Технологический контроль машин (Лекции)

## 1. Основные понятия производства и технологических процессов

Производственный процесс - совокупность всех действий людей и орудий производства, необходимых на данном предприятии для изготовления или ремонта выпускаемых изделий.

Изделием называется любой предмет или набор предметов производства, подлежащих изготовлению на предприятии.

Деталь - изделие, изготовленное из однородного по наименованию и марке материала без применения сборочных операций.

Любое производство классифицируется 3 категориями: тип производства, вид производства, часть производства.

Типы производства - это классификационная категория производства, выделяемая по признакам широты номенклатуры, регулярности, стабильности и объема выпуска изделия.

Различают 3 производства: массовый, серийный и единичный.

Массовым называют производство, характерное большим объемом выпуска изделий, непрерывно изготовляемых или ремонтируемых длительное время, в течение которого на большинстве рабочих мест выполняется одна рабочая операция. При массовом производстве для каждой операции выбирается наиболее производительное дорогое оборудование. Рабочее место оснащают высокопроизводительными устройствами и приспособлениями. В результате чего при большом объеме выпуска изделий достигается наиболее низкая себестоимость продукции.

Серийным называют производство, характерное изготовлением повторяющихся партий изделий. Размеры партий (количество заготовок, одновременно подаваемых на рабочее место) могут быть большими или малыми. Они определяют серийность производства. Различают производства: крупносерийное, среднесерийное и мелкосерийное. Чем крупнее партия, тем реже сменяемость на рабочих местах, тем ближе производство приближается к массовому типу производств. И, соответственно, себестоимость выпускаемой продукции уменьшается. В приборостроении крупносерийным считается производство, при объеме выпуска не менее 5000 штук в год, среднесерийное производство - 1000-5000, мелкосерийное - до 1000 штук в год.

Единичным называют производство, характерное малым объемом выпуска одинаковых изделий, повторное изготовление которых, как правило, не предусматривается. Высокая себестоимость продукции.

Вид производства - это классификационная категория производства, выделяемая по признаку применяемого метода изготовления изделия и наличия технологической подготовки производства. Пример: литейная, сварочная, механо-обраб. и т.д.

Части производства - это понятие, включающее в себя основные и вспомогательные производства.

Основное производство - это производство товарной продукции, которая изгот. изд. для поставки, то есть изготовление заготовок, готовых деталей и их сборка.

Вспомогательное производство - это производство средств, необходимых для обеспечения функционирования основного производства, то есть вспомогательные операции.

Технологический процесс - это часть производственного процесса, содержащая целенаправленные действия по изменению и определению состояния предмета труда. Под изменением состояния понимается: изменение формы, размеров, физических свойств предмета и тому подобное. К предметам труда относятся заготовки и изделия.

Виды технологических процессов:

Единичный технологический процесс разрабатывается для изготовления группы изделий с общими конструктивными и технологическими признаками.

Групповой технологический процесс разрабатывается для изготовления группы изделий с разными конструктивными признаками, но общими технологическими признаками.

Структура технологического процесса:

Технологическая операция - законченная часть технологического процесса, выполняемая на одном рабочем месте.

Установка - часть технологической операции, выполняемая при неизменном закреплении обрабатываемой заготовки или собираемой сборочной единицы.

Технологический переход - законченная часть технологической операции, выполняемая одними и теми же средствами технол. осн-я при постоянных технологический режимах и установке.

Вспомогательный переход - законченная часть технологической операции, состоящей из действий человека и/или оборудования, которые не сопровождаются изменением свойств предмета труда, но необходимые для выполнения технологического перехода. Входит: замена инструмента…

Рабочий ход - законченная часть технологического перехода, состоящая из однократного перемещения инструмента относительно заготовки и сопровождается изменением форм, размеров, качества поверхностей и форм поверхности заготовки.

Позиция - фиксированное положение, занимаемое неизменно закрепленной обрабатываемой заготовкой или собираемой сборочной единицей совместно с приспособлением относительно инструмента или неподвижной части оборудования.

Прием - законченная совокупность действий человека при выполнении определенной части операции, применяемых при выполнении перехода или его части и объединенных одним целевым назначением. Пример: переключить станок. Прием является частью вспомогательного перехода.

