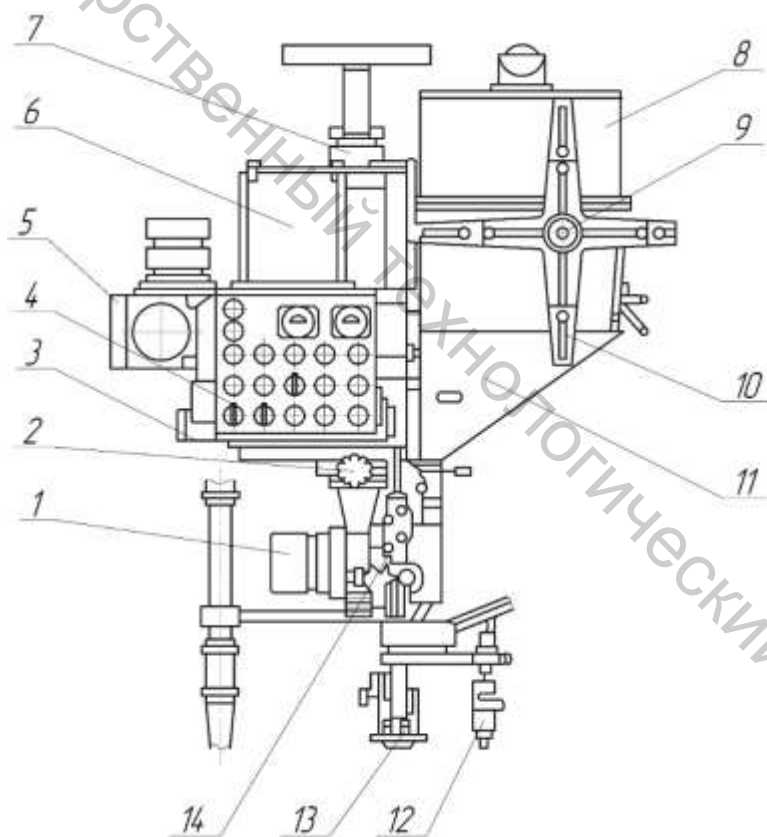


Рисунок 5.3 — Типовая конструкция самоходной сварочной головки:

- 1 — тележка; 2 — штанги; 3 — стойки; 4 — флюсоаппарат;
- 5 — тормозное устройство; 6 — катушка; 7 — флюсобункер;
- 8 — световой указатель; 9 — мундштук; 10 — правильно-прижимной механизм; 11 — механизм подачи проволоки; 12 — суппорт;
- 13 — механизм подъема; 14 — пульт управления

5.4 Автоматы для электрошлаковой сварки

Электрошлаковая сварка предусматривает одновременное выполнение следующих операций: нагрев шлаковой ванны и присадочного материала до температуры плавления; подачу в зазор между кромками электродного и дополнительного металла; подвод к электроду сварочного тока; удерживание сварочной ванны в зазоре; перемещение источника нагрева и формирующих устройств по мере образования шва; возвратно-поступательное перемещение источника нагрева в зазоре для равномерного проплавления кромок материала.

В зависимости от способа крепления и передвижения автоматы для электрошлаковой сварки классифицируют следующим образом: рельсового типа (рис. 5.4, *а, б*) — связь с рельсом жесткая (*а*), связь с рельсом за счет сил трения (*б*); безрельсового типа (рис. 5.4, *в, г, ж, д, е*) — связь с изделием жесткая (*ж*), с магнитным сцеплением с изделием (*г, д, е*) — магнитошагающие (*г*), магнитно-гусеничные (*д*), магнитно-роликовые (*е*).

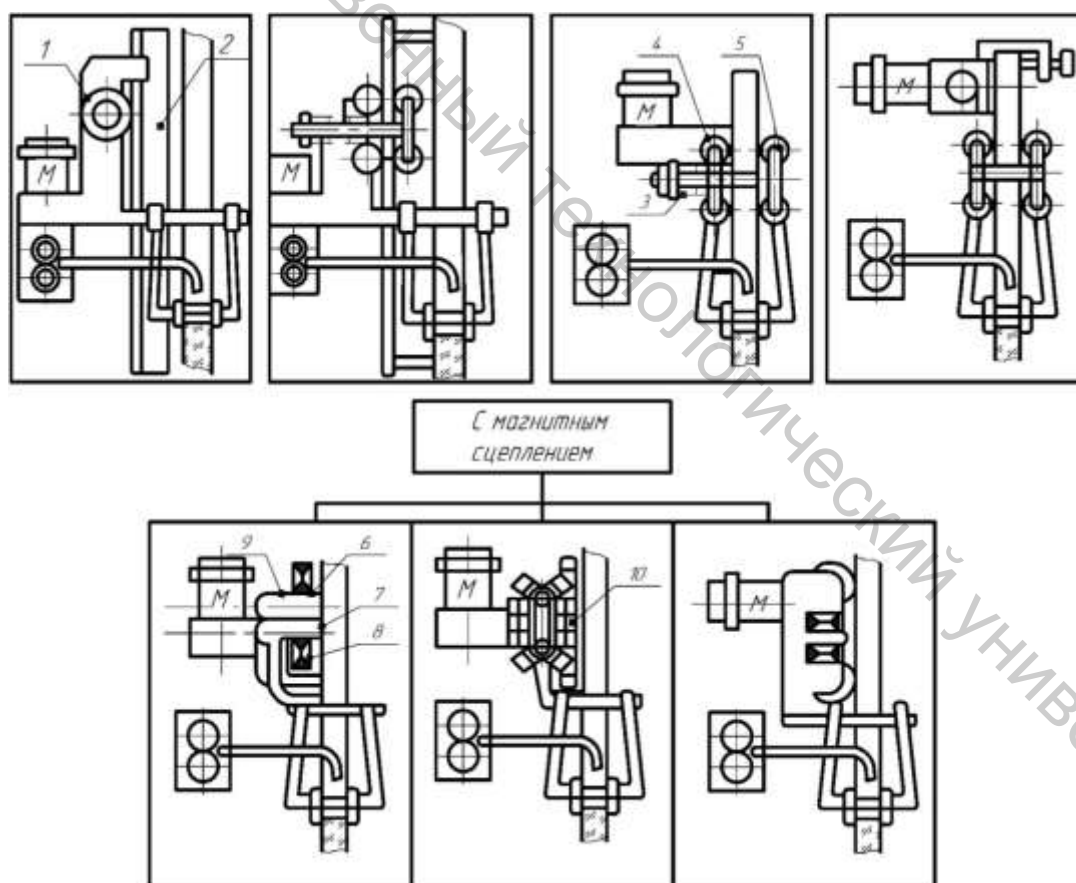


Рисунок 5.4 — Схемы автоматов для электрошлаковой сварки

Автоматы рельсового типа перемещаются по рельсу, установленному рядом с изделием. Связь автомата с рельсом может

осуществляться жестко, путем зацепления зубчатого колеса механизма перемещения 1 с зубчатой рейкой, установленной на рельсе (а). При связи за счет сил трения тележка охватывает направляющую с двух сторон роликами, которые поджимаются к ней пружиной (б).

Рельсовый путь может быть жестким (для сварки прямолинейных швов) или гибким (для сварки криволинейных швов). Максимальная длина сварных швов сравнительно небольшая и определяется длиной рельса и зубчатой рейки. Автомат такого типа приведен на рисунке 5.5.

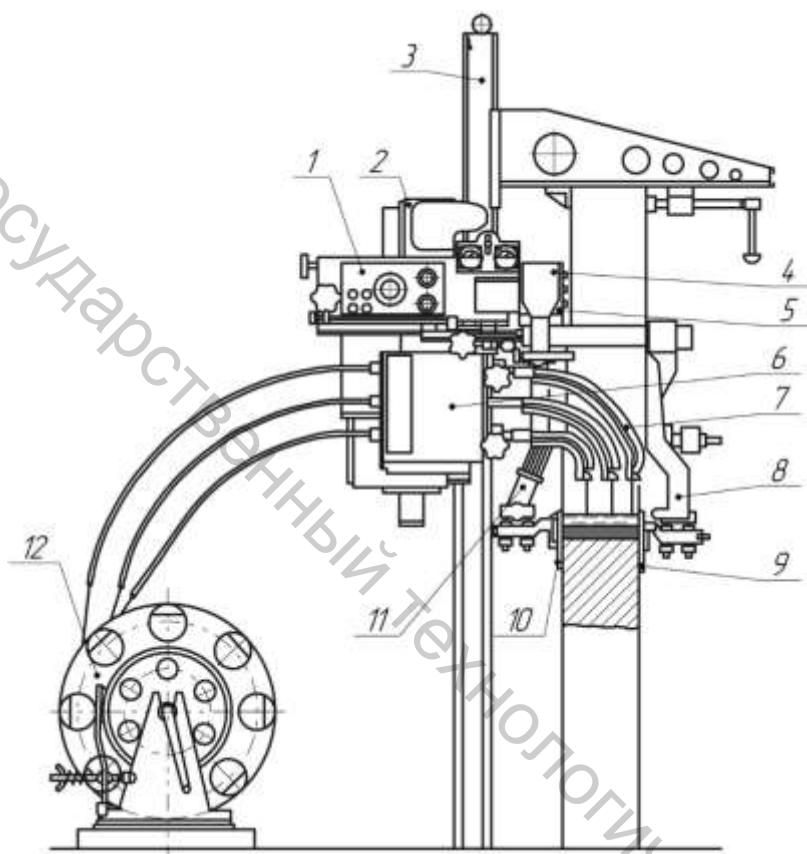


Рисунок 5.5 — Схема автомата рельсового типа для электрошлаковой сварки прямолинейных стыков:

- 1 — пульт управления; 2 — ходовая тележка; 3 — колонна с рейкой;
- 4 — бункер для флюса; 5 — механизм поперечных колебаний мундштуков; 6 — механизм подачи электродных проволок;
- 7 — мундштук; 8 — подвеска обратного ползуна; 9 — формирующее устройство обратной стороны шва (обратный ползун);
- 10 — формирующее устройство передней стороны шва (передний ползун); 11 — подвеска переднего ползуна; 12 — катушка с электродной проволокой

Автоматы безрельсового типа применяют при сварке деталей сравнительно небольшой толщины (90–100 мм) и большой длиной шва, когда затруднено крепление рельса на изделии с необходимой

точностью. В этой группе различают аппараты двух видов с механическим прижимом и магнитошагающие.

Автоматы безрельсового типа перемещаются непосредственно по изделию. Связь с изделием может осуществляться за счет сил трения (в). Возможно более жесткая связь с изделием, когда привод закрепляется на торце изделия, а тележка перемещается за счет троса, который наматывается на блок при вращении двигателя М (ж).

Магнитошагающие автоматы (з) имеют два балансира 6, 7 с магнитами на концах 8. Балансиры связаны между собой эксцентриками 9, при вращении которых магниты поочередно переступают по поверхности изделия.

Магнитно-гусеничные механизмы (д) удерживаются на поверхности и перемещаются по ней при помощи башмаков 10, соединенных между собой в гусеницы.

Магнитно-роликовые механизмы (е) содержат магнитные ролики, опирающиеся и прижимаемые к изделию магнитными силами.

Недостатком магнитных ходовых механизмов являются относительно малое усилие прижатия и его зависимость от толщины и магнитных свойств свариваемого материала. Кроме того, они чувствительны к неровностям поверхности изделия, наличию на ней окалины.

В автоматах для выполнения кольцевых швов механизм подачи проволоки установлен неподвижно, а свариваемое изделие вращается с помощью роликовых стенов (рис. 5.6).

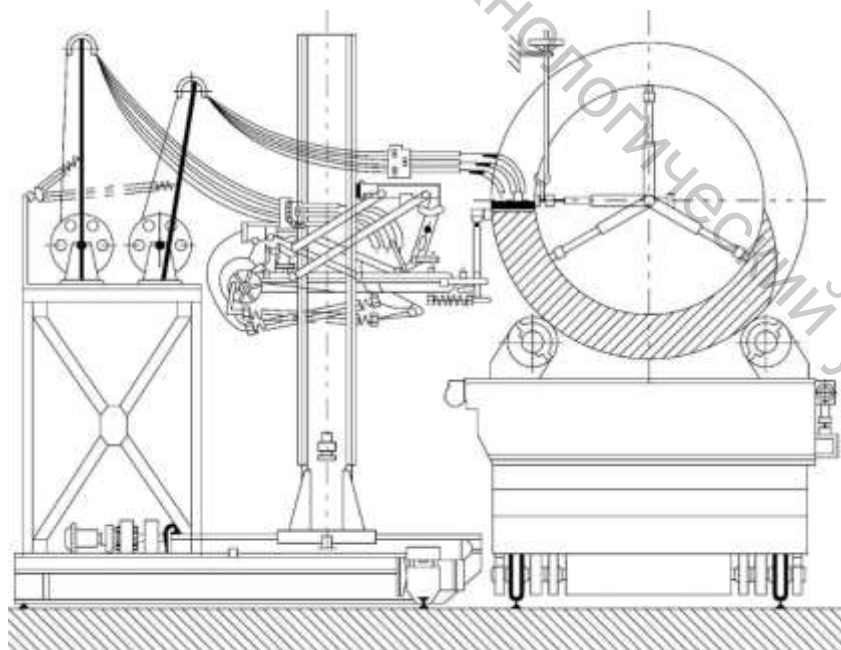


Рисунок 5.6 — Схема сварочного автомата для электрошлаковой сварки
кольцевых швов:

1 — сварочный автомат; 2 — роликовый стенд

5.5 Особенности автоматизации процессов плазменной сварки

Плазма — это ионизированный газ, способный проводить электрический ток. Ионизация газа происходит при его нагреве. Степень ионизации возрастает с увеличением температуры нагрева. В центральной части сварочной дуги газ нагревается до температуры 5000–30000 °С. Плазменную струю получают в плазмотронах, в которых нагревание газа и его ионизация осуществляется дуговым разрядом в специальных камерах (рис. 5.7).

Поступающий в камеру газ нагревается, ионизируется и увеличивается в объеме в 50–100 и более раз и истекает из плазмотрона с высокими околосвуковыми скоростями. Кинетическая энергия плазмообразующего газа дополняет энергию электрической дуги. Поэтому плазменная дуга является более мощным источником энергии, чем обычная электрическая.

Плазменную струю для сварки получают по двум основным схемам. При плазменной струе прямого действия изделие включено в сварочную цепь (рис. 5.7, а). Возбуждение дуги между электродом и изделием в плазмотронах прямого действия затруднительно. Поэтому при помощи осциллятора возбуждается вспомогательная дуга между электродом и корпусом, которая через сопротивление R питается тем же источником, что и основная. Когда струя ионизированного газа достигает изделия, вспомогательная дуга автоматически отключается.

При плазменной струе косвенного действия дуга горит между электродом и соплом внутри плазмотрона (рис. 5.7, б). Плазменная струя направляется на изделие из сопла плазмотрона в виде концентрированного высокотемпературного пламени.

В зависимости от силы сварочного тока различают три разновидности плазменной сварки: сварка при больших токах ($I_{св} > 150$ А); сварка при средних токах ($I_{св} = 50–150$ А); микроплазменная сварка ($I_{св} = 0,1–25$ А).

Большое распространение получили плазмотроны для микроплазменной сварки (рис. 5.7, в). Они оснащаются стационарным фокусирующим соплом. Сфокусированный газ подается под углом к оси горелки и, охватывая столб дуги, интенсивно охлаждает его. Благодаря этому происходит некоторое уменьшение сечения столба дуги и достигается высокая концентрация потока при сравнительно малой скорости истечения газа.

Плазменная сварка на средних токах ($I_{св} = 50–150$ А) по энергетическим характеристикам занимает промежуточное положение между обычной дугой и электронным или лазерным лучом. Она обеспечивает более глубокое проплавление, чем обычная электродуговая сварка, при меньшей ширине шва. Это связано с более высоким

давлением дуги на сварочную ванну, вследствие чего уменьшается толщина прослойки жидкого металла под дугой и улучшаются условия теплопередачи в глубь основного металла.

