**24.03.2020 г.**

**Урок № 64-65**

1. **Технология ручной дуговой наплавки**

**Наплавка** — это процесс нанесения с помощью сварки слоя металла на поверхность изделия для восстановления исходных размеров деталей или создания на её поверхности особых свойств. При этом образует одно целое с основным металлом.

Наибольшее распространение получила ручная дуговая наплавка покрытыми электродами. К её достоинствам относится возможность наплавки практически любого состава. Кроме того, наплавка может проводиться во всех пространственных положениях, а используемое оборудование относительно несложное и недорогое.

**Технология наплавки включает в себя следующие операции:**

1. Подготовка поверхности;
2. Выбор сварочных материалов;
3. Способ выполнения;
4. Контроль качества.

**ПОДГОТОВКА ПОВЕРХНОСТИ**

Наплавка по плохо подготовленной поверхности приводит к непроварам в сварном соединении, образованию пор, раковин и загрязнению его различными неметаллическими включениями. Для предотвращения образования дефектов в сварном соединении и получения качественного сварного шва детали должны быть тщательно очищены и вымыты.

Консистентная смазка и масло удаляется растворителем, ржавчина и грязь — металлической щеткой. Для обеспечения хорошего сплавления металла основы и наплавляемого материала необходимо дуговой строжкой или шлифовкой удалить трещины, оставшееся старое высоколегированное покрытие, а также наклепанную или деформированную поверхность. Трещины, желобки и впадины заплавляются ручной наплавкой, резьба удаляется. Имеющиеся на восстанавливаемых поверхностях пазы, канавки и отверстия, которые необходимо сохранить, заделывают графитовыми или медными вставками.

**ВЫБОР СВАРОЧНЫХ ЭЛЕКТРОДОВ**

В процессе эксплуатации изделия подвергаются следующим видам износа:

**Износ типа «металл по металлу»** — при трении качения и скольжения деталей относительно друг друга с недостаточным количеством смазки или совсем без нее.

**Ударный износ** — при воздействии ударных или сжимающих нагрузок, приводящих к смятию и растрескиванию рабочих поверхностей. Совместный ударно-абразивный износ — при воздействии ударных нагрузок и режущего действия скользящих по инструменту твердых частиц, что приводит к выкрашиванию, растрескиванию и стачиванию рабочих поверхностей.

**Интенсивный абразивный износ** — в результате воздействия сыпучих материалов, приводящего к стачиванию и эрозии рабочей поверхности.

**Коррозионный износ** — в результате коррозионного воздействия окружающей среды, а также вследствие окисления при повышенных температурах.

**Кавитационный износ** — имеет место в гидравлических системах.

**В зависимости от вида износа подбираются наплавочные электроды**

Марок электродов, создающих наплавочный слой с различными характеристиками, обеспечивающими требуемые качества изделий для работы в тех или иных условиях, выпускается большое количество. ОДО «ПромСварка» поставляет наплавочные электроды компаний **LASTEK** и **ESAB** для наплавки изделий с любым видом износа.

**По составу получаемого наплавленного металла, наплавочные электроды можно сгруппировать на:**

1. Сплавы на основе железа (мартенситные, аустенитные и карбидосодержащие);  
2. Сплавы на основе никеля и кобальта.

**1. Сплавы на основе железа** при минимальном содержании углерода лучше всего противостоят износу типа «металл по металлу». При увеличении содержания углерода сплав становится стойким преимущественно к ударному износу.

Максимальное содержание углерода в материале способствует хорошей абразивной стойкости. Увеличение содержания легирующих элементов (при неизменном количестве углерода) в принципе не изменяет эксплуатационные свойства, но улучшает их. Мартенситные материалы успешно противостоят износу типа «металл по металлу», аустенитные (после наклепа) — ударному, железохромоуглеродистые — абразивному.

Карбидосодержащие сплавы обычно содержат карбиды хрома, иногда карбиды вольфрама. Предназначены для наплавки на поверхности, подверженные интенсивному абразивному износу.