## 2. Экономичность технической обработки

Производительность и себестоимость обработки заготовки в значительной степени зависит от предъявляемых требований: поточности и шероховатости поверхности.

Себестоимость

шероховатость

График 1.

Как показывает график 1, уменьшение шероховатости обрабатываемых поверхностей повышает трудоемкость и себестоимость по закону гиперболы. Это объясняется следующим: возрастает основное время в связи с появлением дополнительных проходов и снижением режимов резания. Увеличивается вспомогательное время, связанное с контрольными операциями, установка и выверка положения заготовки на станке, установка режущего инструмента применяется более точный и сложный, а следовательно и более дорогие станки. Возрастают затраты на режущий инструмент и в ряде случаев применяют более дорогие методы обработки.

Одним из основных и наиболее объективных критериев методов обработки, наиболее подходящих для данных конкретных условий вариантов обработки является его экономичность. Даже при обработке заготовок определенным методом необходимо установить экономичность применения того или иного типа разм. станка.

Экономичность механической обработки зависит не только от требуемой точности, применяемых методов обработки и станков, она изменяется так же в зависимости от режимов резания, выполняемых на одном станке (График 2).

VT°

Себестоимость труда

Скорость резания

VC°

VM

TM

График 2.

Трудоемкость

себестоимость

Кривые на рисунке показывают, что при увеличении скорости резания себестоимость и трудоемкость в начале уменьшается до какого-то значения скорости, а затем происходит их увеличение в связи с увеличением скорости износа инструмента и, соответственно, увеличением затрат на его замену.

L

*l*1

*l*2

*l*3

*l*n

Δ1

Δ2

Δ3

Δn

Необходимо заметить, что оптимальные скорости резания соответствующие минимальной себестоимости (СМ) и минимальной трудоемкости (ТН) не совпадают. Выбор скорости резания для каждого конкретного случая (по наибольшей производительности и по наименьшим затратам) производится в зависимости от сложившейся обстановки (степени срочности здания, степени загрузки данного станка, возможности инструментального цеха по восполнению повышенного расхода инструмента).

В любом случае скорость резания не должна выходить за пределы оптимальных скоростей производительности и себестоимости.

## 3. Методы и средства контроля качества машин. Погрешности сборочных процессов

Погрешность на замыкающих звеньях размерных цепей машины возникают от разных причин. Большую роль играют погрешности деталей, которые поступают на сборку. Погрешности форм и размеров деталей, неизбежно допускаемых в процессе их изготовления, оказывают существенное влияние на определение действующих размеров (в приборе) в результате ее сборки. Необходимо иметь в виду, что действующее значение сост. звеньев размерных цепей обр-ся только в процессе сборки машины. Они выявляются в момент контакта с сопрягаемой деталью тем или иным путем.

L=l1+l2+l3+…+ln

Помимо погрешностей самих деталей при сборке машин возможны погрешности, причинами возникновения которых являются:

1) ошибки, допускаемые рабочими при ориентации и фиксации достигнутого положения монтируемых деталей.

2) погрешности установки измерительных средств, применяемых сборщиками в процессе сборки; погрешности регулирования контроля точности положения детали в машине, достигнутого при сборке; собственные погрешности измерительных приборов.

3) относительные сдвиги деталей в промежутке времени между достижением ими требуемого положения и фиксацией достигнутого положения.

4) Попадание грязи и стружки в стыки деталей.

Собирая машину или узел вручную, о правильности ориентации и соединения деталей сборщик чаще всего может судить по своим наблюдениям и ощущениям. Но даже сборщик очень высокой квалификации не в состоянии уследить за всеми дефектами сборки, так как острота восприятия их человеком без специальных средств весьма ограничена. Менее изученным, но, несомненно, имеющими значение, являются погрешности сборки, вызываемые относительным сдвигом детали в промежутке времени между достижением ими требуемого положения и фиксацией. Причинами возникновения погрешностей такого рода являются удары, толчки и сотрясения, которым может подвергаться объект сборки во время транспортировки на рабочие места, где осуществляется фиксация положения детали, достигнутого на предыдущих операциях.

Силы резания, возникающие при сверлении отверстий, например, удары и толчки при установке объекта сборки, приспособления для сверления и других операций.