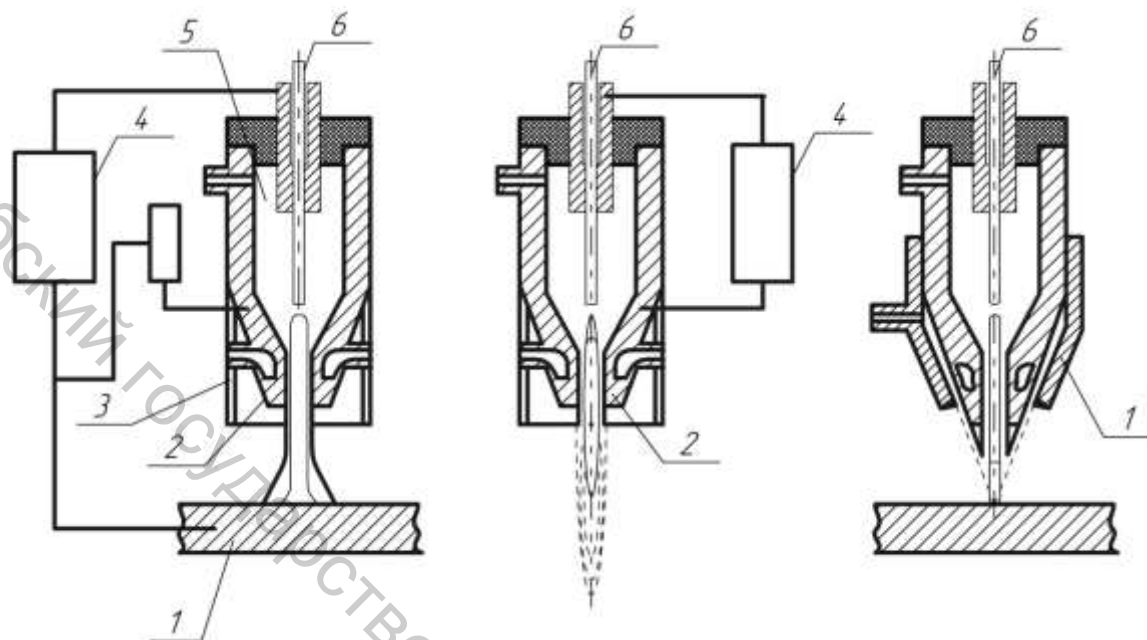


Рисунок 5.7 — Схемы процессов плазменной сварки:

- а* — дуга прямого действия; *б* — дуга косвенного действия;
в — микроплазменная дуга; 1 — изделие; 2 — сопло; 3 — газозащитное сопло; 4 — источник питания; 5 — камера горелки; 6 — электрод;
 7 — фокусирующее сопло

Плазменная сварка на токах более 150 А оказывает еще большее силовое воздействие на металл. Сварка сопровождается полным проплавлением и образованием сквозного отверстия. Жидкий металл с обратной стороны шва удерживается силами поверхностного натяжения. Диапазон режимов весьма ограничен, поскольку при сварке возможны прожоги.

В качестве рабочего и защитного газов используется аргон (реже гелий). Катод может быть использован в виде цельного стержня (рис. 5.8, *а*) из вольфрама либо составного стержня, состоящего из медной обоймы, к торцу которой припаян штифт из вольфрама (рис. 5.8, *б*). Применяются также катоды со вставками (рис. 5.8, *в*), кольцевые (рис. 5.8, *г*) и др. Все они выполняются водоохлаждаемыми.

Система стабилизации дуги обеспечивает сжатие столба и строгую его фиксацию по оси электрода и сопла плазмотрона. Чаще всего дуга стабилизируется потоком вытекающего газа. Применяется также стабилизация водой или магнитным потоком. Стабилизирующий газ может подаваться вдоль оси столба дуги (осевая стабилизация) или по касательной (вихревая стабилизация). Завихрение газа обеспечивается конструкцией корпуса плазмотрона.

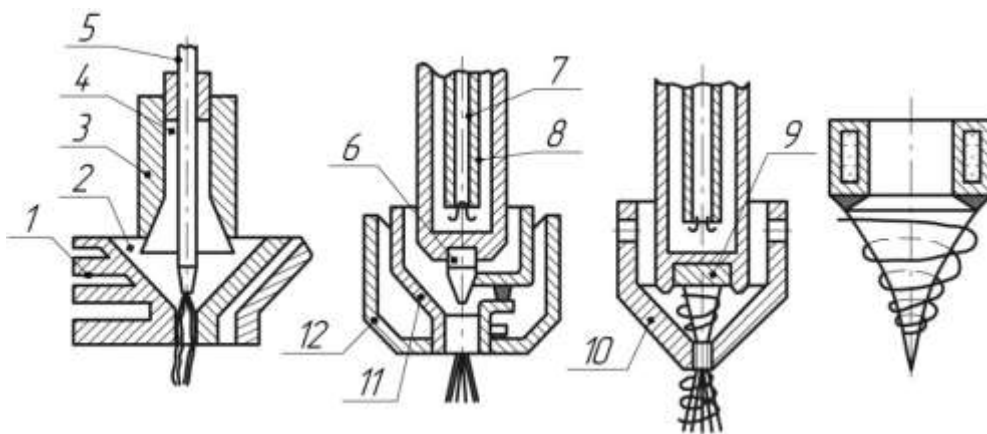


Рисунок 5.8 — Конструктивные элементы плазмотронов для сварки сжатой дугой:

- а* — со стержневым электродом; *б* — со штифтом;
в — со вставкой; *г* — кольцевой электрод;
 1, 2 — сопла; 3 — втулка; 4 — цанга; 5 — стержневой электрод;
 6 — штифт; 7 — трубка; 8 — обойма; 9 — вставки; 10, 11 — сопла;
 12 — корпус сопла

Источники электропитания плазмотронов выполнены на базе срочных выпрямителей, предназначенных для комплектации установок с программным управлением.

Система управления состоит из пульта и шкафа управления, в которых размещены устройство поджига дуги, регуляторы расхода газа, электроблокировки, отсекатели и другие элементы водяных и газовых коммуникаций. На пульте расположены приборы контроля и регулирования параметров плазменных процессов.

5.6 Автоматизация процессов электроннолучевой сварки

Электронно-лучевая сварка (ЭЛС) относится к методам сварки высококонцентрированными источниками энергии и обладает широкими технологическими возможностями, позволяя соединять за один проход металлы и сплавы толщиной от 0,1 мм до 400 мм.

Сущность процесса сварки электронным лучом состоит в использовании кинетической энергии, электронов, движущихся в глубоком вакууме. При бомбардировке электронами поверхности металла подавляющая часть кинетической энергии электронов превращается в тепловую и используется для расплавления металла.

Получение свободных электронов достигается применением раскаленного металлического катода, испускающего электроны. Ускорение электронов обеспечивается электрическим полем с высоким

потенциалом между катодом и анодом. Фокусировка-концентрация электронов осуществляется магнитным полем. Резкое торможение электронного потока происходит при соударении электронов с металлом.

Принципиальная схема установки (пушки) для сварки электронным лучом представлена на рисунке 5.9. Устройство предназначено для получения узких электронных пучков высокой концентрации энергии.

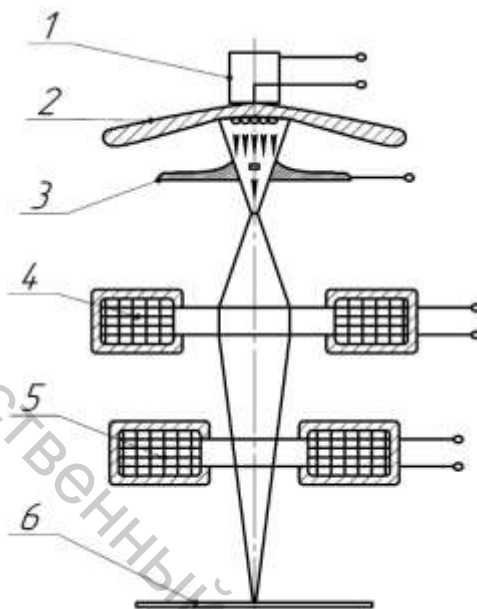


Рисунок 5.9 — Схема установки для сварки электронным лучом:

- 1 — высокотемпературный катод; 2 — прикатодный электрод;
3 — анод; 4 — магнитная линза; 5 — магнитная отклоняющая система;
6 — изделие

Катод 1 нагревается до высоких температур. Он размещается внутри прикатодного электрода 2. На некотором расстоянии от катода размещается ускоряющий электрод (анод) 3 с отверстием. Прикатодный и ускоряющий электроды имеют форму, обеспечивающую такое строение электрического поля, которое фокусирует электроны в пучок с диаметром, равным диаметру отверстия в аноде. Положительный потенциал ускоряющего электрода может достигать нескольких тысяч вольт. Поэтому электроны, выпускаемые катодом на пути к аноду, приобретают значительную скорость и энергию.

Электроны имеют одинаковый заряд и поэтому отталкиваются друг от друга. Диаметр пучка увеличивается, а плотность энергии в пучке уменьшается.

С целью увеличения плотности энергии в пучке электроны фокусируются магнитным полем в магнитной линзе 4, и высококонцентрированный пучок электронов с большой скоростью ударяется о малую ограниченную площадку изделия 6. Кинетическая

энергия электронов, вследствие торможения в веществе, превращается в тепло, нагревая металл до высоких температур.

Управление пучком электронов по поверхности свариваемых изделий производится отклоняющей системой 5.

Для обеспечения свободного движения электронов от катода к изделиям, тепловой и химической изоляции катода, и также предотвращения возможности возникновения дугового разряда между электродами в установке создается глубокий вакуум порядка 10^{-2} Па.

Пучок электронов ускоряется в вакууме напряжением до 100 кВ и более. При изменении напряжения от 30 до 200 кВ скорость электронов изменяется от 0,33 до 0,67 скорости света.

Кинетическая энергия электронов при торможении внутри металла и вблизи его поверхности превращается в тепловую, расходуемую на плавление свариваемых кромок и образование в жидком углублении (канала) на всю толщину свариваемого металла. Этот процесс характеризуется высоким КПД, достигающим 90 %.

Источник нагрева в виде пучка электронов сосредоточен на малом пятне, диаметром в десятые и даже сотые доли миллиметра. При мощности пучка в десятки кВт плотность энергии превышает плотность энергии электрической сварочной дуги на два-пять порядков (от 10^5 до 10^9 Вт/см²).

Такая концентрация энергии позволяет осуществить сварку с недостижимым для электродуговых методом отношения глубины к ширине проплавления (до 50:1).

Узкий шов, параллельность его границ и малая протяженность обуславливает незначительные линейные и угловые деформации свариваемых изделий. Практически отсутствует коробление. Это самое важное достоинство электронно-лучевой сварки.

Глубокое проплавление металла при низких значениях погонной энергии приводит к повышенной скорости кристаллизации малой по объему сварочной ванны, благодаря чему измельчается структура сварного шва.

Электронный луч является практически безынерционным источником тепловой энергии. Возможность тонкой регулировки мощности, фокусировки и положения луча на поверхности изделия позволяет широко использовать системы автоматизированного управления и программирования режимов сварки.

Сварку можно вести отдельными импульсами с различной скважностью, перемещая луч непрерывно вдоль или поперек стыка, что позволяет сваривать с наименьшими производственными затратами крупные партии однотипных изделий. Номенклатура изделий, свариваемых электронным лучом, распространяется от деталей из тонкой фольги до деталей толщиной более 100 мм, соединяемых за один проход; от деталей микромеханики до сегментов корпусов самолетов и

подводных лодок; от отдельных частей космических аппаратов до крупных серий в электро- и автомобилестроении.

При конструировании и выборе способа сварки следует учитывать следующие достоинства электронно-лучевой сварки:

- широкий диапазон толщин свариваемых изделий — от долей миллиметра до 100 мм и более;
- возможность получения узких швов с глубоким проплавлением;
- возможность регулирования отношения глубины проплавления к ширине шва;
- уменьшение роста зерна в шве;
- большие скорости нагрева и охлаждения металла в вакууме, что позволяет получать максимальную степень чистоты и высокие физико-механические свойства соединения;
- возможность сварки соединений различных типов, в том числе принципиально новых не выполняемых известными способами сварки плавлением.

Широкое внедрение электронно-лучевой сварки в высокотехнологичные производства затрудняется ее экономическими и техническими особенностями:

- высокий уровень капиталовложений;
- необходимость точной подгонки свариваемых элементов;
- ограниченный размер конструкций, поскольку сварку приходится выполнять в камерах;
- генерирование рентгеновского излучения.

Создано значительное количество установок для реализации электронно-лучевой сварки. Все они отличаются друг от друга назначением, мощностью электронного луча, степенью вакуумирования рабочей камеры и ее габаритами, уровнем механизации и автоматизации операций.

По степени создания вакуума установки делятся на три класса: установки для сварки в высоком вакууме, среднем и установки с выводом электронного луча за пределы вакуумной камеры.

Наиболее применимы установки первых двух классов. Они обеспечивают практически идеальную защиту сварного шва от воздействия атмосферы. Габариты рабочей камеры и расстояние между электронной пушкой и свариваемым изделием закладываются с учетом предполагаемых габаритных размеров изделий. Размер вакуумной камеры может быть от 0,3 м³ (приборостроение) до 30 м³ и более (машиностроение, авиастроение).

Установки электронно-лучевой сварки сложные и многокомпонентные электротехнические устройства. Принято считать, что установки состоят из двух комплексов: электромеханического и

энергетического. Электромеханический комплекс установки предназначен для герметизации и вакуумирования рабочей камеры, выполнения всех сварочных, установочных и транспортных перемещений изделия и электронной пушки, выполнения вспомогательных операций и управления всеми этими процессами.

Энергетический комплекс состоит из электронной пушки, источника ее питания и системы управления. Многие установки оснащены телевизионными системами наблюдения за перемещением луча по стыку свариваемых изделий.

Состав электромеханического комплекса зависит от класса сварочной установки, ее назначения, габаритных размеров, степени механизации и автоматизации. Обычно электромеханический комплекс включает: сварочную камеру, систему откачки, сварочные манипуляторы, механизмы подачи присадочных материалов, системы наблюдения, вспомогательные устройства и механизмы, а также электроприводы с системами их управления.

Сварочные вакуумные камеры по степени специализации разделяют на универсальные и специализированные. Универсальные камеры предназначены для сварки изделий любой формы и размеров. Их используют в единичном и мелкосерийном производстве. Специализированные камеры определяются конструкцией и габаритными размерами конкретного изделия. Специализированные камеры часто выполняют по форме свариваемого изделия.

Системы откачки служат для создания и поддержания в процессе работы высокого вакуума $1,33 \cdot 10^{-2} - 1,33 \cdot 10^{-3}$ Па в ускоряющем промежутке сварочной пушки и рабочего давления $1 - 10^{-3}$ Па в сварочной камере.

Сварочные манипуляторы предназначены для установочных и транспортных перемещений свариваемого изделия и электронной пушки в соответствии с конфигурацией сварных швов. По конструктивному исполнению сварочные манипуляторы подразделяются на универсальные с большим числом степеней подвижности и специализированные — с ограниченным числом степеней подвижности. Первые обеспечивают широкие технологические возможности, но имеют сложную конструкцию, что обуславливает их высокую стоимость. Применение универсальных манипуляторов целесообразно при единичном и мелкосерийном производстве с частой сменой типа свариваемых изделий. Специализированные манипуляторы намного проще по конструкции. Они предназначены для конкретных изделий и применяются как сменные манипуляторы.

Манипуляторы изделия чаще всего выполнены в виде тележек, вращателей, двухкоординатных столов и других устройств с электромеханическим приводом.

Механизмы подачи присадочных материалов можно разделить на две группы — стационарные и перемещаемые в вакууме. Механизмы первой группы используются в установках со стационарно закрепленной пушкой. Если пушка в процессе сварки перемещается внутри вакуумной камеры, то используются механизмы второй группы. Механизмы подачи сыпучих материалов — это обычно бункеры с дозирующими устройствами.

К системам наблюдения относятся смотровые окна, оптические и телевизионные системы, которые используются как раздельно, так и в различных комбинациях. Смотровые окна кроме прочного иллюминаторного стекла содержат рентгеновское стекло, необходимое для защиты обслуживающего персонала от рентгеновского излучения из сварочной ванны. При сварке крупногабаритных изделий так как место сварки удалено от оператора на значительное расстояние, а при микросварке в следствие малых размеров визуального наблюдения через смотровые окна уже недостаточно. Поэтому используются оптические системы устройства, увеличивающие объект наблюдения в 5–50 раз. Телевизионные системы позволяют передавать изображение на большие расстояния и устанавливать видикон в сварочном блоке непосредственной близости от сварочной пушки.

К вспомогательным механизмам и устройствам относятся механизмы для выкатывания сварочных манипуляторов из камеры и устройства для предварительного нагрева свариваемых изделий, их сборки в сварочной камере и др.

Электропривод по функциональному назначению можно разделить на электроприводы механизмов откачных систем (насосы, толкатели, запорная арматура); вспомогательных устройств (механизмы загрузки и выгрузки, закрытия дверей и т. п.); перемещения и вращения свариваемого изделия и пушки (манипуляторы изделия и пушки); электромеханических систем слежения за стыком (корректирующие механизмы).

Управление электроприводом любого функционального назначения осуществляется как в ручном дистанционном режиме для простых систем, так и в автоматическом режиме для более сложных систем. Наибольшее распространение в управлении электроприводами получили средства локальной автоматики.

Автоматизация управления установками для электронно-лучевой сварки дает возможность повысить производительность труда и надежность функционирования установок, а также обеспечивает высокую воспроизводимость технологического процесса.