**2. Сплавы на основе никеля и кобальта** противостоят большинству видов износа, сохраняя эксплуатационные свойства при высоких температурах (главное их достоинство)

Основными характеристиками электрода каждого типа, являются химический состав наплавленного металла и твердость в рабочем состоянии.

**Наплавка бывает:**

**Восстановительная** – применяется для восстановления первоначальных размеров изношенных или повреждённых деталей.  
Она производится с использованием пластичных трещиностойких электродов, позволяющих наплавлять неограниченное число слоев. Для придания специальных свойств рабочим поверхностям изношенных деталей, при необходимости, последний слой выполняется специальными электродами.

**Поверхностная (износостойкая) наплавка** – используется для получения на поверхности изделия слоя с особыми заданными свойствами (износостойкость, жаростойкость, коррозионностойкость и т.д.). Применяется как для реставрации изношенных, так и для изготовления новых деталей. Обычно осуществляется в один — два, реже в три и более слоя.

**Износостойкая наплавка обычно осуществляется на изделии из:**

— углеродистых и низколегированных сталей  
— аустенитно-марганцовистых сталей.

Наплавка может производиться на плоские, цилиндрические, конические, сферические и другие формы поверхности в один или несколько слоев. Толщина слоя наплавки может изменяться в широких пределах — от долей миллиметра до сантиметров.

**Плоские поверхности наплавляют двумя способами**

**Первый способ** — наплавка валиков с перекрытием друг друга по ширине. Лучшее качество наплавки получается при ширине валика, равной 2,5 диаметра электрода. Для этого амплитуда поперечного колебательного перемещения электрода должна быть равна 1,5-2 диаметрам электрода. Валики следует накладывать так, чтобы каждый последующий перекрывал предыдущий на 1/2- 1/3 своей ширины.

**Второй способ** — укладка узких валиков на некотором расстоянии один от другого. При этом шлак удаляют после наложения нескольких валиков. После этого валики наплавляются и в промежутках.

Во избежание коробления деталей, наплавление рекомендуется проводить отдельными участками, «вразброс», а укладку каждого последующего валика начинать с противоположной стороны по отношению к предыдущему.

**Наплавку деталей, имеющих цилиндрическую или коническую поверхность, выполняют тремя способами**

1. валики наплавляются вдоль образующей цилиндра (продольная наплавка);

2. валики наплавляются по замкнутым окружностям (круговая наплавка);

3. валики наплавляются по винтовой линии.

Шейки валов малых диаметров и значительной длины рекомендуется наплавлять по первому способу. На очищенную поверхность шейки наплавляется валик. После этого деталь поворачивают на 180° и на противоположной стороне наплавляется второй валик. Далее, повернув деталь на 90°, наплавляется третий валик, а через 180° четвертый валик. Затем наплавляется пятый валик, перекрывающий первый, причем перед наложением последующих валиков предыдущие должны быть тщательно очищены от шлака.

При наплавке по окружности деталь должна поворачиваться вокруг своей оси в течение всего процесса наплавки. Для наплавки по этому способу обычно требуется применение приспособлений.

Углеродистые и низколегированные стали магнитны, а аустенитно-марганцовистые немагнитны, поэтому их можно легко отличить с помощью магнита. Рекомендации по наплавке на такие стали прямо противоположны.

При наплавке на углеродистые и низколегированные стали, как правило, нужен предварительный нагрев изделия и медленное охлаждение. Иногда после наплавки применяется термообработка. Параметры этих процессов зависят от содержания углерода и легирующих элементов в металле основы и наплавляемого материала, габаритов изделия.

Нагрев изделия при наплавке должен быть минимальным, при перегреве изделие может стать хрупким.

**КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА**

После окончания наплавки с наплавленного металла удаляют шлак, брызги металла.

Применяется один из методов неразрушающего контроля: визуальный контроль — для определения качества формирования наплавленного металла, наличия трещин, отколов, свищей и других дефектов, выходящих на поверхность наплавленного металла. Непровары и кратеры в наплавленном металле не допускаются, их следует выводить за пределы рабочей наплавляемой поверхности, используя для этой цели выводные планки или заделывать на наплавленном металле.