## 4. Испытание машин

Целью испытания машин является проверка правильности работы и взаимодействия всех механизмов машины, проверка ее мощности, производительности и точности. Таким образом, испытание машины является проверкой общего качества Машин, полученного в результате всего производственного процесса ее изготовления. В зависимости от вида, назначения и масштаба выпуска машины, машины проходят испытание на холостом ходу (проверка работы механизмов и паспортных данных), в работе под нагрузкой, а так же испытания на производительность, жесткость, мощность и точность.

Испытания на холостом ходу. При этом испытании проверяют все включения и переключения органов управления и механизмов машины. Определяют правильность их взаимодействия и надежность блокировки. Проверяют безотказность действия и точность работы автоматических устройств. Вместе с тем проверяют соблюдение норм правильности работы подшипников, зубчатых колес и так далее.

Испытания машины под нагрузкой. Должны выявить качество ее работы в производственных условиях. Поэтому, для работы машины создаются условия, близкие к условиям эксплуатации.

Испытания на производительность. Подвергают обычно не все машины, а лишь машины специального назначения и опытные образцы. В процессе испытания выявляют: достаточно ли полно отвечает изготовленная машина по производительности требованиям заказа, обеспечен ли выпуск требуемого количества изделий в единицу времени, обладает ли машина требуемой скоростью.

Испытания на жесткость. Проходят, главным образом, станки. Сейчас испытания машины на жесткость стандартизированы.

Испытания на мощность. Этим испытаниям подвергают все машины, выпускаемые единичным порядком и все или выборочно машины, выпускаемые серийно. Не испытывают на мощность машины простейшей конструкции, а так же машины, которые заведомо обладают большим запасом мощности. Испытания машины на мощность имеют целью определить ее КПД при максимальном значении нагрузки. Нагрузку машине создают при помощи специальных тормозных устройств, воспроизводящих максимальные силы и моменты, соответствующие тем, что возникают при эксплуатации машин.

Испытания на точность. Испытывают машины, производящие, сортирующие и контролирующие продукцию (станки, прессы, сортирующие и контролирующие машины). Контроль машин на точность должен дать заключительную оценку качества машины. Ее способность производить продукцию требуемого качества. Поэтому, оценку точности машины при проведении испытаний дают по результатам ее действия, а это по точности обрабатываемых деталей, по точности выполнения сортировки, по контролю.

## 5. Обработка заготовок давлением

Обработка металла давлением основана на способности металлов и ряда неметаллических материалов в определенных условиях получать пластические остаточные деформации, в результате воздействия на деформируемое тело (заготовку) внешних сил. Одним из существенных достоинств обработки металлов давлением является возможность значительного уменьшения отходов металла по сравнению с обработкой резанием. Другим достоинством является возможность повышения производительности труда, так как в результате однократного приложения усилия можно значительно изменить форму и размеры заготовок. Кроме того, пластичная деформация сопровождается изменением физико-механических свойств металла в заготовке, которые можно использовать для получения детали с требуемыми служебными или эксплуатационными свойствами (прочностью, жесткостью, сопротивлению износу и тому подобное) при наименьшей их массе. Все перечисленные достоинства приводят к тому, что удельный вес обработки давлением неуклонно растет.

## 6. Получение заготовок ковкой

Ковка - вид горячей обработки металлов давлением, при котором металл деформируется под действием ударов универсального инструмента (молота). Металл свободно течет в сторону, не ограничиваясь рабочими поверхностями инструмента. Ковкой получают заготовки для последующей механической обработки. Эти заготовки называют коваными поковками или просто поковками. Ковку подразделяют на ручную и машинную. Последнюю подразделяют на молотах или гидравлических прессах. Ковка является единственно возможным способом изготовления тяжелых заготовок в единичном производстве. Как правило, на каждом машиностроительном предприятии имеется хотя бы один молот или гидравлический пресс.

## 7. Получение заготовок прессованием

Прессование заключается в продавливании заготовки, находящейся в замкнутой форме через отверстие матрицы. Форма и размеры поперечного сечения выдавленной части заготовки соответствует форме и размерам отверстия матрицы, а ее длинна пропорциональна отношению площадей поперечного сечения исходной заготовки и выдавленной части к перемещению давящего инструмента.