Задачи автоматизации управления сварочными установками решаются в следующих направлениях: создание микропроцессорных систем локального управления параметрами процесса электронно-лучевой сварки и электромеханическим комплексом; применение систем

локального управления положением электронного пучка; контроль и автоматическое регулирование процесса электронно-лучевой сварки; контроль положения фокуса электронного пучка и управление установками с помощью ЭВМ.

5.7 Автоматизация процессов лазерной сварки

Лазер — это генератор когерентного электромагнитного излучения в оптическом диапазоне длин волн (10^{-2} – 10^{-3} м), основанный на использовании индуцированных переходов (ГОСТ 15093-90). Слово «лазер» составлено из начальных букв английского словосочетания: усиление света посредством вынужденного испускания. В самом термине «лазер» отражена фундаментальная роль процессов вынужденного испускания, которую они играют в генераторах и усилителях когерентного света.

Принцип работы лазеров основан на поглощении и излучении атомами квантов света. В отсутствие внешних возмущений атом может находиться в стабильном состоянии с минимальной энергией. Все другие состояния нестабильны. Возбужденный атом может пребывать в нестабильном состоянии короткое время порядка 10^{-8} с, после этого он переходит в одно из низших состояний, испуская квант света. На некоторых энергетических уровнях атом может пребывать значительно больше, порядка 10^{-3} с. Такие уровни называются метастабильными.

Переход атома в более высокое энергетическое состояние может происходить при резонансном поглощении фотона, энергия которого равна разности энергий в конечном и начальном состояниях. Кроме того, возможен переход возбужденного атома на более низкий уровень с излучением двух квантов. Переход электрона с верхнего энергетического уровня на низший происходит под действием внешнего поля. Возникающее при этом излучение называют вынужденным или индуцированным. Именно индуцированное излучение является физической основой работы лазеров.

Если среда на нижнем уровне содержит большее количество атомов, чем на верхнем, то преобладает поглощение, и интенсивность светового потока падает. Если большее количество атомов содержится в верхнем уровне, то преобладает вынужденное излучение, и среда усиливает проходящий свет. Усиление света может происходить только при отсутствии равновесия между верхним и нижним энергетическими уровнями. Такую среду называют средой с инверсной заселенностью.

При переходе электронов с верхнего уровня на нижний имеет место быстрое уменьшение избытка населенности верхнего уровня, и при достижении определённого уровня излучение прекратится.

Возобновление излучения возможно при внешнем подводе энергии. Этот процесс называется накачкой лазера.

Наиболее широкое применение получили четыре типа лазеров: газовые, твердотельные, диодные, волоконные.

Типичным газоразрядным лазером является гелий-неоновый лазер, в котором используется смесь гелия и неона в соотношении 10:1 при общем давлении в газоразрядной трубке около 80 МПа. Вынужденное излучение создается атомами неона, а атомы гелия участвуют лишь в передаче энергии атомам неона.

Достоинством гелий-неоновых лазеров является когерентность их излучения, малая потребляемая мощность и небольшие размеры. Основные недостатки: невысокий КПД и низкая выходная мощность.

Разновидностями газового лазера являются CO_2 -лазеры на основе смеси газов CO_2 –He– N_2 . Возбуждение смеси выполняется разными видами электрического разряда в газах. Самыми компактными и эффективными являются щелевые лазеры с накачкой высокочастотным разрядом, которые обеспечивают суперимпульсный режим (10–20 кГц) излучения. Гелий является труднодоступным и дорогим газом. Вместо гелия может быть использован воздух.

Применение гелия и газов повышенной чистоты позволяет удвоить мощность лазера.

К достоинствам газовых лазеров относятся: относительная дешевизна вещества рабочей среды и возможность работы в непрерывном режиме, высокая энергетическая эффективность.

Для технических целей применяют два типа лазеров: с диффузионным и конвективным охлаждением.

Лазер с диффузионным охлаждением рабочей среды (рис. 5.10) состоит из охлаждаемой водой разрядной трубки 4, внутри которой с помощью системы электродов 7 создается газоразрядная плазма. По торцам разрядной трубки размещены зеркала резонатора — отражающее зеркало 2 и полупрозрачное зеркало 5.

В лазерах рассматриваемого типа прокачка газа обеспечивается в направлении оптической оси. Такие лазеры используют при прецизионной резке, размерной обработке, гравировке, прошивке отверстий, а также сварке тонколистового металла и поверхностной термической обработке.

Недостатком газовых лазеров с продольной подачей являются большие габариты и ограниченная мощность 0,5–5 кВт. Лазеры с большей мощностью вследствие технологических сложностей и возможного ухудшения качества лазерного излучения использовать нецелесообразно.

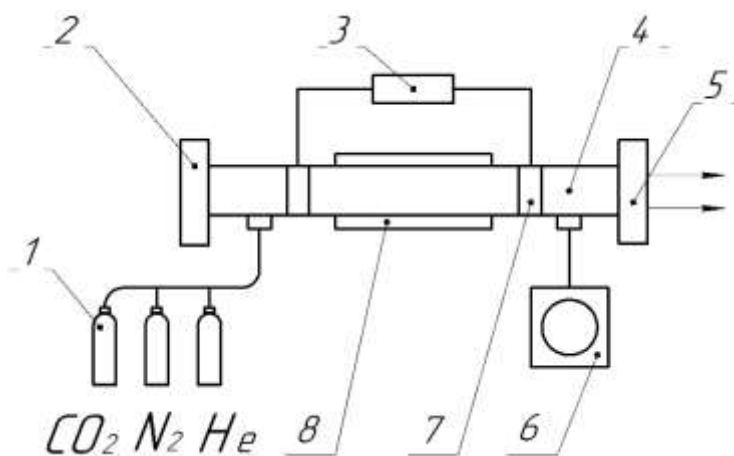


Рисунок 5.10 — Принципиальная схема диффузионного газового лазера с продольной прокачкой:

- 1 — баллоны с газом; 2 — отражающее зеркало; 3 — блок питания;
4 — газоразрядная трубка; 5 — полупрозрачное зеркало; 6 — насос;
7 — электроды; 8 — водяная рубашка охлаждения

Более перспективной для обеспечения повышения мощности лазера является схема с поперечной прокачкой газа (рис. 5.11). В этом случае ось резонатора лазера направлена перпендикулярно к вектору скорости прокачки газа и поэтому ее увеличение не сопровождается снижением эффективности конвективного охлаждения, определяемой длиной разрядной зоны по направлению потока.

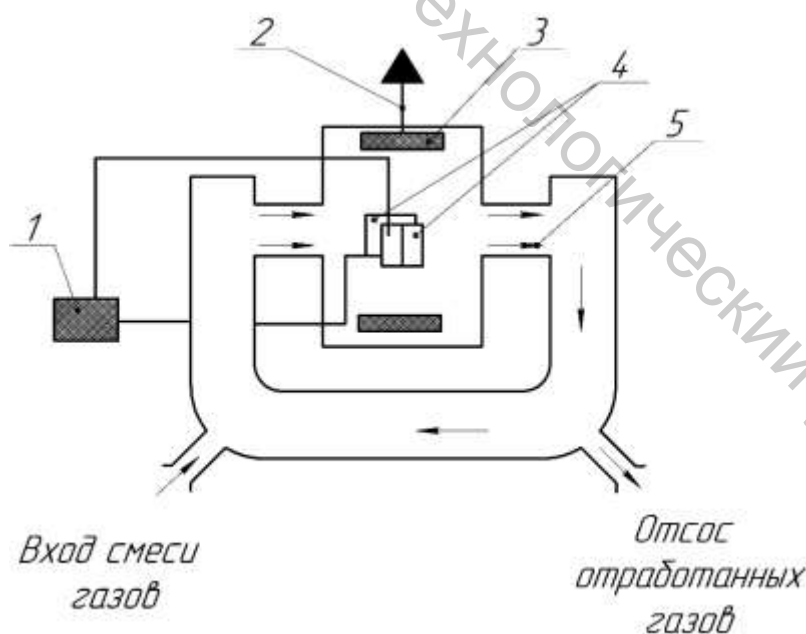


Рисунок 5.11 — Принципиальная схема конвективного газового лазера с поперечной прокачкой:

- 1 — блок питания; 2 — лазерный луч; 3 — зеркала резонатора;
4 — электроды; 5 — газовый поток

Самыми компактными и эффективными являются щелевые CO_2 -лазеры с накачкой высокочастотным разрядом. Такие лазеры обеспечивают суперимпульсный режим излучения. Это значит, что световой поток состоит из импульсов частотой 10–20 кГц. При средней мощности в 500 Вт мощность импульса составляет 1000–1500 Вт.

Твердотельные лазеры.

Материал активного тела твердотельного лазера должен отличаться высокой теплопроводностью; обеспечивать высокий коэффициент усиления; быть технологичным в изготовлении и обеспечивать возможность механической или оптической обработки стержней больших размеров. В качестве материалов для изготовления активного тела применяются искусственно выращенные кристаллы рубина, стекла с примесью редкоземельного элемента неодима или кристалла алюмоиттриевого граната с добавкой 1–3 % неодима.

Рубиновые лазеры из-за возможности получения больших импульсных мощностей, а также высокого оптического качества являются наиболее известными из твердотельных лазеров. Рубиновый кристалл состоит из молекул оксида алюминия. В его решетке вместо ионов алюминия внедрены ионы хрома.

Рубиновые кристаллы имеют стержневую форму диаметром 3–20 мм и длиной до 300 мм. Рубиновые кристаллы относительно легко изготавливать. Они имеют большую механическую прочность и высокую теплопроводность. Излучение накачки создается мощными стержневыми ксеноновыми или спиральными лампами. Излучение характеризуется большой мощностью при невысоком качестве излучения (неоднородное распределение по поперечному сечению).

Неодимовые стеклянные лазеры применяются для обработки материалов (сварка лазерным излучением, лазерная резка, обработка отверстий и др.). Стекло используется в качестве матрицы. В качестве активных ионов в стекло вводятся ионы Nd^3 с массовым содержанием 0,5–8 %. В качестве материала матрицы используются силикатное, фосфатное или бариевое стекло. Преимущество стекла заключается в простоте изготовления активных элементов с большими размерами и хорошим оптическим качеством. Недостатки связаны с низким коэффициентом теплопроводности.

Принципиальная схема твердотельного лазера представлена на рисунке 5.12.

Активное тело 6, выполненное в виде стержня, вместе с лампой накачки 3 помещается внутрь отражателя 5 между зеркалами 2 и 4. Накачка рабочего тела производится газоразрядной лампой в непрерывном или импульсном режиме.

Большинство твердотельных лазеров работают в режиме импульсного возбуждения продолжительностью менее 1 мс. Несмотря на непрерывное возбуждение, излучение имеет вид отдельных пучков

(неупорядоченная генерация) длительностью 1 мкс и интервалами между ними примерно 10 мкс.

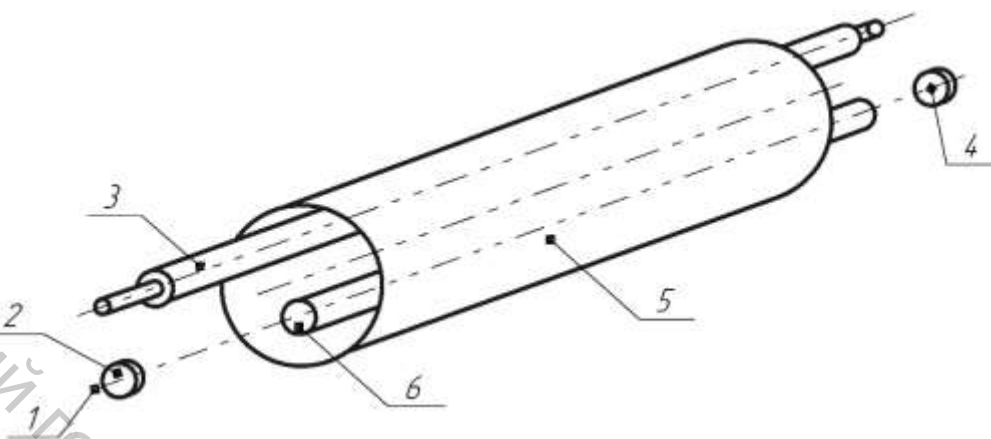


Рисунок 5.12 — Принципиальная схема твердотельного лазера:
1 — луч лазера; 2 — полупрозрачное зеркало; 3 — лампа накачки;
4 — отражающее зеркало; 5 — отражатель; 6 — активное тело

Волоконные лазеры.

Принцип работы волоконных лазеров основан на отражении света фотодиода в волокне большой протяженности (рис. 5.13). В качестве волоконного материала используется кварц, активированный добавками редкоземельных элементов. Для мощных лазеров используют трехслойное стеклянное волокно, включающее оптическое кварцевое волокно 2, активированное световедущее волокно 3 и светоотражающее покрытие 4.

С помощью такого лазера можно получить мощность до 100 Вт, при этом КПД лазера составляет 23 %, а тепловыделение весьма незначительно и составляет 8–10 Вт. Это позволяет использовать воздушное охлаждение и исключить применение сложных систем водяного охлаждения.

Для получения мощности 2–10 кВт существуют каскадные волоконные системы, включающие задающий волоконный лазер 1 и усиливающие ступени 4, 5 (рис. 5.14). Излучения отдельных волоконных лазеров соединяются в отдельном лазере, что позволяет повысить мощность каждой ступени. Количество ступеней предопределяет конечную мощность.

Диаметр сердцевины оптического волокна кабеля доставки мощностью 1 кВт составляет 50–100 мкм, а мощностью 10 кВт составляет 200–400 мкм.

Эксплуатация волоконных лазеров по сравнению с газовыми и твердосплавными лазерами существенно упрощается, поскольку практически не требуется настройка, юстировка, чистка. Волоконные лазеры допускают размещение в обычных производственных помещениях, без выполнения специальных требований.

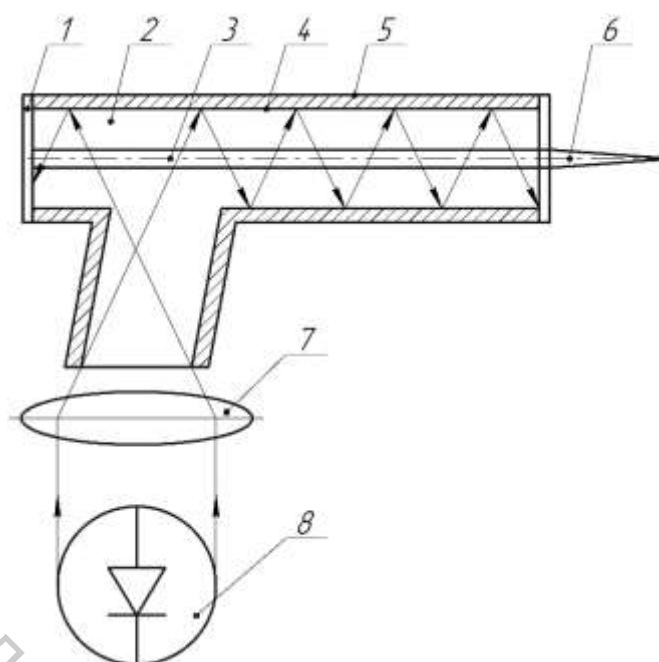


Рисунок 5.13 — Принципиальная схема волоконного лазера с активированной боковой накачкой:

- 1 — торцевые зеркала; 2 — оптическое кварцевое волокно;
 3 — активированное световодящее волокно; 4 — светоотражающее покрытие; 5 — защитная оболочка; 6 — лазерный луч;
 7 — фокусирующая линза; 8 — светодиоды

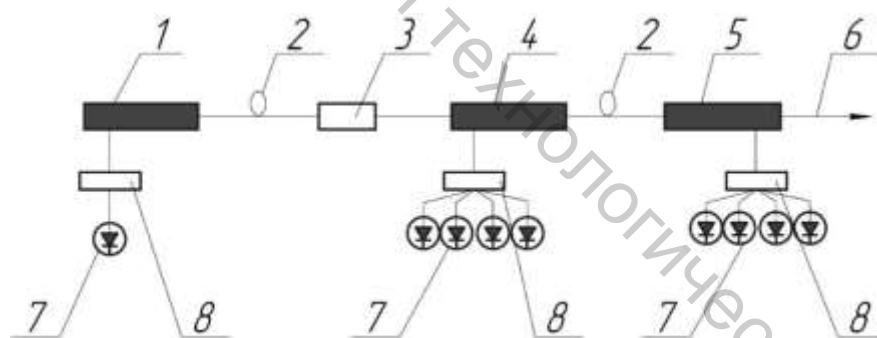


Рисунок 5.14 — Принципиальная схема многокаскадного лазера:

- 1 — задающий волоконный лазер; 2 — соединяющее световое волокно;
 3 — изолятор; 4 — усиливающий волоконный лазер первой ступени;
 5 — усиливающий волоконный лазер второй ступени; 6 — лазерный луч;
 7 — светодиоды; 8 — фокусирующие системы светодиодов

Волоконные лазеры оказались идеальными для использования в оптических системах телекоммуникации, позволили создать мощные лазерные системы для промышленного применения. Излучение в волоконных лазерах не соприкасается с окружающей средой, что обеспечивает высокую надежность, исключительную устойчивость к внешним механическим и климатическим воздействиям. Такие лазеры оказываются технологичными в изготовлении, имеют большой ресурс работы и практически не нуждаются в обслуживании при эксплуатации.