Все выявленные дефекты должны быть устранены. Переход от наплавленного металла к основному после механической обработки должен быть плавным и ровным, что увеличивает прочность восстанавливаемой детали.

Задание на дом: составить конспект на тему: « Операции, входящие в технологию наплавки»

1. Подготовка поверхности;

2. Выбор сварочных материалов;

3. Способ выполнения;

4. Контроль качества.

25.03.2020 г.

**Урок № 66**

**Тема: Разработка технологического процесса наплавки**

Технологический процесс наплавки регламентирует номенклатуру, последовательность операций и переходов, с помощью которых осуществляется восстановление изношенных деталей.

Порядок выполнения и объем работ по восстановлению деталей типа тел вращения (колесные центры, валики рессорного подвешивания и др.) определяются в соответствии с техническими указаниями по ремонту, утвержденными МПС [1, 2].

Основные этапы разработки технологического процесса наплавки:

* выбор способа подготовки детали к наплавке;
* выбор наплавочных материалов;
* расчет параметров режима наплавки;
* выбор оборудования;
* выбор приспособлений;
* выбор метода контроля наплавки;
* определение технико-экономической эффективности разработанной технологии наплавки.

Детали, подлежащие восстановлению, очищают от грязи, масла, ржавчины, краски, после чего их сортируют и определяют возможность и целесообразность восстановления наплавкой.

Для удаления загрязнений используют механические и химические способы очистки металла. При механическом способе применяют легкие малогабаритные переносные машины с электрическим или пневматическим приводом, с помощью которых очистка деталей осуществляется вращающимися стальными щетками или абразивными кругами.

Одним из химических способов очистки является обезжиривание. Выбор способа обезжиривания зависит от формы и размеров детали. Наиболее часто для обезжиривания восстанавливаемой поверхности применяют органические растворители (бензин, керосин, ацетон и др.) или щелочные вещества.

Достаточно эффективными способами удаления минеральных масел с деталей являются электрическое обезжиривание в ванне и обжиг газопламенной горелкой, паяльной лампой или в нагревательных печах.

После очистки определяют размер и характер износа детали, наличие трещин, вмятин, наклепа и т. д.

Перед наплавкой имеющиеся на восстанавливаемой поверхности детали отверстия, пазы и канавки, которые требуется сохранить, заделывают медными, графитовыми или угольными вставками. Поверхности детали, которые необходимо защитить от брызг расплавленного металла, закрывают сухим или мокрым асбестом.

Техника выполнения наплавочных работ определяется способами наплавки.

При проектировании технологического процесса восстановления детали наплавкой необходимо учитывать одно из свойств металла – свариваемость. Большинство углеродистых и легированных сталей имеет хорошую свариваемость. Классификация сталей по группам свариваемости приведена в табл. 1.

Таблица 1

Классификация сталей по группам свариваемости и

примеры распределения сталей по этим группам

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Группа  свариваемости | Свариваемость | Особенности технологии сварки сталей и примеры их марок |
| I | Хорошая | Свариваются любыми способами. Ст1 – Ст4 всех степеней раскисления, 08 – 30, 15К, 20К, 15Г, 15Х, 20ХГС, 12ХН2, 20ГФЛ, 12Х18Н10Т |
| II | Удовлетвори-тельная | При сварке требуется строгое соблюдение режимов сварки, в некоторых случаях – предваритель­ный и сопутствующий подогрев и термообработка. Ст5сп, Ст5Гсп, 30, 35 |
| III | Ограниченная | Стали в обычных условиях сварки склонны к образованию трещин, перед сваркой их подвергают термообработке и подогреву с последующим отпуском после сварки. Ст6пс, 40, 45, 50, 35ХМ, 17Х18Н8Т, 2Х18Н9 |
| IV | Плохая | Качество сварных соединений пониженное. Швы склонны к образованию трещин. При сварке применяют сложные технологические приемы, обязательный подогрев, предваритель­ную и последующую термообработку. 60Г, 65Г, 50ХН, 50ХГ, 55С2, 65 – 85, 60С2, 9Х, У7 – У13 |