F

F

Прессованием получают прутки диаметром от 3 до 250 мм, трубы диаметром от 20 до 400 мм и так далее. Прессованием можно так же получить профили других форм из конструкционных, нержавеющих и специальных сталей и сплавов. Точность прессованных профилей выше, чем прокатных. К недостаткам прессования надо отнести большие отходы металла, так как нет возможности выдавить весь металл из контейнера (масса пресс-остатка может составлять до 40% от массы исходной заготовки).

## 8. Получение заготовок волочением

Волочением называется процесс протягивания заготовки через сужающуюся полость матрицы. Площадь поперечного сечения заготовки уменьшается и получают форму поперечного сечения матрицы.

Волочение, как правило, осуществляют в холодном состоянии. Исходными заготовками служат, как правило, прутки и трубы из стали, цветных металлов и сплавов. Вследствие того, что к заготовке при волочении приложено тянущее усилие, то после выхода металла из отверстия он испытывает растяжение. Волочением изготавливают проволоку диаметром от 0,002 до 10 мм, фасонные профили. Волочение обеспечивает точность размеров, высокое качество поверхности и получение очень тонких профилей.

## 9. Получение заготовок штамповкой

Штамповкой называют процесс изменения формы и размеров заготовки с помощью специального инструмента - штампа. Для каждой детали изготавливают свой штамп. Различают холодную штамповку и горячую объемную штамповку. Холодная объемная штамповка заключается в выдавливании материала, находящегося при обычной температуре в полость матрицы, для получения требуемой формы. Наиболее широко распространена холодная листовая штамповка.

Достоинство листовой штамповки:

1) возможность получения деталей минимальной массы при заданной их прочности и жесткости

2) достаточно высокие точность размеров и формы

3) сравнительная простота механизации и автоматизации, которая обеспечивает высокую производительность

4) хорошая приспосабливаемость к производству.

Толщина заготовок при холодной штамповке обычно не более 10 мм и лишь в сравнительно редких случаях более 20 мм. Технологический процесс получения детали путем холодной штамповки содержит ряд операций: обрезка, вырубка, гибка, вытяжка с утолщением стен и без, оббортовка, обжиг, и другие операции. Для обеспечения штамповки применяют оборудование: пресс кинематического и гидравлического действия. Штамповку применяют в массовом и крупносерийном производстве. Горячая объемная штамповка - это вид обработки металла давлением, при котором формообразование поковки из нагретой заготовки осуществляется с помощью штампа.

Соединение деталей пайкой и склеиванием.

Пайка и клейка - процессы получения неразъемных соединений.

Пайка - это процесс получения нераз. соединений двух и более заготовок путем их нагрева ниже температуры плавления с заполнением зазора и поверхности заготовок расплавленным припоем с последующей его кристаллизацией и образованием соединения. Пайку можно классифицировать по разным признакам, к примеру, по температуре плавления припоя. По этому признаку пайку делят на низкотемпературную и высокотемпературную. При низкотемпературной пайке используется припой с температурой плавления ниже 550°С, а при высокотемпературной - выше 550°С. Процесс пайки предполагает использование припоя и флюса. Припой представляет собой сплав цветных металлов. Каждый припой имеет свое наименование, сокращенное обозначение и предназначен для пайки строго определенного материала. Рассмотрим более подробно некоторые виды припоя. Для низкотемпературной пайки используют: оловянистоцинковые и оловянистосвинцовые припои. Оловянистоцинковые припои применяют для пайки изделий из алюминия. В состав данного припоя входят: 45% олова, 50% цинка и 5% алюминия. Оловяносвинцовые припои, например, ПОСС4 или 6 предназначен для пайки белой жести, железа, латуни, меди, свинца. ПОС40 для пайки деталей из оцинкованного железа, латуни и медных проводов. Для высокотемпературной пайки применяются меднофосфористые, медноцинковые, медноникелевые, серебряные припои. К меднофосфористому припою относятся припои, предназначенные для пайки меди и сплавов на основе меди. Медноцинковый припой, например Л63 или Л68 используют для пайки меди и углеродистых сталей. Л62 для пайки стали, меди и бронзы. Припои на основе серебра используют для пайки меди и бронзы (марка ПСР45); ПСР12 - для пайки деталей медной группы с содержанием меди до 58%. Оптимальный выбор способа пайки, типа соединения припоя, флюса, размера зазора обеспечивает основные качественные параметры паяных соединений, таких как герметичность, надежность, прочность, долговечность.