Суммирование выходного излучения одномодовых лазеров в волоконных объединителях позволяет увеличивать выходную мощность излучения. Расходимость выходного излучения при этом увеличивается, но остается вполне приемлемой для большинства практических применений.

Параметры волоконного лазера YLR50000: максимальная мощность — 55 кВт; потребляемая мощность — 170 кВт; диаметр волокна — 200 мкм; длина выходного волокна — 20 м.

Волоконные лазеры обеспечивают высококачественную резку металлов со скоростью в 3–5 раз выше, чем CO₂-лазеры той же мощности.

Для реализации лазерной обработки материалов, кроме самих лазеров, необходимы системы фокусировки луча, устройства управления движением луча по поверхности обрабатываемого изделия или устройство для перемещения изделия относительно луча, оптические устройства наведения и позиционирования, программное обеспечение процессами управления.

В соответствии с технологическими задачами лазерные комплексы включают следующие виды оборудования: излучатели, системы формирования и перемещения излучения; координатные устройства, автоматизированную систему управления; систему подачи технологического газа; систему вентиляции и удаления продуктов реза.

Излучатель генерирует лазерное излучение. В его состав входят элементы системы накачки, активная среда, зеркала резонаторов, устройство модуляции излучения.

Система формирования и перемещения излучения предназначена для передачи лазерного пучка от излучателя к обрабатываемой детали и формирования требуемых параметров лазерного луча. В состав данной системы входят: юстированный лазер, оптический затвор, оптические трансформаторы (объективы), поворотные зеркала, устройства вращения плоскости поляризации; фокусирующая система; система стабилизации положения фокальной плоскости зеркал.

Автоматизированная система управления (АСУ) предназначена для контроля и управления параметрами лазера, передачи команд на исполнительные модули координатного устройства и системы формирования и перемещения излучения. В состав АСУ входят: подсистема датчиков параметров лазера (температуры, давления, состава рабочей смеси и др.); подсистема датчиков параметров излучения; подсистема управления адаптивной оптикой; подсистема управления координатным устройством.

Координатное устройство обеспечивает относительное перемещение лазерного луча и детали. Оно содержит двигатель, привод, исполнительные механизмы и обеспечивает перемещение по двум, трем и даже пяти координатам.

Система подачи технологического газа включает компрессор при работе с воздухом или баллоны со сжатым технологическим газом, элементы масло- и влагоотделения, трубопроводы подачи газа в резак.

Система вентиляции и удаления состоит из мощного вентилятора, обеспечивающего удаление продуктов резки из рабочей зоны и системы фильтров для улавливания твердых частиц.

Способы передачи лазерного излучения в зону обработки условно подразделяют на две группы: с постоянным и переменным направлением оптического тракта от излучателя лазерной обработки до зоны обработки.

Передача излучения с постоянным направлением оптического тракта может осуществляться поступательным или вращательным перемещением изделия, излучателя, либо одновременно того и другого.

В простейшем случае передача выполняется с помощью фокусирующего объектива, установленного между неподвижным излучателем лазерной установки и обрабатываемой заготовкой (рис. 5.15).

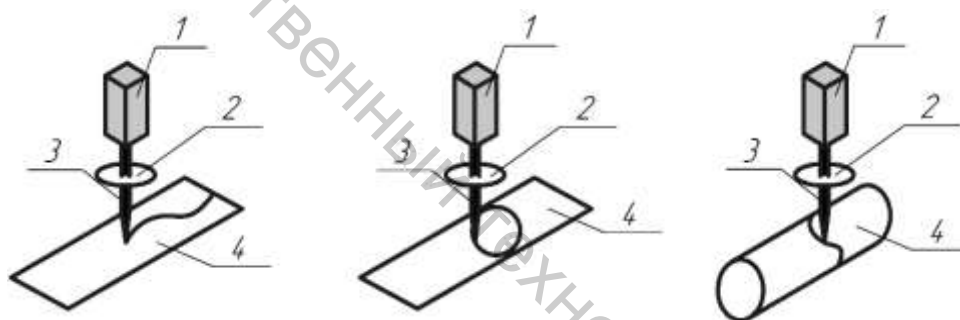


Рисунок 5.15 — Схемы передачи излучения при постоянном направлении оптического тракта:

- а* — поступательным перемещением заготовки; *б* — вращательным движением заготовки относительно оптической оси излучения;
в — поступательным и вращательным движением заготовки;
1 — излучатель; 2 — объектив; 3 — луч лазера;
4 — обрабатываемая заготовка

Перемещение крупногабаритных заготовок в процессе обработки технологически нецелесообразно. Перемещение излучателей ограничено системой кабелей высокого напряжения, шлангов для подачи газов, охлаждающей жидкости и т. д. При стационарном положении заготовки и излучателя целесообразно применение способа передачи лазерного излучения переменным направлением оптического тракта. Изменение направления лазерного луча осуществляется поворотными зеркалами и подвижными объективами (рис. 5.16).

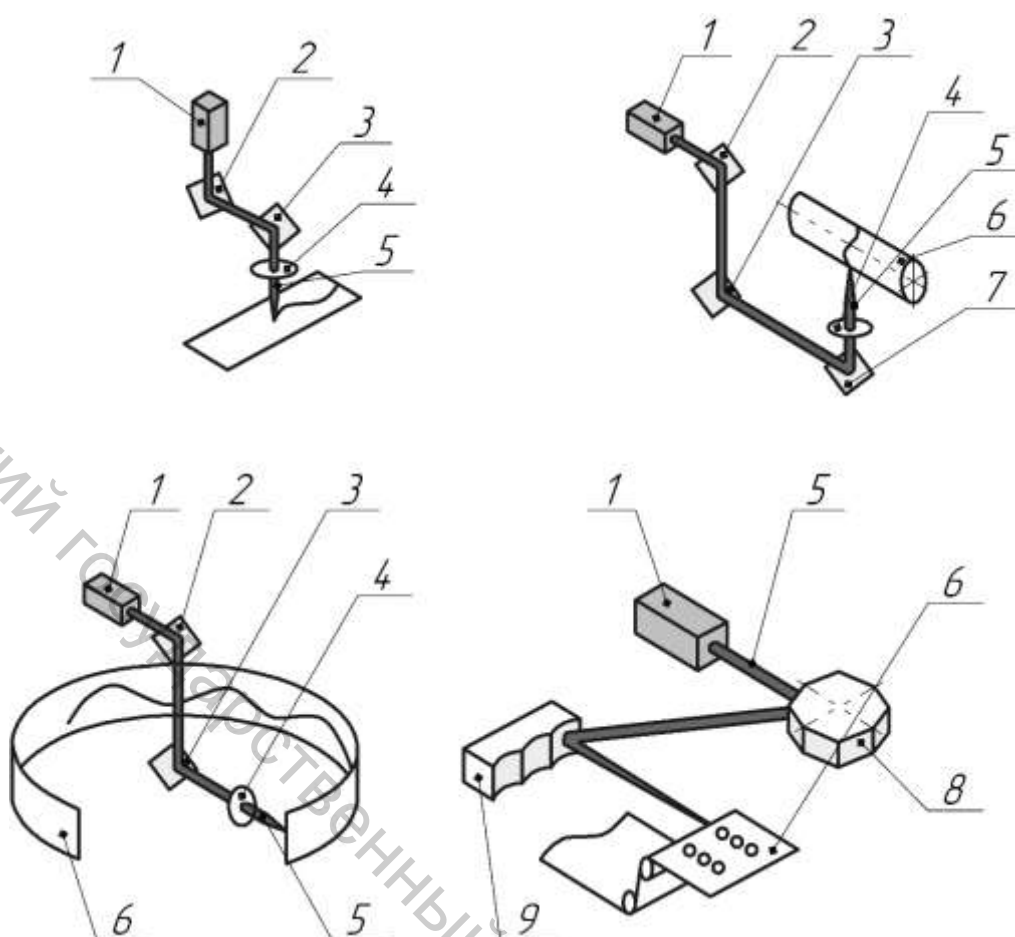


Рисунок 5.16 — Схемы передачи излучения при переменном направлении оптического тракта:

- а* — вращательным движением зеркал 2 и 3 относительно оптической оси; *б* — вращательным движением зеркал 2, 3, 7 и объектива 4 относительно оптической оси излучения и оси заготовки; *в* — вращением зеркал 2, 3 и объектива 4; *г* — вращением зеркального барабана 8; 1 — излучатель; 2, 3, 7 — подвижные зеркала; 4 — объектив; 5 — луч лазера; 6 — заготовка; 8 — зеркальный барабан; 9 — система неподвижных зеркал

Обычно лазерные комплексы включают неподвижный стол, на котором закрепляют заготовки, подвижный портал с одной или двумя лазерными головками. Заготовка остается неподвижной, а лазерный луч перемещается по поверхности заготовки.

Повышение требований к надежности и качеству высокотехнологичной продукции, стремление к миниатюризации приборов привели к росту спроса на лазерные комплексы для прецизионной микрообработки. Лазерные технологии микрообработки позволяют осуществлять микросварку, резку, сверление сверхмалых отверстий в матрицах и фильерах из сверхтвердых материалов.

5.8 Автоматизация процессов контактной сварки

Контактная сварка представляет собой процесс образования неразъемных соединений в результате нагрева металла проходящим электрическим током и пластической деформации зоны соединения под действием сжимающего усилия со стороны электродов. Основными способами контактной сварки являются точечная, шовная и стыковая.

Точечная сварка — способ контактной сварки, при котором детали соединяются по отдельным ограниченным участкам касания обычно несколькими точками с определенным шагом. Детали 1 предварительно собираются внахлестку и помещаются между электродами 2 сварочной машины (рис. 5.17, а). Один из электродов опускается, воздействует на деталь со сварочным усилием $P_{св}$. После некоторой выдержки, необходимой для обеспечения надежного электрического контакта, на электроды подается напряжение 5–6 В со вторичной обмотки сварочного трансформатора 3 или выпрямителя. Кратковременный (0,01–0,1 с) мощный импульс сварочного тока обеспечивает очень быстрый нагрев и образование зоны расплавления — жидкого ядра 4, общего для обеих деталей. Нагрев сопровождается пластической деформацией металла, и вокруг ядра формируется уплотняющий поясок 5, предохраняющий жидкий металл от выплеска и взаимодействия с окружающей средой. Поэтому специальной защиты зоны сварки, например, инертными газами, не требуется. После выключения тока металл ядра быстро охлаждается и кристаллизуется. Между деталями образуется прочная металлическая связь. Усилие с электродов снимают с некоторым запаздыванием, что обеспечивает кристаллизацию под давлением — проковку и отсутствие несплошностей в литом металле (трещин, усадочных раковин, значительных остаточных напряжений и т. п.). В ряде случаев усилие на этой стадии процесса повышают в два-три раза, т. е. применяют ковочное усилие.

Для повышения производительности процесса сварки и стойкости электродов на одной из деталей предварительно формируется выступ (рельеф 6, рис. 5.17, б) в сечении полукруглой или трапецевидной формы. Такой способ называется точечной рельефной сваркой. Рельеф ограничивает первоначальную площадь контакта, что дает возможность повысить плотность тока в контакте между деталями, используя при этом электроды с большой площадью рабочей поверхности. При нагреве током рельеф постоянно деформируется, и к концу процесса получают ядро, как и при обычной точечной сварке. Можно осуществлять сварку одновременно по нескольким (двум-трем) рельефам.

При затрудненном доступе электродов к одной из деталей целесообразно использовать одностороннюю точечную сварку

(рис. 5.17, в). В этом случае собранные детали устанавливаются на медную подкладку 7 (шунтирующий электрод) и детали сжимаются двумя электродами, расположенными со стороны одной из деталей. При этом можно получить сразу две точки за счет одного импульса тока.

Шовная сварка — способ контактной сварки, при котором подвод тока и перемещение деталей осуществляют с помощью вращающихся дисковых электродов-роликов 8 (рис. 5.17, г). Как и при точечной сварке, металл нагревается кратковременными импульсами сварочного тока, следующими через определенную паузу. При этом образуется ряд точек. Если пауза между импульсами достаточно мала, точки взаимно перекрываются, и образуется герметичный шов. Шовную сварку подразделяют на непрерывную и шаговую. В первом случае ролики вращаются при сварке непрерывно, а во втором останавливаются на время прохождения тока и проковки соединения, что дает возможность уменьшить износ роликов, остаточные напряжения и склонность к образованию трещин и раковин.

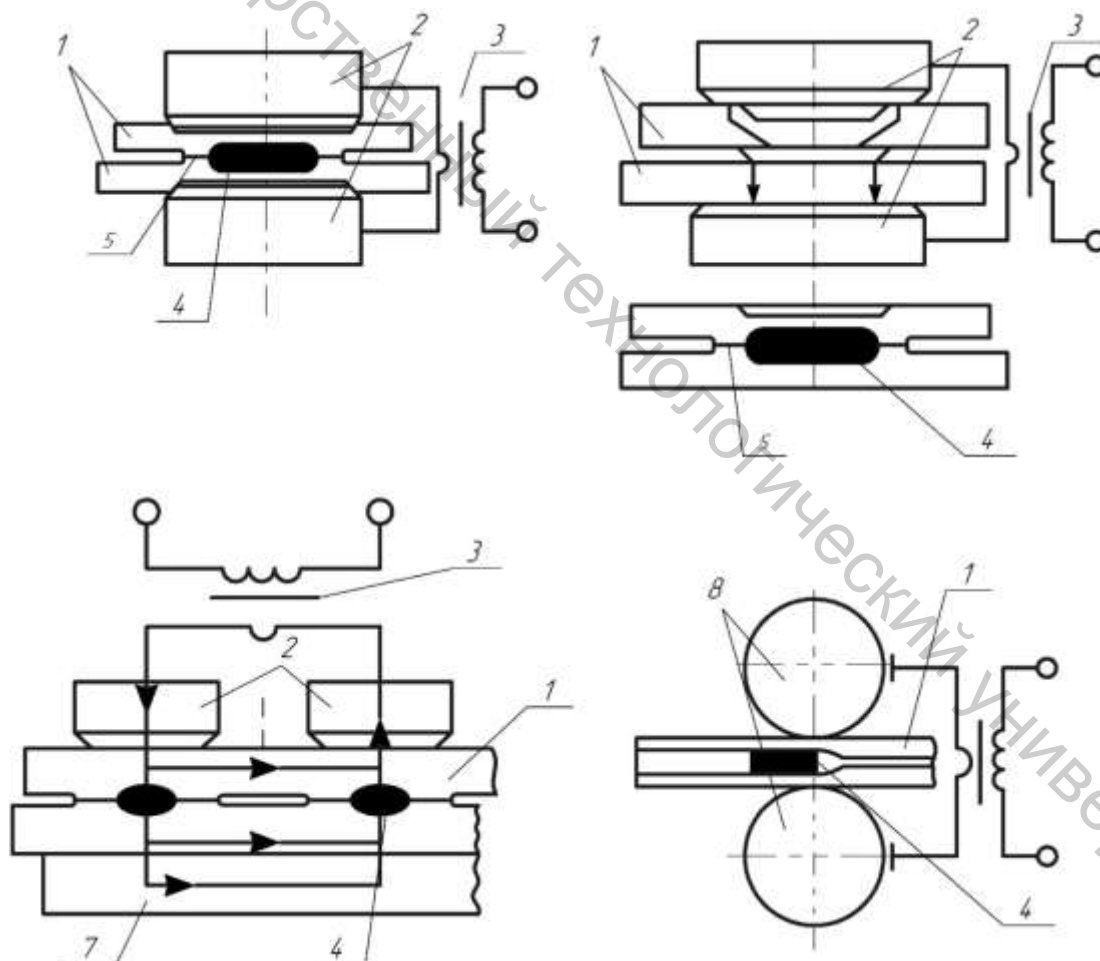


Рисунок 5.17 — Принципиальные схемы точечной и шовной сварки:

- 1 — свариваемые детали; 2 — электроды; 3 — трансформатор;
- 4 — жидкое ядро; 5 — уплотняющий пояс; 6 — выступ;
- 7 — медная прокладка; 8 — ролики

Существуют некоторые разновидности шовной сварки (односторонняя, многошовная сварка, шовная сварка встык и т. д.), отличающиеся схемой подвода тока, числом одновременно выполняемых швов и способом сварки деталей.

Шовная сварка отличается высокой скоростью выполнения соединений до 5 м/мин; широко используются в промышленности при создании различных емкостей, резервуаров, топливных баков.