2. Расчет режима ручной дуговой наплавки

Для восстановления деталей подвижного состава в условиях локомотивных и вагонных депо, а в отдельных случаях и на ремонтных заводах широко применяется ручная дуговая наплавка, так как ремонт деталей носит мелкосерийный характер. При расчете режима наплавки необходимо знать основные параметры процесса

Выбор состава наплавленного металла зависит от условий работы детали и вида износа восстанавливаемой поверхности. Большинство деталей подвижного состава работает в условиях трения металла о металл при нормальной температуре. Для их восстановления применяют наплавку низкоуглеродистой и низколегированной стальной проволокой. Главная цель наплавки – восстановление размеров и свойств детали до уровня первоначальных значений. Твердость наплавляемого слоя зависит от твердости детали, с которой взаимодействует в процессе работы восстанавливаемая деталь, кроме того, после наплавки деталь подвергают механической обработке, поэтому твердость наплавленного металла не должна превышать НВ400.

При ручной дуговой наплавке деталей подвижного состава, которые не требуют высокой твердости и износостойкости, используются электроды для ручной дуговой сварки конструкционных сталей (ГОСТ 9467-75). Для наплавки деталей, изготовленных из сталей 40, 40Х, 45, Ст5 и других, работающих в условиях интенсивных ударных нагрузок (осей, валов, автосцепок, железнодорожных крестовин, рельсов и др.), применяются электроды для наплавки поверхностных слоев с особыми свойствами (ГОСТ 10051-75). Характеристики наиболее распространенных марок электродов, применяемых при ручной дуговой наплавке, приведены в табл. 2.

Таблица 2

Характеристика наиболее часто применяемых при сварке электродов

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Тип  электрода | Марка  электрода | Твердость слоя, НВ/HRC | Коэффициент | |
| наплавки, г/А⋅ч | расхода |
| Э42 | АНО-1 | 120 – 140 | 14 – 16 | 1,5 |
| Э46 | МР-3 | 140 – 200 | 8,5 – 9,0 | 1,7 |
| Э46А | УОНИИ-13/45 | 140 – 200 | 8,5 | 1,6 |
| Э55 | УОНИИ-13/55 | 140 – 210 | 8,5 – 9,0 | 1,7 |
| Э10Г2 | ОЗН-250У | 250/25 | 8,5 – 9,0 | 1,7 |
| Э11Г3 | ОЗН-300У | 300/32 | 8,5 – 9,0 | 1,7 |
| Э12Г4 | ОЗН-350У | 350/37 | 8,5 – 9,0 | 1,7 |
| Э15Г5 | ОЗН-400У | 400/41 | 8,5 – 9,0 | 1,7 |

Толщина наплавленного слоя выбирается с учетом износа и припуска на последующую механическую обработку:

δн = δиз + δ0, (1)

где δиз – износ, мм;

δ0 – припуск на последующую механическую обработку, мм.

Ручная наплавка производится широким валиком с амплитудой поперечного перемещения от двух до четырех диаметров электрода:

b = (2 – 4)dэл. (2)

Такой прием увеличивает ширину валика, способствует замедлению охлаждения сварочной ванны, что уменьшает возможность появления непроваров, шлаковых включений и пор. Валики накладываются после удаления шлака так, чтобы каждый последующий перекрывал предыдущий на 1/2 – 1/3 его ширины Поверхность наплавки получается ровной, припуск на механическую обработку составляет 2 – 3 мм. При значительном износе детали наплавка производится в несколько слоев.

Соотношения между толщиной наплавленного слоя, рекомендуемым диаметром электрода и числом слоев наплавки при ручной дуговой наплавке приведены в табл. 3.

Таблица 3

Соотношение параметров восстанавливаемой детали

при наплавке металлическими электродами

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Параметр наплавки | Значение параметра | | |
| Толщина наплавленного слоя, мм | До 1,5 | До 5 | Более 5 |
| Диаметр электрода, мм | 3 | 4 – 5 | 5 – 6 |
| Количество слоев наплавки | 1 | 1 – 2 | Более 2 |

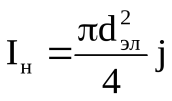
При восстановлении плоских и полых деталей необходимо учитывать толщину стенки детали (табл. 4).