Флюсы применяют для очистки спаиваемых поверхностей, растворения оксидов и предохранения металла и припоя от окисления, для улучшения процесса смачивания по металлу припоя. Флюсы производятся твердыми, пастообразными, порошкообразными и жидкими. При низкотемпературной пайке используют флюсы, в состав которых входит: 85% хлористого цинка, 10% хлористого аммония, 5% фтористого натрия. Для пайки стали, меди, медных сплавов применяют флюсы, включающие в себя 30% хлористого цинка 20% хлористого аммония и другие вещества. Существуют следующие типы паяных соединений: нахлесточные, стык и специальные.

Недостаток процесса пайки заключается в пайке швов заготовок, расположенных в нахлестку, что приводит к значительному расходу материалов. Существуют различные способы пайки, отличающиеся друг от друга используемыми источниками нагрева. В настоящее время широко используется как традиционные, так и новые методы пайки, появившиеся благодаря развитию новых технологий.

Способы: паяльником, паянием в печи, в ванной.

Новые методы: пайка в вакууме, в нейтральной и активной газовых средах, пайка световым и электронным лучом, пайка горячим газом.

По прочности паяные соединения уступают сварным, но чаще всего превосходят клееные.

Склейка.

Технология изготовления и применения большинства клеев довольно проста, а по некоторым характеристикам клееные соединения сваркой или пайкой. Клей применяют для художественно-оформительных работ и как связующее для лакокрасочных материалов. Любой клей состоит из двух основных компонентов основания и растворителя. Основанием является само клеющее вещество, с которым растворитель образует клеящий состав.

В зависимости от условий применения и назначения в состав клея часто добавляют следующие компоненты:

1) вспомогательные вещества, предупреждающие преждевременное изменение компонентов клея.

2) пластификаторы, улучшающие пластические свойства клеемого шва.

3) катализаторы - для ускорения или замедления времени схватывания клеевых составов в зависимости от технологии склеивания.

4) наполнители, сокращают процентное содержание основания в общем объеме клея и придают клеевым составом дополнительные функциональные свойства.

5) затвердители - для ускорения или замедления запустения клея.

По химическому составу клеи делят на натуральные и синтетические. К натуральным относят клеи животного, растительного и минерального происхождения. К синтетическим относят неорганические и полимерные клеи. Учитывая быстрое развитие химической отрасли и появление новых видов синтетических смол, несущих в себе разнообразные свойства, синтетические клеи приобрели широкое распространение. Учитывая разнообразную гамму свойств синтетических клеев и иногда более простую технологию их изготовления, синтетические клеи стали вытеснять традиционные, изготавливаемые из натуральных компонентов.

Получение и обработка деталей воздействием концентрированных потоков энергии.

Повышение рентабельности современных машин, приборов и аппаратуры эффективность их использовании, снижение материальных и трудовых затрат, обеспечиваются их качеством и надежность.

Качество изделия - это совокупность его свойств, характеризующих его способность удовлетворять при эксплуатации требованиям назначения данного изделия.

Надежность - это совокупность свойств, определяющих способность изделия сохранять необходимые значения показателей качества, в течение требуемого времени его эксплуатации и хранения, минимизировать возможность их внезапного выхода за допустимые пределы, а так же сократить время, необходимое для восстановления показателей качества.

В настоящее время наиболее широко используются производственно-технологические методы, которые обеспечивают заранее заданные показатели качества и надежности изделия. Более конкретно к получению деталей с требуемыми, зачастую ранее недостижимыми, свойствами: размерами, конфигурациями, физико-механическими, химическими свойствами и их специфическими распределение по объему детали.

В настоящее время наряду с традиционными методами обработки в распоряжении имеется ряд новых технологических методов. Технологическая сущность таких методов является изменение заготовки, осуществляемое не механическим силовым воздействием обрабатывающего инструмента, а воздействием потока энергии того или иного вида, сконцентрированного на обрабатываемом участке заготовки.