Основные параметры режима сварки: на стадии нагрева сварочный ток, время его протекания и сварочное усилие; на стадии охлаждения — усилие проковки и время его приложения. Значения параметров могут оставаться постоянными или изменяться на каждой стадии по определенной программе и зависят от свойств свариваемого материала и его толщины.

Технологический процесс производства сварных узлов состоит из целого ряда отдельных операций, выполняемых в определенной последовательности. Для получения соединений высокого качества важны подготовительные операции: подготовка поверхности, сборка и прихватка.

Стыковая сварка — способ контактной сварки, при котором детали соединяются по всей площади контакта.

Процесс стыковой сварки осуществляется следующим образом (рис. 5.18). Свариваемые детали 1 укрепляют в токоподводах 2–3, один из которых, например, токоподвод 2, является подвижным и связан с приводом зажима. При сварке сопротивлением детали сжимают довольно значительным усилием P и подают напряжение на первичную обмотку сварочного трансформатора 4, что вызывает появление тока во вторичном контуре. Протекание тока через детали, являющихся частью этого контура, приводит к постепенному нагреву металла в стыке до температуры, близкой к температуре плавления ($0,84–0,9$) $T_{пл}$. Затем увеличивают усилие сжатия (осадка деталей). При этом возрастает перемещение подвижной детали, происходит пластическая деформация металла в стыке и образование соединения в твердом состоянии.

При сварке сопротивлением не обеспечивается достаточно полное удаление окисных пленок, и трудно добиться равномерного нагрева деталей по всему сечению. Поэтому сварка сопротивлением используется ограниченно, например, для соединения проволок, стержней и труб сечением до $200–250 \text{ мм}^2$ в основном из низкоуглеродистой стали.

При сварке оплавлением детали сжимают с небольшим усилием при включенном сварочном трансформаторе. Оплавление деталей происходит в результате непрерывного образования и разрушения контактов — перемычек между их торцами. В результате оплавления на торце образуется преимущественно сплошной слой жидкого металла, который при осадке вместе с загрязнениями (окисными пленками)

выдавливается из стыка. Соединение при этом образуется в твердом состоянии. Для более равномерного нагрева деталей применяют предварительный подогрев током, непосредственно подводимым к деталям, или через зазор с помощью индуктора.

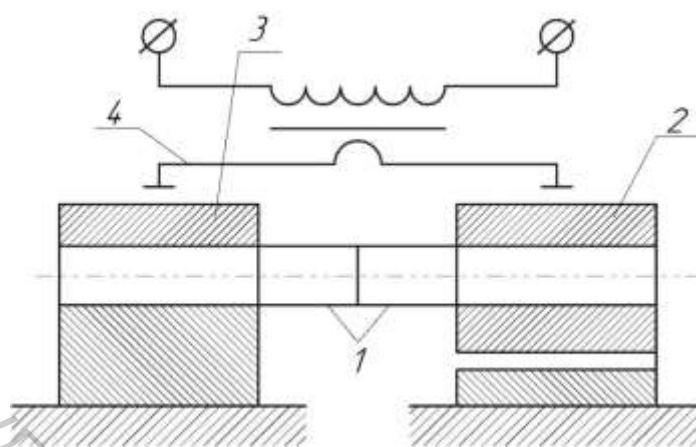


Рисунок 5.18 — Принципиальная схема стыковой сварки:

1 — свариваемые детали; 2, 3 — токоподводы;
4 — сварочный трансформатор

Машины для точечной сварки отличаются большой мощностью 14–1000 кВт, усилиями сжатия 200–2500 Н, током сварки 6–100 кА. Они позволяют сваривать листовые конструкции толщиной от 0,5 до 8 мм, а также крестообразные конструкции из продуктов арматуры диаметром от 2 до 40 мм. Для точечной сварки крупногабаритных изделий в труднодоступных местах, а также объемных листовых и стержневых конструкциях применяются подвесные контактные машины. Большое внимание при проектировании оборудования для точечной сварки уделяется механизации и автоматизации вспомогательных операций, составляющих 86–90 % трудоемкости изготовления изделий.

Машины для шовной сварки применяются при соединении деталей внахлестку герметичным швом. Характерным для них являются большая жесткость станины, повышенные сварочные токи 16–120 кА и усилие сжатия 500–5000 Н. Отличительной особенностью шовных машин является достаточно сложное электродное устройство, обеспечивающее подвод к дисковым электродам сварочного тока, вращающего момента и силы сжатия.

Машины для стыковой сварки предназначены для соединения заготовок сечением от десятых долей до десятков тысяч квадратных миллиметров. Свариваемые заготовки могут иметь разную конфигурацию: стержни, проволока, трубы, полосы, ленты, прокатный профиль (в т. ч. рельсы), заготовки сложной формы, свариваемые одновременно в нескольких местах.

Специальные контактные машины предназначены для сварки конкретных изделий, таких как элементы кузова автомобиля, арматурные

каркасы железобетонных конструкций, отопительных радиаторов, тормозных колодок автомобилей, магистральных рельсовых путей, магистральных трубопроводов, корабельных цепей.

В компоновочном варианте контактные машины для точечной, шовной и стыковой сварки состоят из электрической, механической, пневмогидравлической и воздушной систем (рис. 5.19).

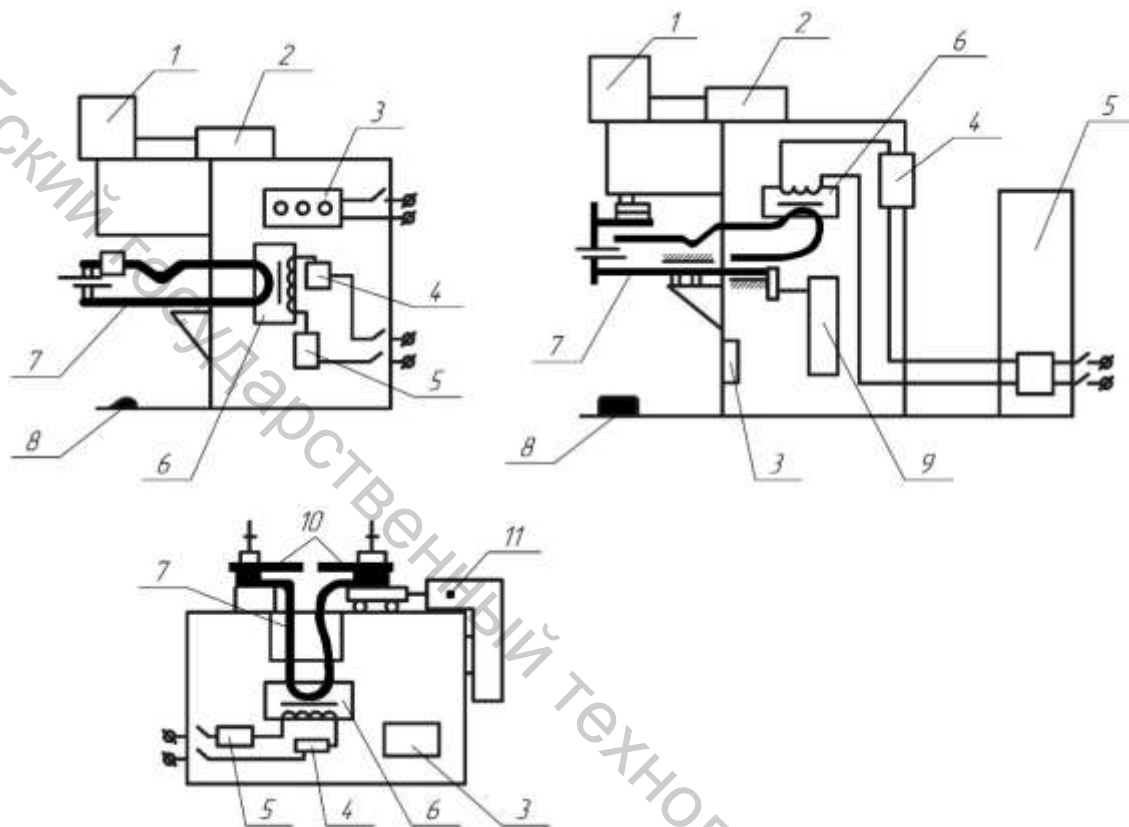


Рисунок 5.19 — Принципиальные схемы контактных точечных (а), шовных (б) и стыковых (в) машин:

- 1 — привод сжатия; 2 — аппаратура для воздухоподготовки;
- 3 — регулятор цикла сварки; 4 — переключатель ступеней;
- 5 — включающее устройство; 6 — трансформатор; 7 — вторичный контур;
- 8 — кнопка «Пуск»; 9 — привод вращения роликов;
- 10 — привод зажатия деталей; 11 — привод осадки

Электрическая часть машины включает в себя силовой сварочный трансформатор 6 с переключателем 4 ступеней; вторичный контур 3 для подвода силового тока к свариваемым деталям; прерыватель или размыкатель (включающее устройство) 5 первичного тока сварочного трансформатора; регулятор 3 цикла сварки, обеспечивающий заданную последовательность операций цикла сварки и регулировку параметров режима сварки.

Механическая часть включает в себя привод 1 сжатия для точечных и шовных машин; привод 10 сжатия и привод осадки

деталей — для стыковых машин; привод 9 вращения роликов — для шовных машин.

Пневматическая система машины состоит из аппаратуры 2 для воздухоподготовки (фильтры, лубрикаторы), регулирования (редукторы, манометры, дросселирующие клапаны) и подвода воздуха (электропневматические клапаны, краны, запорные вентили, штуцера) к приводу 1 сжатия.

Система водяного охлаждения контактной машины состоит из разводящей и приемной гребенок, водоохлаждаемых полостей, вторичного контура, разводящих шлангов, запорных вентилей и водяного реле, отключающего машину при отсутствии подачи воды в игнитронные лампы или тиристоры.

Контактные машины имеют высокий уровень механизации и автоматизации и хорошо адаптируются в производственных условиях в потоки вместе с оборудованием другого типа, сборочными и сварочными приспособлениями. В одном агрегате могут быть объединены десятки, а иногда и сотни одноточечных машин. Комбинированное оборудование применяют в серийном и массовом производстве для автоматизации точечной сварки штамповочных конструкций из тонколистовых металлов, арматурных конструкций из железобетона и др.

Примером комбинированной машины, в которой объединены операции сборки, формообразования и рельефной сварки является машина для изготовления тормозных колодок автомобиля. Другим примером линии комплексной автоматизации является линия изготовления радиаторов отопления.

Получили распространение роботизированные линии сборки и точечной сварки штамповочных конструкций, в которых точечная сварка производится промышленными роботами. Основное достоинство этих линий — возможность быстрой переналадки на изготовление сварного изделия. Кузовное производство автомобильных заводов оснащено гибкими роботизированными комплексами, состоящими из нескольких роботизированных линий и включающих 100–200 промышленных роботов точечной сварки.

5.9 Роботизация сварочного производства

В результате использования робототехники в сварочном производстве представляется возможность автоматизировать выполнение швов любой формы, различным образом расположенных в пространстве. Это позволяет применять наиболее производительные режимы сварки с формированием сварных швов с минимальными

отклонениями геометрических размеров. По сравнению с автоматической сваркой роботизация обеспечивает рост производительности, экономию сварочных материалов, электроэнергии и уменьшение сварочных деформаций. Сокращается потребность в специальном сварочном оборудовании и изготовлении специальных и специализированных станков, установок и машин для сварки.

Проблема роботизации сварочного производства включает в себя выбор универсальных или компоновку специализированных средств робототехники и комплексное решение технико-экономических вопросов, связанных с внедрением средств робототехники на конкретном производстве.

5.9.1 Роботизация сборочно-сварочных операций дуговой сварки

Робототехнические комплексы (РТК) на сборочно-сварочных операциях можно разделить на следующие виды: комплексы с использованием универсальных промышленных роботов (ПР) для загрузки–разгрузки сварочных полуавтоматов, комплексы с использованием специализированных и универсальных ПР для автоматизации дуговой сварки.

Структура РТК для загрузки–разгрузки сварочных полуавтоматов могут быть построена по следующим схемам: робототехническая позиция типа «робот–сварочный полуавтомат» (рис. 5.20, а), робототехнический участок типа «робот–сварочный полуавтомат № 1–сварочный полуавтомат № 2» (рис. 5.20, б), робототехническая линия «робот–сварочный полуавтомат–робот–сварочный полуавтомат и т. п.» (рис. 5.20 в).

Для дуговой сварки рекомендуется применять следующие структуры: робототехнические позиции и робототехнические линии.

Робототехническая позиция (рис. 5.21, а) применяется при сварке деталей в условиях мелкосерийного и крупносерийного производства. Схема функционирования такой позиции основана на загрузке–разгрузке приспособления вручную и включения рабочего цикла сварочного ПР. В зависимости от длины и конфигурации сварочных швов позиция может быть одноманипуляторная или многоманипуляторная. На рисунке 5.21, б представлена схема позиции, где робот-сварщик сваривает одинаковые или разные изделия, попеременно подаваемые в рабочую зону ПР.

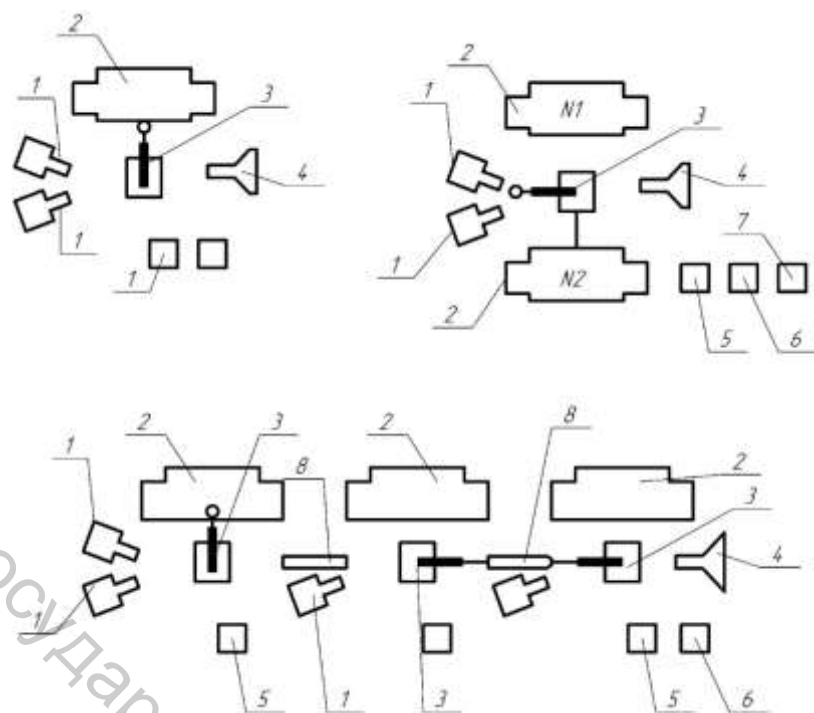


Рисунок 5.20 — Типовые структуры робототехнических комплексов при обслуживании дуговых сварочных полуавтоматов:

- 1 — магазин-питатель; 2 — сварочный полуавтомат;
3 — промышленный робот; 4 — приемное устройство; 5 — пульт управления; 6 — шкаф электроавтоматики; 7 — источник тока;
8 — приемно-передающее устройство

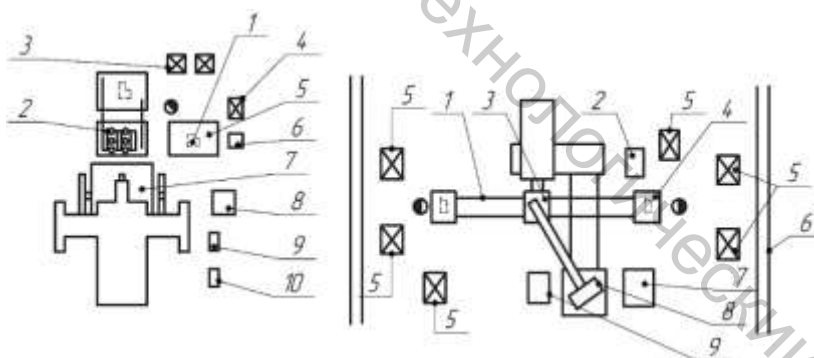


Рисунок 5.21 — Типовые структуры «РТК-позиции» на операциях дуговой сварки:

- a* — РТК с ручной загрузкой-разгрузкой; 1 — приспособление-спутник;
2 — подъемный стол с приводными роликами; 3, 4 — тара для сваренных узлов и деталей; 5 — стол для сборки узла; 6 — источник питания тока; 7 — автоматический позиционер-кантователь; 9 — шкаф управления РТК; 10 — СПУ ПР; *б* — РТК с автоматической загрузкой-разгрузкой; 1 — направляющие для перемещения столов; 2 — шкаф управления сварочным оборудованием; 3 — автоматический позиционер-кантователь; 4 — приспособление-спутник; 5 — тара для сваренных узлов; 6 — подвесной конвейер; 7 — источник питания для сварки; 8 — ПР; 9 — СПУ ПР

На рисунке 5.22 представлена схема робототехнической линии, рекомендуемая в условиях серийного, крупносерийного и массового производства. Работа линии начинается с позиции сборки детали; если требуется, то с прихваткой определенных деталей. Сборку осуществляют в приспособлениях-спутниках 5. Автоматизированная транспортная система перемещает и подает приспособления-спутники 5 на сварочные позиции. Роботы-сварщики 4 могут работать по параллельным или последовательным схемам. После сварки приспособления-спутники 5 подаются на позицию разборки вручную.