Соотношение между толщиной стенки детали и диаметром электрода

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Толщина детали, мм | 1 – 3 | 3 – 5 | 4 – 10 | 12 – 24 | Более 30 |
| Диаметр электрода, мм | 2 – 3 | 3 – 4 | 4 – 5 | 5 – 6 | 6 – 7 |

При ручной дуговой наплавке изношенных поверхностей небольших деталей подвижного состава рекомендуется применять электроды диаметром 3 – 5 мм, крупногабаритных деталей – до 6 мм.

Значение тока наплавки выбирают на основании рекомендаций, помещенных в паспортах электродов и справочных таблицах, или рассчитывают по эмпирической формуле:

, (3)

где j – плотность тока, А/мм2.

Допускаемую плотность тока наплавки выбирают по данным табл. 5 в зависимости от вида электродного покрытия и диаметра электрода.

Ориентировочно значение тока при ручной дуговой наплавке определяют по формуле: Iн = (20 + 6dэл)dэл. (4)

Таблица 5

Допускаемая плотность тока

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Вид покрытия  (марки электродов) | Плотность тока, А/мм2, при диаметре электрода, мм | | | |
| 3 | 4 | 5 | 6 |
| Кислое (СМ-5, ЦМ-7), рутиловое (АНО-1, ОЗС-4) | 14 – 20 | 11,5 – 16 | 10 – 13,5 | 9,5 – 12,5 |
| Основное (УОНИ-13/45,  УОНИ-13/55, ЦУ-1, СМ-11) | 13 – 18,5 | 10 – 14,5 | 9 – 12,5 | 8,5 – 12 |

Значение напряжения дуги определяют по справочным данным или рекомендациям сертификатов, которыми сопровождаются все марки электродов. Для большинства марок электродов, используемых при наплавке углеродистых и легированных конструкционных сталей, рекомендуется выбирать напряжение дуги в пределах 20 – 32 В.

Особенностью ручной дуговой наплавки является возможность ведения процесса более короткой дугой, длина которой определяется по формуле, мм:

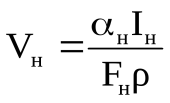
lд = (0,5 – 1,1)dэл. (5)

Длина дуги влияет на качество наплавленного слоя и его геометрическую форму. При длинной дуге ослабляется защита сварочной ванны, металл валика интенсивно насыщается кислородом и азотом воздуха, увеличивается разбрызгивание металла и в восстановленном слое могут возникать поры.

Точное значение применяемого напряжения дуги в зависимости от тока рассчитывают по формуле, В:

Uд = 20 + 0,04Iн. (6)

Скорость наплавки, м/ч,

, (7)

где αн – коэффициент наплавки (см. табл. 3), г/А⋅ч;

Fн – площадь наплавленного слоя одного прохода, мм2;

ρ – плотность металла шва, ρ = 7,8 г/см3.

Площадь поперечного сечения наплавленного валика, мм2,

Fн = δнSа, (8)

где а – коэффициент, учитывающий отклонение площади наплавленного валика от площади прямоугольника, а = 0,6 – 0,7.

Скорость наплавки можно не рассчитывать, так как она устанавливается сварщиком вручную при обеспечении размерных параметров наплавленного валика.

При выборе рода тока следует учитывать экономические и эксплуатационные преимущества переменного тока перед постоянным. Однако в некоторых случаях использование переменного тока при наплавке электродами УОНИ-13, ОЗН не допускается. Так, характер наплавочных работ обусловливает необходимость получения слоя наплавленного металла за счет возможно большего количества электродного металла при минимальной глубине проплавления основного металла, поэтому для наплавочных работ следует предпочесть постоянный ток и вести наплавку на обратной полярности, обеспечивающей более высокую производительность процесса и меньшую глубину проплавления поверхности детали. Марка источника питания выбирается по справочнику [3].