Виды воздействия потока энергии могут быть: электронные и ионные пучки, световое (лазерное) излучение, потоки плазмы, электрические искровые и дуговые разряды в жидких и газообразных диэлектрических средах, микродуговые и дуговые разряды в электролитах, а так же разновидности и комбинации таких воздействий. Использование каждого из таких потоков имеет свою область применения. Все детали, подвергаемые обработке концентрированными потоками энергии, можно разделить на различные группы по их физико-химическим и геометрическим характеристикам. Процессы обработки концентрированными потоками энергии, как и другие методы обработки, независимо от лежащих в их основе физических и химических явлений, направлены на преобразование либо физико-химических свойств заготовки, либо ее геометрических свойств, либо того и другого вместе. Если конфигурация или (и) размеры получаемой детали отличаются от исходной заготовки, то говорят о размерной обработке деталей или об операции формообразования. Если формы и размеры получаемой детали с допустимой точностью совпадают с исходной заготовкой, то имеет место неразмерная обработка. В большинстве операций под воздействием концентрированного потока энергии происходит изменение как объема (массы), так и формы заготовки. Энергия, поступающая в зону формообразования, в общем случае, содержит тепловую, механическую, электрическую, электромагнитную и другие компоненты. Преобразование заготовки за счет локализованной и поглощенной в рабочей зоне энергии происходит путем изменения состояния вещества в этой зоне. В ряде случаев энергоемкость обработки концентрированными потоками энергии оказывается сопоставимой и даже меньшей чем при традиционной обработке резанием. При формообразовании воздействием концентрированных потоков энергии необходимо расширить понятие инструмента. Инструментом следует называть всякую замкнутую область, в которой создаются и поддерживаются заданные параметры физико-химических явлений, определяющие скорости перемещения изменяемых поверхностей зоны обработки заготовки в процессе их изменения. Проблема улучшения показателей технологического процесса, а также специфическое состояние продукта обработки, обусловливает необходимость изучения физико-химического механизма, происходящего при данной обработке.

Основное направление в изучении процессов, происходящих при обработке концентрированными потоками, является составлением познавательных моделей, которые несут в себе количественное и качественное описание процессов, которые происходят при обработке заготовки. Данные модели устанавливают характер взаимосвязи между параметрами, которые определяют ход этого процесса. Математические модели могут быть одномерными или многомерными, сосредоточенными или с распределенными параметрами, с постоянными или переменными величинами. Для каждого конкретного случая строится своя модель, которая устанавливает качественные зависимости технологических показателей от параметров режима обработки. В общем случае, задача проектирования технологического процесса обработки детали концентрированным потоком энергии, независимо от физической природы этого потока, базируется на подготовке исходной информации о детали, заготовке и программе выпуска, а так же сводится к оценке технологичности детали, внесении изменений в его конструкцию, выбору метода маршрута обработки и оценки всех действий, связанных с этим.

## 10. Плазменная обработка

Среда, в которой значительная часть молекул или атомов ионизирована, называется плазмой. Плазма находит технологическое применение, прежде всего, в процессах, которые требуют высокотемпературного концентрированного нагрева значительных зон заготовки. В промышленности широко используется плазменная резка металлов, плазменная наплавка, сварка, напыление тугоплавких металлов, а так же комбинированное воздействие, называемое плазменной механической обработкой. Для получения плазмы, используемой в технологических целях, разработан ряд устройств, называемых плазматронами или плазменными горелками. Наиболее распространены плазмотроны, в которых нагрев газа до температуры образования плазмы осуществляется электрическим дуговым разрядом. Принципиально тот же результат можно достигнуть и при сжигании горючих смесей в обычных горелках, но эффективность таких устройств значительно ниже. Плазмообразующие газы во всех вариантах плазмотронов могут быть различными. В технологических целях применяют, как правило, низкотемпературную плазму, представляющую собой частично ионизированный газ с температурой 103-105 К.