Позиции сборки и разборки приспособлений в условиях крупносерийного и массового производства могут быть роботизированы на основе универсальных ПР. В этом случае необходимо создание специальных магазинов-питателей для подачи деталей ПР.

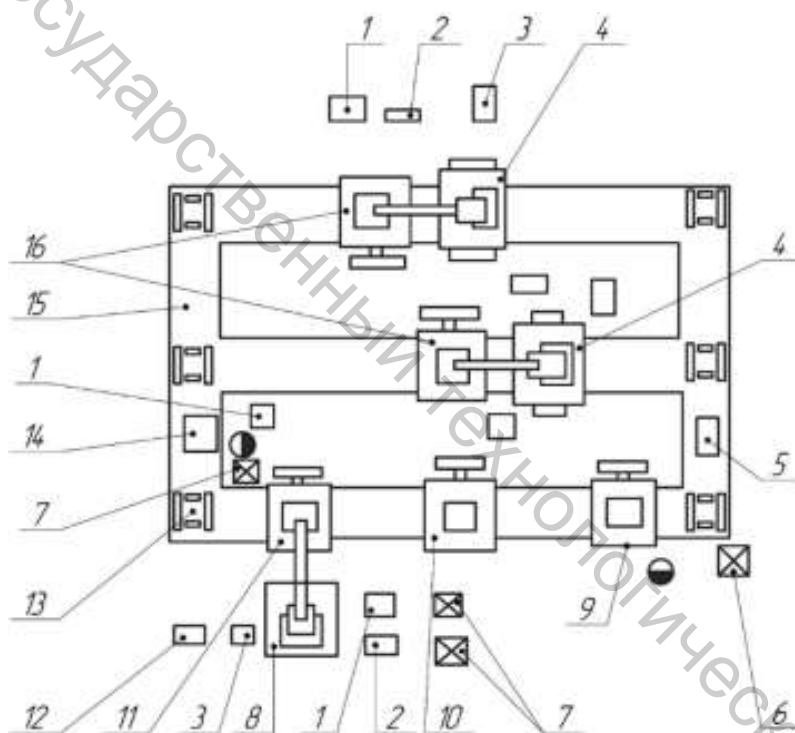


Рисунок 5.22 — Типовая структура «РТК-линия» на операциях дуговой сварки:

- 1 — источник питания; 2 — шкаф управления сварочным оборудованием; 3 — СПУ ПР; 4 — робот-сварщик;
- 5 — приспособление-спутник; 6 — тара для сваренных узлов; 7 — тара для деталей; 8 — робот-сварщик; 9, 11 — автоматический кантователь;
- 10 — ручной кантователь; 12 — система ПУ РТК; 13 — подъемный стол с приводными роликами; 14 — ручной позиционер;
- 15 — приводной рольганг; 16 — автоматический кантователь (в двух плоскостях)

5.9.2 Роботизация процессов контактной сварки

В соответствии с ГОСТ 26054-85 «Роботы промышленные для контактной сварки. Общие технические условия» ПР классифицируются по следующим признакам:

1) по способу установки на рабочем месте: напольные (рис. 5.23, а), подвесные настенного исполнения (рис. 5.23, б) и подвесные потолочного исполнения (рис. 5.23, в);

2) по месту размещения источника сварочного тока: со встроенным в исполнительное устройство ПР источник сварочного тока; со встроенным в рабочий орган ПР источником сварочного тока; с отдельным (вне исполнительного органа и манипулятора ПР) источником сварочного тока.

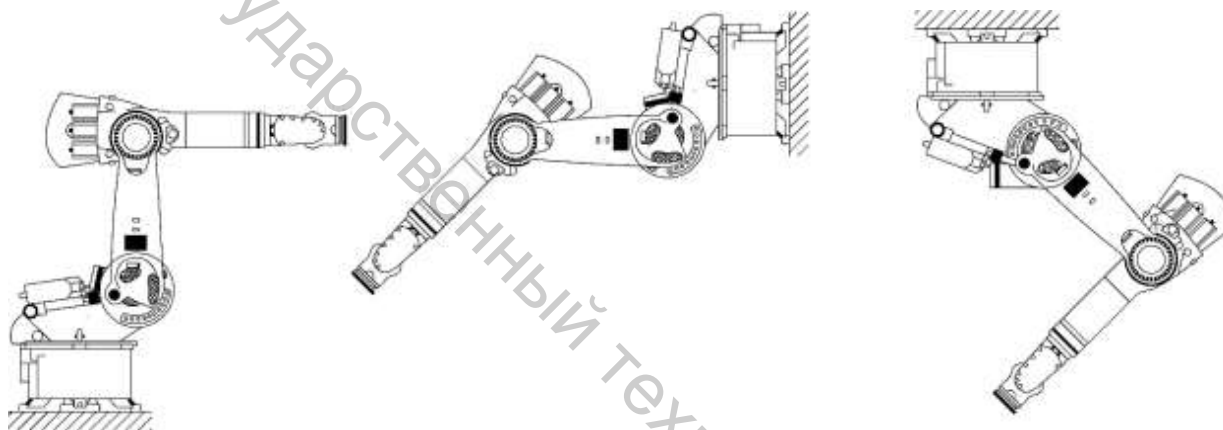


Рисунок 5.23 — Общий вид промышленных роботов с различным способом установки на рабочем месте

На рисунке 5.24 представлен промышленный робот с отдельным источником сварочного тока. Источник тока включает пульт управления 1 и сварочный трансформатор 2. Сварочный ток подается к исполнительному органу посредством гибких токопроводов. Такая схема позволяет минимизировать нагрузку на рабочий орган и обеспечить повышение точности позиционирования и скорости линейного перемещения. Однако это приводит к увеличению габаритов ПР.

Роботы со встроенными в манипулятор сварочными клещами используются в составе роботизированных технологических комплексов (РТК). Простейший РТК для контактной сварки (рис. 5.25) состоит из манипулятора 1 с закрепленными на нем сварочными клещами, поворотного стола с технологической оснасткой 11, оператора 9, огражденного оградой 6. Оператор извлекает из контейнеров 7 заготовки, укладывает их в установленной последовательности на поворотный стол 11 и фиксирует прижимами. После этого оператор нажимает кнопку включения и происходит разворот стола 11 на 180°. При этом

манипулятор 1 выполняет заданную программу, определяемую шкафом управления 3 и силовым шкафом 4. В это время со второй половины поворотного стола 11 оператор снимает сваренную заготовку и укладывает ее в контейнер-накопитель 10. После выполнения программы сборки манипулятор позиционирует сварочные клещи на концевой выключатель 2. Восстановление рабочей поверхности сварочных клещей происходит автоматически на зачистной машине 5.

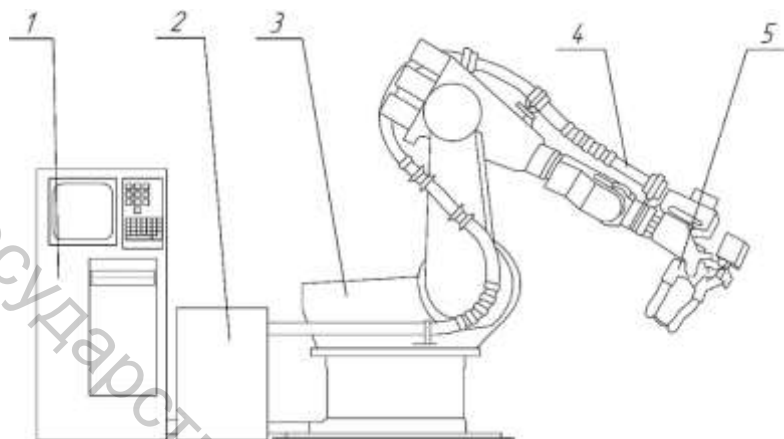


Рисунок 5.24 — Схема промышленного робота с отдельным источником сварочного тока:

- 1 — шкаф управления; 2 — сварочный трансформатор;
3 — промышленный робот; 4 — токопровод; 5 — рабочий орган (сборочные клещи)

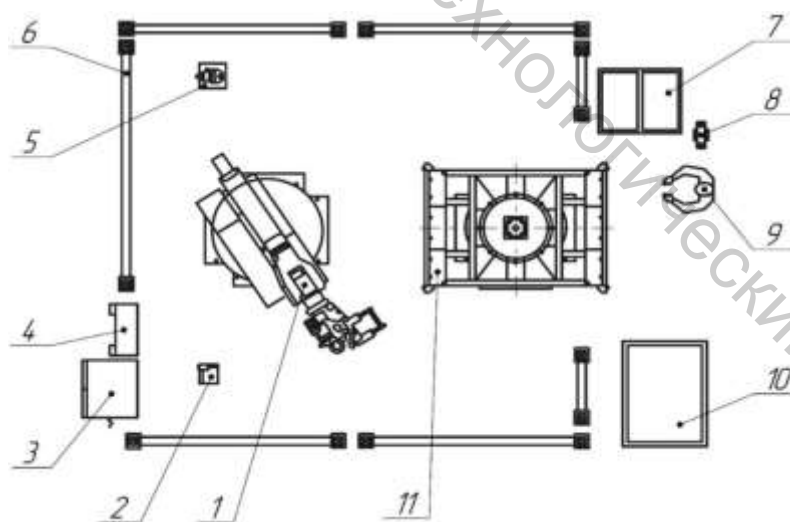


Рисунок 5.25 — Схема робототехнического комплекса для точечной сварки с одним сварочным роботом:

- 1 — манипулятор; 2 — концевой выключатель; 3 — шкаф управления;
4 — силовой шкаф; 5 — зачистная машина; 6 — ограждение;
7 — контейнер; 8 — пульт; 9 — оператор; 10 — контейнер-накопитель;
11 — поворотный стол

6 Механизация и автоматизация термических устройств

Нагревательные устройства по виду энергоносителя разделяют на две группы: топливные (примерно 20 %) и электрические (примерно 80 %). Топливные нагревательные устройства классифицируют по виду топлива: газовые, жидкотопливные и твердотопливные. Электрические нагревательные устройства можно разделить на дуговые (теплота генерируется на электрической дуге), сопротивления (теплота генерируется согласно закона Джоуля–Ленца), индукционные (теплота генерируется индукционными токами Фуко), высокоэнергетические (высокая плотность энергии создается на поверхности нагреваемой детали).

В зависимости от преобладающего способа теплопередачи нагревательные устройства подразделяют на низкотемпературные (до 750 °С), среднетемпературные (750–1250 °С), высокотемпературные (свыше 1250 °С).

По конструктивному признаку нагревательные устройства разделяют на две группы: печи периодического и непрерывного действия.

По способу перемещения деталей внутри нагревательного устройства различают: конвейерные, толкательные, туннельные, с пульсирующим подом, с шагающим подом, рольганговые, карусельные, барабанные, с наклонным подом, башенные и др.

6.1 Периодические печи

Периодические печи классифицируют по количеству зон отопления (одно-, двух- и т. д. зонные); по виду нагрева (односторонний — без нижнего обогрева, двухсторонний — с нижним обогревом); по системе отопления (торцевая, боковая, сводовая); по системе загрузки и выдачи заготовок (торцевая, боковая); по способу утилизации тепла уходящих из рабочего пространства продуктов сгорания (рекуперативные, регенеративные).

6.1.1 Толкательные печи

Главной конструктивной особенностью, которая оказывает основное влияние на остальные характеристики работы печи, является

способ транспортирования заготовок в рабочем пространстве печи. Схемы транспортирования заготовок через периодические печи представлены на рисунке 6.1.

В толкательных печах (рис. 6.1, *а*) сплошной плот заготовок перемещается через печь толкателем, расположенным вне печи со стороны загрузки заготовок. При проталкивании повреждается поверхность заготовок, а образующаяся на металле окалина осыпается. Это приводит к повышенному окислению и обезуглероживанию металла, а также необходимости периодически очищать под печи от окалины. Печь чрезвычайно сложно освобождать от заготовок для очистки, так как нельзя выдать заготовку из печи, не загрузив туда новую.

В печах шагающего типа (рис. 6.1, *б*) заготовки лежат на футерованных балках с зазором. В результате при транспортировании заготовки не соприкасаются друг с другом и не скользят по поду. Первоначально образовавшийся слой окалины не осыпается и защищает металл от дальнейшего окисления и обезуглероживания. Загрузка и выгрузка заготовок в этих печах независимы. Печи можно легко освобождать от заготовок для ремонта, а также выводить заготовки из зоны высоких температур при нерегламентированных остановках печи.

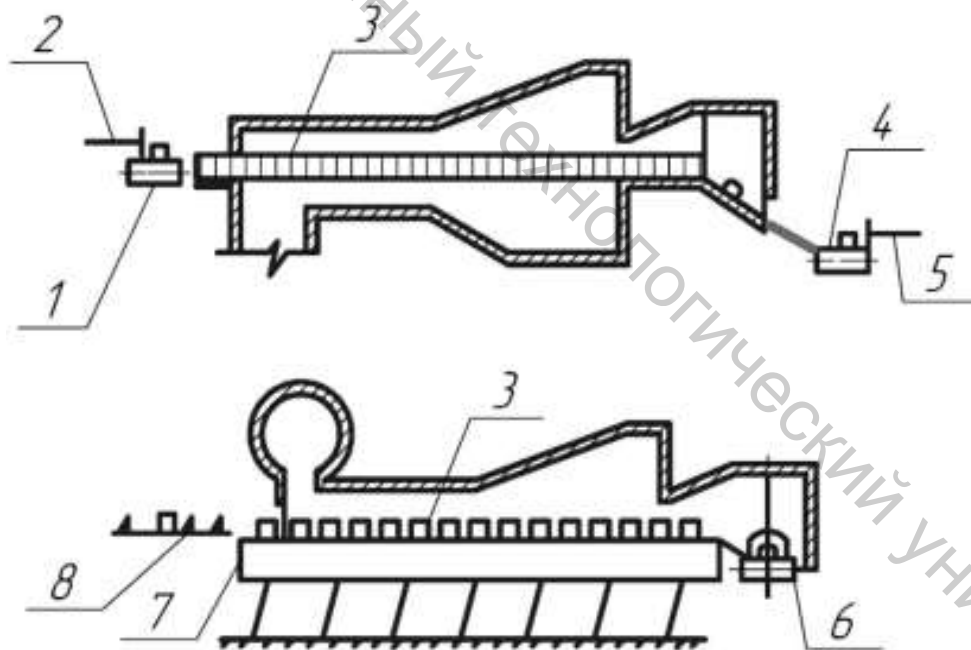


Рисунок 6.1 — Схемы транспортирования заготовок через периодические печи толкательного (*а*) и шагающего (*б*) типа:
1 — ролик загрузки; 2 — толкатель; 3 — нагреваемые заготовки;
4 — ролик выдачи; 5 — пружинный буфер; 6 — внутрипечной консольный ролик; 7 — балка; 8 — сталкиватель

6.1.2 Камерные печи

Простейшими средствами механизации камерных печей являются наклоняемый под или конвейер (рис. 6.2). Заготовки нагреваются в печи 1 с контролируемой атмосферой, затем подвижный под 2 наклоняют и заготовки по зарытой трубе 3, имеющей гидравлический затвор, подают на конвейер закалочного бака 4, а затем выгружаются в тару 5 (рис. 6.2, а). Вместо пода может быть использован конвейер 6 (рис. 6.2, б).

В инструментальном производстве нашли применение двух- или многокамерные печи. Обычно перед загрузкой в высокотемпературную печь инструмент подогревают до 850°C в отдельной печи. В таких случаях очень удобна двухкамерная печь (рис. 6.3), в которой нижняя камера служит для предварительного нагрева до 850°C , а в верхней проводят окончательный нагрев до температуры закалки 1300°C . Такая конструкция печи позволяет уменьшить занимаемую площадь, сокращается время переноса инструмента из низкотемпературной камеры в высокотемпературную и обслуживать одну такую печь удобнее, чем две рядом стоящие.