Основными характеристиками плазменного источника энергии является его тепловая мощность, определяемая отношением количества теплоты, вводимой в основной металл, ко времени ее введения, а так же коэффициент сосредоточенности, определяющий распространение теплового потока по поверхности обрабатываемого изделия. При использовании плазменной струи часть энергии расходуется на нагрев анода сопла. Поэтому с энергетической точки зрения более рационально использовать плазменную дугу, чем плазменную струю. Плотность теплового потока у плазменных источников энергии выше, чем у открытой дуги. Нагрев газа в плазматроне приводит к резкому уменьшению плотности газа, за счет чего увеличивается скорость его истечения. Большая скорость потока плазмы при выходе ее из плазматрона позволяет получать значительный газодинамический напор, который растет с увеличением силы тока и может быть использован в различных технологических целях. Нагрев детали и материалов до невысоких температур (ниже точки их плавления) с помощью плазменных горелок используется сравнительно редко. Однако применяется плазменная механическая обработка металлов. Сущность этого метода состоит в том, что при обработке резанием высокопрочных материалов и сплавов перед резцом устанавливается плазматрон, нагревающий узкую зону обрабатываемого материала. Так как при нагреве прочность обрабатываемого материала снижается, а пластичность увеличивается, можно увеличить подачу и глубину резания. Плазменная механическая обработка применяется при изготовлении деталей из жаропрочных сплавов и сталей на базе вольфрама, молибдена и других материалов. Плавка металлов, сплавов, а так же неметаллических материалов с использованием плазменного нагрева получила широкое распространение, так как данный способ отличается высокой стабильностью, простотой и гибкостью технологического процесса. Наиболее распространенной является схема плавки в водоохлаждаемый кристаллизатор. В таких установках обычно выплавляют сложнолегированные сплавы, например, инструментальные стали. Довольно широко используется сварка с использованием плазменных источников, поскольку по сравнению со свободно горящей электрической дугой удается получить большую глубину проплавления, меньшую ширину шва и наиболее узкую зону термического влияния. Процесс идет с большой скоростью при улучшении качества сварного шва. Плазменная наплавка используется для нанесения поверхностных слоев (чаще всего из металлов и сплавов, отличных по составу от материала подложки) с целью повышения эксплуатационных свойств детали. Для наплавки применяют материалы с поверхностной износостойкостью, высокой твердостью, коррозионной и термической стойкостью и др. Возможна многослойная наплавка. Наплавку производят плазменной струей, что дает возможность регулировать глубину проплавления основного металла посредством изменения расстояния между плазматроном и заготовкой. В качестве плазмообразующих газов используется аргон и водород. Плазменной наплавкой упрочняют отдельные детали станков, изготавливают режущие инструменты из обычных углеродистых сталей с наплавкой рабочих лезвий из инструментальных сталей. Плазменное на пыление отличается тем, что наносимый материал нагревается внутри самого плазматрона, а затем насаждается на подложку. Плазменную наплавку применяют для нанесения на стальные подложки меди, бронзы и хромоникелевые сплавы. Металлические покрытия, получаемые с помощью плазменного напыления, чаще всего состоят из вольфрама, молибдена, кобальта, никеля и других металлов и сплавов при достаточно высокой температуре плавления. Напыленные оксидные покрытия отличаются высокой жаростойкостью и сравнительно низкими показателями тепло - и электропроводности. Плазменным напылением получают тонкостенные детали сложной геометрической формы. Материал напыляют на оправки или шаблоны, которые потом могут или растворяться химическим путем или разбираться на части. Плазменной резкой можно разрезать практически любые материалы, тогда как кислородная резка пригодна только для углеродистой стали. Недостатком плазменной резки является то, что толщина разрезания заготовок не превышает 250-300 мм. В качестве плазмообразующих газов при резке используется аргон, азот, водород и их примеси.

## 11. Основы электронно-лучевой обработки

При взаимодействии ускоренных элементов с твердым телом происходит множество процессов, в результате которых наблюдается эмиссия атомных частиц, а свойство самого твердого тела может существенно изменяться. Многие из этих процессов используют на практике в электровакуумных приборах разнообразного типа и назначения. Другая обширная область применения электрических потоков - это использование их в качестве универсального технологического инструмента, позволяющего не только изменять заданным образом свойства обработки материалов, но и весьма тонко контролировать эти изменения. Рассмотрим, какие из физических явлений, сопровождающих электронную бомбардировку, могут быть использованы для этих целей. Закономерности протекания процессов при такой бомбардировке определяются параметрами электронного пучка: энергией электронов, направлением их движения и интенсивностью потока.