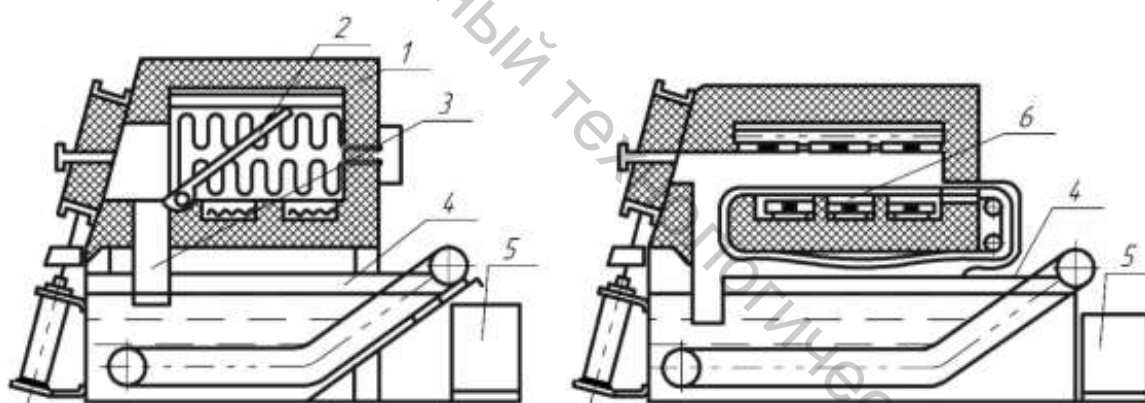


Рисунок 6.2 — Конструкции камерной печи с наклоняемым (а) и подвижным (б) подом:

- 1 — нагревательная камера; 2 — наклоняемый под; 3 — труба;
4 — закалочный бак; 5 — тара; 6 — конвейер

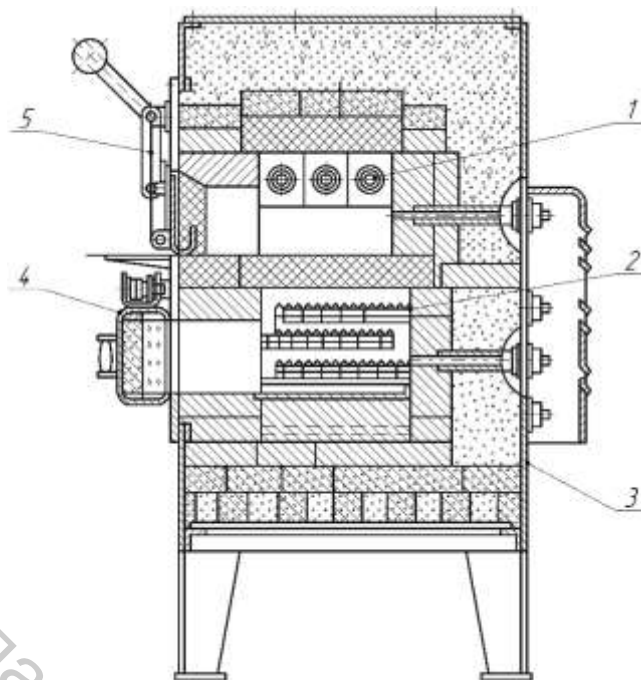


Рисунок 6.3 — Конструкция двухкамерной электрической печи для термообработки инструмента:

- 1 — нагреватели верхней камеры; 2 — нагреватели нижней камеры;
3 — кожух печи; 4 — дверца нижней камеры; 5 — механизм подъема дверцы верхней камеры

6.1.3 Шахтные печи

Шахтные печи широко применяют для нагрева заготовок в условиях единичного и серийного производства для проведения всех видов термической и химико-термической обработки. Загрузка и разгрузка заготовок в шахтных печах производится вертикально.

Шахтные печи (рис. 6.4) могут быть топливными (работают на жидком и газообразном топливе) и электрическими. В зависимости от диаметра рабочего пространства печи используют различные механизмы подъема крышки: ручной рычажный (до 600 мм), электромеханический (до 1500 мм), с пневмоприводом (до 2500 мм). В печах с диаметром рабочего пространства до 1500 мм поворот крышки в сторону производится вручную, в более крупных печах эта операция механизирована.

Для комплексной термообработки шахтные электропечи могут компоновать в агрегаты, в состав которых включают печи для нагрева под закалку, печи для цементации, нитроцементации и азотирования, отпускные печи, колодцы для охлаждения, закалочные баки, термостаты, промывочные баки и другие элементы.

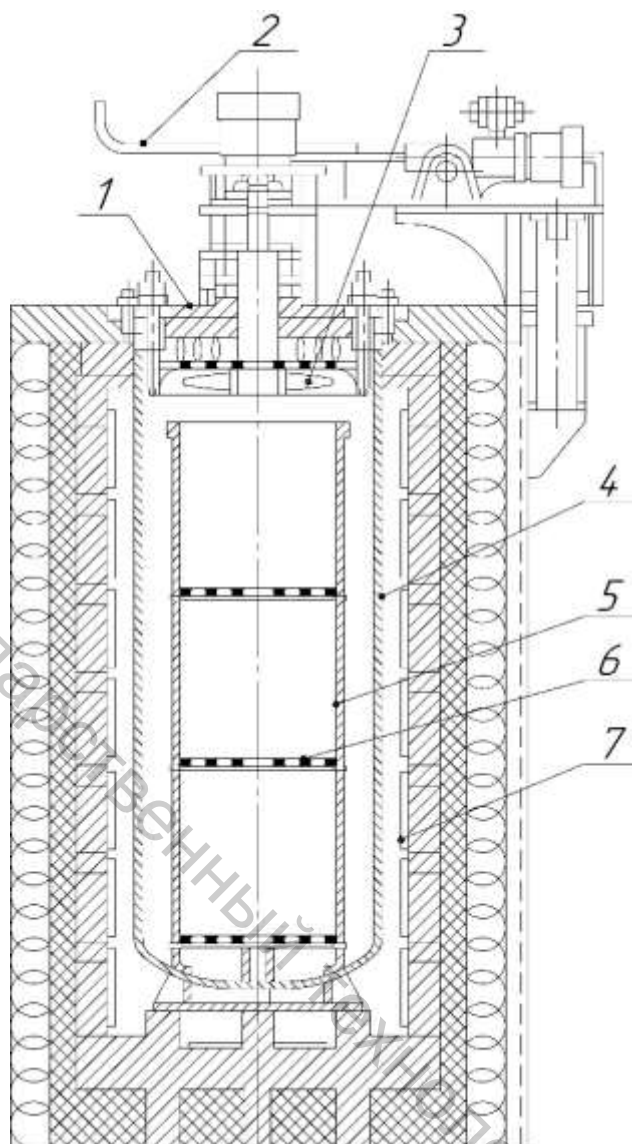


Рисунок 6.4 — Конструкция шахтной электрической печи:
 1 — крышка; 2 — механизм подъема и поворота крышки;
 3 — вентилятор; 4 — муфель; 5 — тара; 6 — решетка;
 7 — боковые нагреватели

6.1.4 Печи-ванны

Отличительная особенность печей-ванн от других нагревательных устройств состоит в том, что технологическая среда (теплоноситель) в них находится в жидком состоянии. Жидкий теплоноситель обладает рядом преимуществ перед теплоносителем, находящимся в газовом агрегатном состоянии. Поскольку жидкость имеет намного больший коэффициент теплоотдачи, чем газ, скорость нагрева в ванне значительно выше. Благодаря высокому коэффициенту теплопроводности жидкого

теплоносителя обеспечивается равномерность распределения температуры в рабочем пространстве ванны. Поскольку жидкость предотвращает контакт воздуха с обрабатываемой заготовкой, то можно работать без защитной атмосферы.

В качестве жидкого теплоносителя применяют масла, хлористые, фтористые, азотнокислые соли, а также щелочи.

По способу нагрева теплоносителя выделяют ванны прямого нагрева (электродные) и ванны с косвенным нагревом, который осуществляется с помощью нагревателей сопротивления, расположенных снаружи или внутри тигля с теплоносителем.

На рисунке 6.5 представлена механизированная печь-ванна.

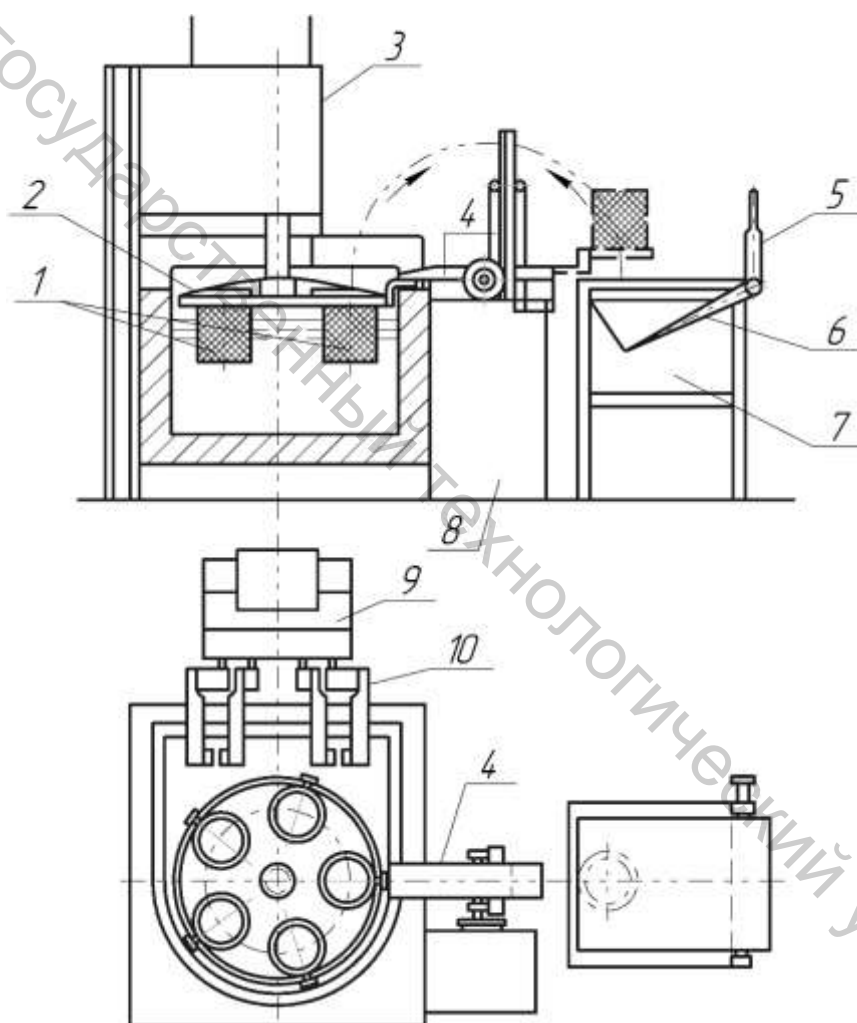


Рисунок 6.5 — Схема механизированной соляной печи-ванны с вращающейся крестовиной для переброса корзин в бак:

- 1 — корзины с изделиями; 2 — крестовина; 3 — механизм вращения крестовины; 4 — механизм переброса; 5 — рукоятка; 6 — приемная корзина; 7 — закалочный бак; 8 — привод механизма переброса; 9 — трансформатор; 10 — электроды

При механизации печей-ванн ставят три цели:

- удалить человека от зеркала взрывоопасной ванны для обеспечения более безопасных условий труда, т.е. механизировать загрузку/выгрузку заготовок;
- обеспечить перемещение заготовок по ванне с помощью конвейера, с помощью которого подвески заготовок перемещаются от одного конца ванны к другому;
- обеспечить перенос заготовок от одной ванны в другую, что требуется при проведении сложных технологических процессов.

6.1.5 Вакуумные печи

Вакуумная печь — это герметизированная установка, в которой осуществляют электрохимические процессы, включая отжиг, нормализацию, закалку, отпуск, химико-термическую обработку, спекание, пайку тугоплавких металлов и др.

В соответствии с уровнем остаточного давления вакуумные печи разделяют на низковакуумные — давление до 10 МПа, средневакуумные — давление $10\text{--}10^{-1}$ Па, высоковакуумные — давление $10^{-2}\text{--}10^{-4}$ Па, сверхвысоковакуумные — давление ниже 10^{-4} Па.

В соответствии с максимальной рабочей температурой и в зависимости от материала нагревателей выделяют следующие вакуумные электропечи:

- низкотемпературные (до 1100–1200 °С) с нагревателями из жаропрочных сплавов;
- среднетемпературные (1200–1700 °С) с нагревателями из молибдена;
- высокотемпературные (1700–2500 °С) с нагревателями из вольфрама, тантала, графита или тугоплавких карбидов.

Существует множество разновидностей вакуумных печей. В качестве иллюстрации на рисунке 6.6 представлена схема автоматизированной камерной универсальной печи, которая позволяет осуществлять нагрев и охлаждение в вакууме, в масле или нейтральном газе.

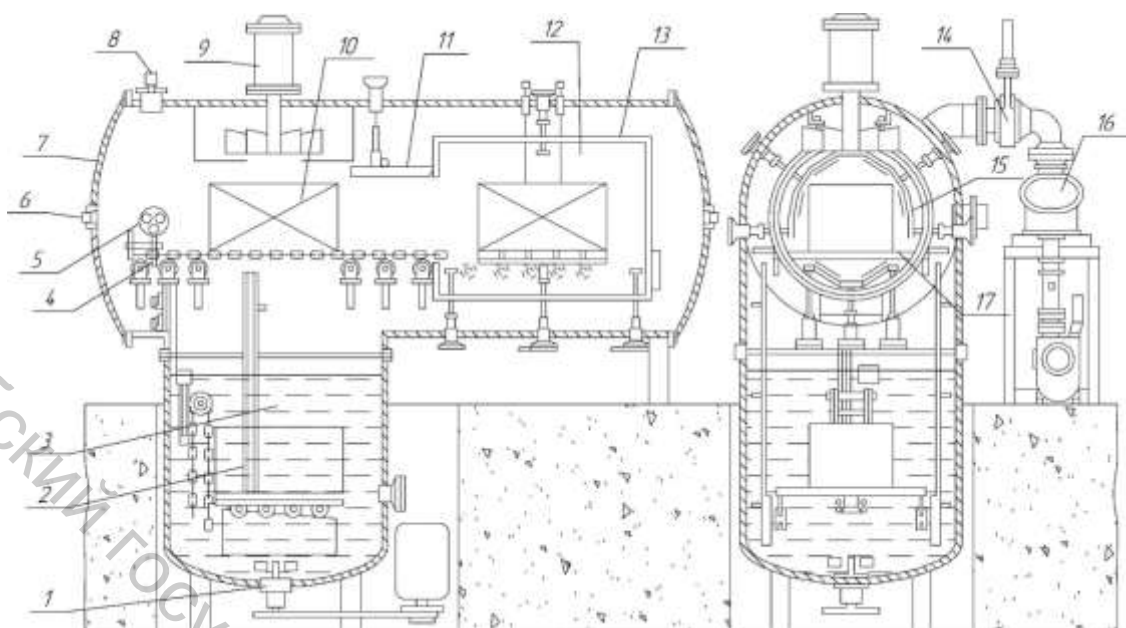


Рисунок 6.6 — Конструкция вакуумной автоматизированной камерной печи:

- 1 — крыльчатка с двигателем для перемешивания масла;
- 2 — закалочный стол с подъемником; 3 — закалочный бак;
- 4 — толкатель; 5 — термопара; 6 — глазок; 7 — заслонка с вакуумным затвором; 8 — клапан напорный; 9 — вентилятор принудительного охлаждения садки газом; 10 — садка; 11 — заслонка камеры нагрева (отражатель теплоты); 12 — камера нагрева; 13 — теплоизоляция камеры нагрева; 14 — вакуумный клапан; 15 — нагревательный элемент; 16 — вакуумный насос; 17 — под печи

Печь работает следующим образом. Из заготовок, подлежащих обработке в печи, формируется садка, которая устанавливается на под 17 камеры нагрева 12. Печь закрывается и насосом 16 вакуумируется. При достижении требуемого уровня вакуума включаются нагреватели 15. Измерение и управление температурой в печи осуществляется с помощью термопары 5. Визуальный осмотр печного пространства осуществляется через глазок 6.

После достижения необходимой температуры производится термостабилизация печи, выдержка садки при этой температуре и последующая термообработка. Для этого закалочный стол 2 поднимается и устанавливается на уровне пода печи. С помощью толкателя 4 садка перемещается на стол, а затем вместе со столом погружается в закалочный бак 3, в котором и производится термообработка. При этом процесс термообработки осуществляется в режиме непрерывного перемешивания масла крыльчаткой 1. По окончании термообработки стол с садкой поднимается, а в печь через клапан 8 поступает нейтральный газ, который с помощью вентилятора 9 производит охлаждение садки. Процессы вакуумирования печи, наполнения

нейтральным газом, перемещения садки, термостабилизации осуществляются автоматически.

6.2 Печи непрерывного действия

Печи непрерывного действия приспособлены для обработки однотипных заготовок, поэтому применяются в массовом или крупносерийном производстве. Различают печи конвейерные, толкательные, туннельные, с пульсирующим или шагающим подом, рольганговые, карусельные, барабанные, протяжные, башенные и др.

Уровень их механизации более сложен и совершенен по сравнению с уровнем механизированных печей периодического действия. Печи этого класса с успехом объединяют в комплексные агрегаты, совмещающие выполнение отдельных термических операций. Такие печи могут компоноваться в агрегаты и поточные линии для обеспечения полного цикла химико-термической обработки.

В печах непрерывного действия осуществляется полная автоматизация нагрева и охлаждения. Автоматизация теплового режима при электронагреве осуществляется по массе заготовок, проходящих через печь.

Электрические нагреватели делят на две зоны регулирования. Одна из зон работает при нормальной эксплуатации печи, а вторая во время разогрева или при выходе из строя первой. Электрические нагреватели с помощью двухпозиционного регулятора автоматически включаются при падении температуры в соответствующей зоне, при этом автоматически сокращается продув воздуха через трубы.

При нагреве газом регулируют соотношение «газ–воздух» и предусматривают автоматическую отсечку подачи газа при падении давления газа, воздуха для горения и сжатого воздуха для питания приборов автоматического регулирования, сокращения разрежения в трассе продуктов сгорания и отсасывающей системе камеры регулируемого охлаждения. Для защиты системы подачи газов и нагревателей предусматривают автоматическое отклонение и сигнализацию при превышении температуры зоны выше заданной величины.

6.2.1 Конвейерные печи

Принципиальное отличие конвейерных от других печей состоит в наличии конвейера, который используется для загрузки заготовок в рабочее пространство, транспортирование их вдоль печи и разгрузки (рис. 6.7 *а*) или только для перемещения внутри печи (рис. 6.7 *б*).

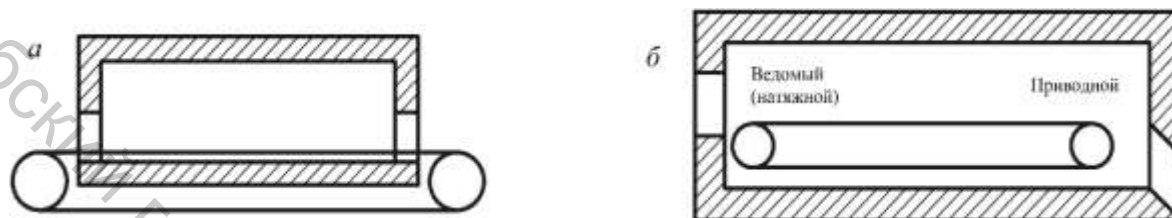


Рисунок 6.7 — Схемы конвейерных печей с вынесенным (*а*) и встроенным (*б*) конвейером

Конструктивное исполнение таких печей разнообразно. Конвейерная лента может опираться на приводные или не приводные ролики. В печи может быть несколько рядов конвейеров, установленных параллельно в одной плоскости или в разных плоскостях один над другим.

Большинство печей работает с защитной атмосферой. Загрузку и выгрузку заготовок в печах с вынесенным конвейером производят вручную. В печах со встроенным конвейером загрузки–выгрузки используют средства механизации: приводные толкатели или вибрирующие желоба.

Бесконечная конвейерная лента является важнейшим конструктивным элементом печного конвейера. К ней предъявляется целый комплекс конструктивных и эксплуатационных требований: жаростойкость, жаропрочность, долговечность, небольшая масса, подвижность и гибкость в продольном направлении, небольшое относительное удлинение под действием механической нагрузки и температуры, простота и подвижность перемещения ленты приводным механизмом и др.

В зависимости от характера загрузки, длины конвейера, рабочей температуры, способа нагрева заготовок применяют различные конвейерные полотна: сетчатые, цепные, пластинчатые, панцирные, керамические.

6.2.1.1 Печи с подвесным конвейером

Разновидностью конвейерных печей являются печи с подвесным конвейером (рис. 6.8).

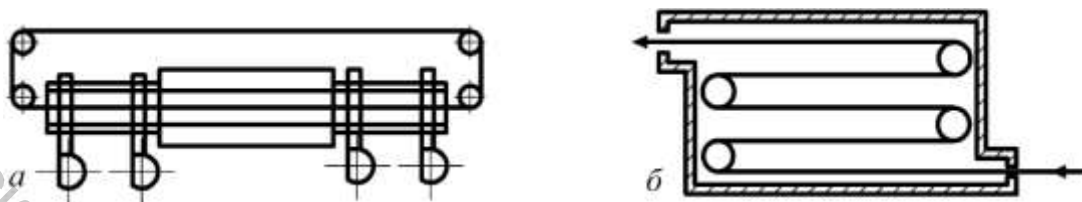


Рисунок 6.8 — Схемы печей с однорядным (а) и многорядным (б) подвесным конвейером

Конвейер и приводная станция располагаются над сводом печи. В своде печи выполняется вырез в виде щели, в которой проходят жаропрочные подвески конвейера с обрабатываемыми заготовками.

Для отпуска при низких температурах широкое распространение получили печи с подвесным конвейером из отдельных корзин.

Основное достоинство печей с подвесным конвейером состоит в том, что они легко встраиваются в поточные линии с цеховым транспортером. Это позволяет значительно сократить время загрузочно-разгрузочных операций.

6.2.2 Протяжные печи

Протяжные печи предназначены для термообработки проволоки, тонкостенных труб и других изделий в условиях массового производства (рис. 6.9).

Протяжные печи применяют для разных процессов: термообработки (отжиг, закалка, отпуск), обезжиривание, гальваническая обработка (лужение, травление, промывка). В них обрабатывают низкоуглеродистые, трансформаторные, коррозионностойкие, оцинкованные, а также ленты из медных и других цветных сплавов. Протяжные печи часто включают в состав непрерывных линий.

Существуют две разновидности протяжных печей: горизонтальные и вертикальные. Длина горизонтальных печей достигает 200 м. Через них протягивают изделия в несколько рядов.

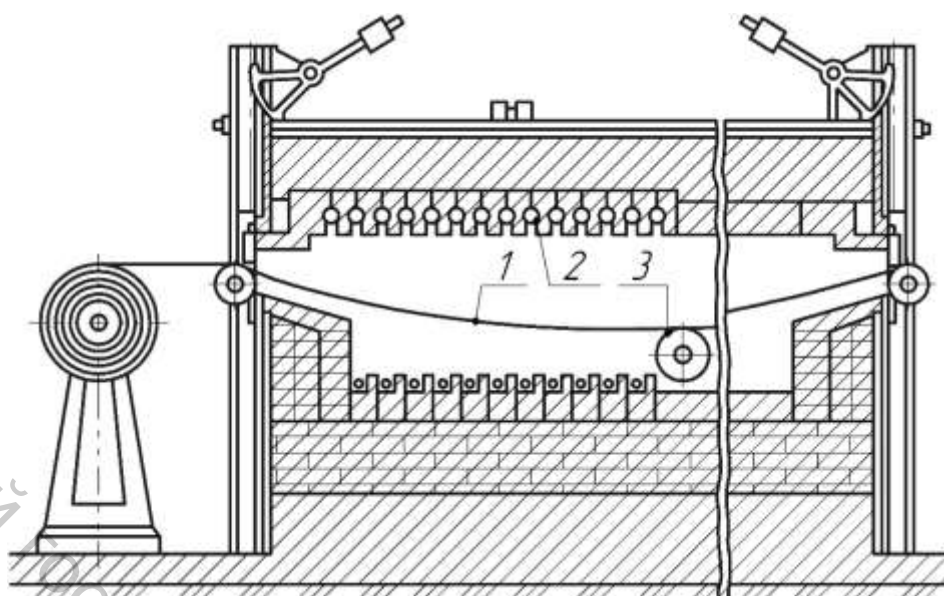


Рисунок 6.9 — Конструкция протяжной печи
для термообработки ленты:

1 — нагреваемая лента; 2 — нагреватели; 3 — поддерживающий ролик

Вертикальные протяжные печи (высотой до 20 м) занимают меньшую площадь, обеспечивают более равномерный нагрев, большую скорость перемещения и более высокий КПД. Однако такие нагревательные устройства конструктивно более сложны.

Протяжные печи выпускают для обработки проволоки диаметром до 6,5 мм (количество параллельных рядов 18–48) или ленты толщиной до 6 мм (3–24 ряда).

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Глава 1

1. Ильянков, А. И. Основные термины и определения в технологии машиностроения : справочник / А. И. Ильянков, И. Ю. Марсов. — М. : Издательский центр «Академия», 2012. — 288 с.
2. Филонов, И. П. Инновации в технологии машиностроения / И. П. Филонов, И. Л. Баршай. — Минск : Вышэйшая школа, 2009. — 109 с.
3. Скворцов, А. В. Основы технологии автоматизированных машиностроительных производств : учебник / А. В. Скворцов, А. Г. Схиртладзе. — М. : Высш. шк., 2010. — 589 с.
4. Бунаков, П. Ю. Высокоинтегрированные технологии в металлообработке / П. Ю. Бунаков, Э. В. Широких. — М. : МДК Пресс, 2011. — 208 с.
5. Шандров, Б. В. Технические устройства автоматизации : учебник для студ. высш. учеб. заведений / Б. В. Шандров, А. Д. Чудаков. — 2-е изд., стер. — М. : Издательский центр «Академия», 2010. — 368 с.
6. Волчкевич, Л. И. Автоматизация производственных процессов : учеб. пособие / Л. И. Волчкевич. — 2-е изд. — М. : Машиностроение, 2007. — 380 с.
7. Брюханов, В. Н. Автоматизация производства / В. Н. Брюханов, А. Г. Схиртладзе, В. П. Вороненко. — М. : Высш. шк., 2005. — 367 с.
8. Шагин, А. В. Основы автоматизации технологических процессов : учеб. пособие / А. В. Шагин, В. И. Демкин, В. Ю. Кононов, А. Б. Кабанова. — М. : Высшее образование, 2009. — 163 с.
9. Козырев, Ю. Г. Промышленные роботы. Основные типы и технические характеристики / Ю. Г. Козырев. — М. : Кнорус, 2010. — 488 с.
10. Камышный, Н. И. Автоматизация загрузки станков / Н. И. Камышный. — М. : Машиностроение, 1977. — 290 с.
11. Иванов, А. А. Проектирование автоматизированных систем манипулирования объектами обработки и сборки : учеб. пособие / А. А. Иванов. — М. : Форум, 2012. — 352 с.
12. Моисеев, Ю. И. Применение промышленных роботов для загрузки металлообрабатывающего оборудования : учеб. пособие / Ю. И. Моисеев. — Курган : Изд-во Курганского гос. ун-та, 2013. — 171 с.

Глава 2

1. Попов, Е. А. Технология и автоматизация листовой штамповки / Е. А. Попов, В. Г. Ковалев, И. Н. Шубин. — М. : Изд-во МВТУ им. Н. Э. Баумана, 2000. — 480 с.
2. Демьяненко, Е. Г. Технология листовой штамповки / Е. Г. Демьяненко, И. П. Попов. — Самара : Изд-во Самарского гос. аэрокосмич. ун-та им. С. П. Королева, 2011. — 112 с.
3. Романовский, В. П. Справочник по холодной штамповке / В. П. Романовский. — Л. : Машиностроение, 1971. — 782 с.
4. Ковалев, В. Г. Технология листовой штамповки / В. Г. Ковалев, С. В. Ковалев. — М. : Кнорус, 2010. — 224 с.
5. Михеев, В. А. Автоматизация процессов ОМД : электрон. учеб. пособие / В. А. Михеев; Минобрнауки России, Самарский гос. аэрокосмич. ун-т им. С. П. Королева [Электронный ресурс]. — Самара, 2012. — Режим доступа : <http://repo.ssau.ru/handle/Uchebnye-posobiya/Avtomatizaciya-processov-OMD-Elektronnyi-resurs-elektron-ucheb-posobie-55057>. — Дата доступа : 03.12.2018.

Глава 3

1. Васильев, К. И. Автоматизированные системы кузнечно-штамповочного производства / К. И. Васильев, А. М. Смирнов, Е. Н. Сосенушкин, А. Г. Схиртладзе, В. П. Барискин. — Старый Оскол : ТНТ, 2014. — 484 с.
2. Ковка и штамповка : справочник. В 4 т. / под общ. ред. Е. И. Семенова. — М. : Машиностроение, 2010. — 770 с.
3. Бочаров, Ю. А. Кузнечно-штамповочное оборудование : учебник / Ю. А. Бочаров. — М. : Издательский центр «Академия», 2008. — 480 с.
4. Выжигин, А. Ю. Гибкие производственные системы : учеб. пособие / А. Ю. Выжигин. — М. : Машиностроение, 2009. — 288 с.
5. Смирнов, А. М. Основы автоматизации кузнечно-прессовых машин : учебник / А. М. Васильев, А. М. Смирнов. — М. : Машиностроение, 1987. — 272 с.
6. Козырев, Ю. Г. Промышленные роботы : справочник / Ю. Г. Козырев. — М. : Машиностроение, 2005. — 392 с.
7. Константинов, И. Л. Прокатно-прессово-волочильное производство : учебник / И. Л. Константинов, С. Б. Сидельников, Е. В. Иванов. — М. : ИНФРА-М; Красноярск : Сибирский федеральный ун-т, 2015. — 511 с.

Глава 4

1. Кукуй, Д. М. Автоматизация литейного производства : учеб. пособие / Д. М. Кукуй, В. Ф. Одинокко. — Минск : Новое знание, 2008. — 240 с.
2. Довбня, Н. М. Роботизированные технологические комплексы в ГПС / Н. М. Довбня, А. Н. Кондратьев, Е. И. Юревич. — Л. : Машиностроение, 1990. — 303 с.

Глава 6

1. Иванов, А. А. Автоматизация технологических процессов и производств / А. А. Иванов. — М. : Форму, 2011. — 224 с.
2. Брюханов, В. Н. Автоматизация производства : учебник / В. Н. Брюханов, А. Г. Схиртладзе, В. П. Вороненко. — М. : Высш. шк., 2005. — 367 с.
3. Капустин, Н. М. Комплексная автоматизация в машиностроении : учебник / Н. М. Капустин, П. М. Кузнецов, Н. П. Дьяконова. — М. : Издательский центр «Академия», 2005. — 368 с.
4. Иванов, А. А. Автоматизированные сборочные системы : учебник / А. А. Иванов. — М. : Форму, 2014. — 336 с.
5. Козырев, Ю. Г. Захватные устройства и инструменты промышленных роботов : учеб. пособие / Ю. Г. Козырев. — М. : Кнорус, 2011. — 312 с.
6. Мрочек, Ж. А. Основы технологии автоматизированного производства в машиностроении : учеб. пособие / Ж. А. Мрочек, А. А. Жолобов, Л. М. Акулович. — Минск : Техноперспектива, 2008. — 303 с.
7. Гусовский, В. А. Современные нагревательные и термические печи / В. А. Гусовский, М. Г. Ладыгичев, А. Б. Угачев. — М. : Машиностроение, 2001. — 647 с.
8. Ксенофонов, А. Г. Расчет и конструирование нагревательный устройств / А. Г. Ксенофонов. — М. : Узд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана. — 2012. — 503 с.
9. Андреев, С. М. Оптимизация режимов управления нагревом заготовок в печах проходного типа / С. М. Андреев, Б. Н. Парсункин. — Магнитогорск : Изд-во Магнитогорского гос. техн. ун-та, 2013. — 376 с.
10. Белова, И. В. Термическая обработка изделий / И. В. Белова, Н. Е. Емец. — Комсомольск-на-Амуре : ФГБОУВО «КнАГТУ», 2016. — 92 с.
11. Степанов, Б. А. Электронагрев заготовок под штамповку / Б. А. Степанов, А. С. Айрапетян, В. Ю. Лавриненко. — М. : МГИУ, 2008. — 140 с.

12. Зоткин, В. Е. Технология и оборудование термической обработки сталей / В. Е. Зоткин, Р. Л. Шаталов. — Челябинск : Издательский центр ЮУрГУ, 2015. — 67 с.

13. Елагина, О. Ю. Технологические методы повышения износостойкости деталей машин / О. Ю. Елагина. — М. : Университетская книга; Логос, 2009. — 488 с.

Витебский государственный технологический университет

Учебное издание

Клименков Степан Степанович

Климентьев Андрей Леонидович

**АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ
ФОРМООБРАЗОВАНИЯ ЗАГОТОВОК**

Учебное пособие

Редактор *Т. А. Осипова*

Корректор *Т. А. Осипова*

Компьютерная верстка *А. Л. Климентьев*

Подписано к печати 24.11.2020. Формат 60х90 1/16. Усл. печ. листов 10,5 .
Уч.-изд. листов 12,2. Тираж 50 экз. Заказ № 327.

Учреждение образования

«Витебский государственный технологический университет»
210038, г. Витебск, Московский пр-т, 72.

Отпечатано на ризографе учреждения образования

«Витебский государственный технологический университет»

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий № 1/172 от 12 февраля 2014 г.

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий № 3/1497 от 30 мая 2017 г.

С. С. Клименков, А. Л. Климентьев

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ ЗАГОТОВОК

Учебное пособие

Витебск

2020