Соотношение диаметра электрода и толщины наплавляемого слоя при наплавке плоских деталей

в зависимости от рода тока

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Толщина слоя, мм | Диаметр электрода, мм | Род тока |
| 2 – 3 | 2 | Постоянный |
| 3 – 4 | 2 | Постоянный и переменный |
| 4 – 5 | 3 – 4 | То же |
| 5 – 6 | 4 – 5 | » |

Таблица 8

Соотношение диаметра электрода и толщины

наплавляемого слоя при наплавке цилиндрических деталей

в зависимости от их диаметров

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Толщина слоя, мм | Диаметр электрода, мм | Диаметр детали, мм |
| 1,5 – 2,5 | 1,2 | 50 – 80 |
| 1,5 – 2,5 | 1,6 | 90 – 100 |
| 1,5 – 2,5 | 2,0 | 100 – 150 |
| 1,5 – 2,5 | 2,58 | 160 – 250 |
| 2,0 – 3,0 | 3,0 | 260 – 350 |
| 2,0 – 3,0 | 4,0 | 400 – 600 |
| 2,0 – 3,0 | 5,0 | 700 – 900 |

Наплавку можно производить на плоские, цилиндрические, конические, сферические и другие поверхности в один или несколько слоев. Слой наплавки может изменяться по толщине от долей миллиметра до сантиметров. При наплавке слоев с заданными свойствами, как правило, химический состав наплавленного металла значительно отличается от основного металла. В связи с этим при наплавке необходимо выполнять ряд технологических требований. Основным из них является минимальное разбавление наплавленного слоя основным металлом, расплавляемым при наложении валиков. Поэтому при наплавке нужно обеспечить получение наплавленного слоя с минимальным проплавлением основного металла. В противном случае увеличивается доля основного металла в формировании наплавленного слоя, он вызывает ненужное разбавление наплавленного металла расплавляемым основным. Необходимо также обеспечить минимальную зону термического влияния и минимальных напряжений и деформаций. Это достигается путем уменьшения глубины проплавления регулированием параметров режима, погонной энергии, увеличением вылета электрода, использованием широкой электродной ленты и другими технологическими приемами.

Существуют различные приемы нанесения наплавленного слоя: ниточными валиками с перекрытием один другого на 0,3...0,4 их ширины, широкими валиками, полученными за счет поперечных к направлению оси валика колебаний электрода, электродными лентами и др.

Расположение валиков с учетом их перекрытия *tn* характеризуется шагом наплавки (рис. 5.62).

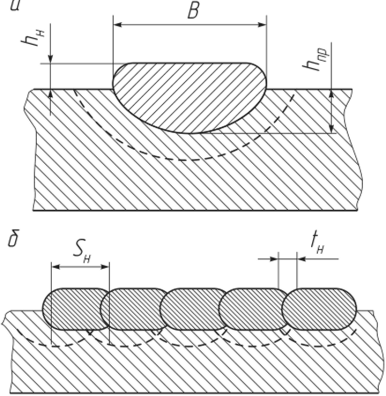


Рис. 5.62. **Схема наплавки слоев:**

*В —* ширина валика; *hn* — высота наплавки; *h*nр — глубина проплавления; 5Н — шаг наплавки

Наплавку криволинейных поверхностей тел вращения производят тремя способами (рис. 5.63): по образующей тела вращения, по окружности и по винтовой линии. ***Наплавку по образующей*** осуществляют отдельными валиками, как при наплавке плоских поверхностей. ***Наплавку по окружностям*** также выполняют отдельными валиками до полного замыкания их начального и конеч- ного участков со смещением на определенный шаг вдоль образующей линии. Деталь при наплавке по винтовой линии вращается непрерывно, а источник нагрева перемещается вдоль оси заготовки со скоростью, при которой одному ее обороту соответствует смещение источника, равное шагу наплавки. При наплавке тел вращения следует учитывать возможность стекания расплавленного металла в направлении вращения заготовки. В этом случае источник нагрева нужно смещать в сторону, противоположную направлению вращения, учитывая при этом длину сварочной ванны и диаметр изделия (рис. 5.64).

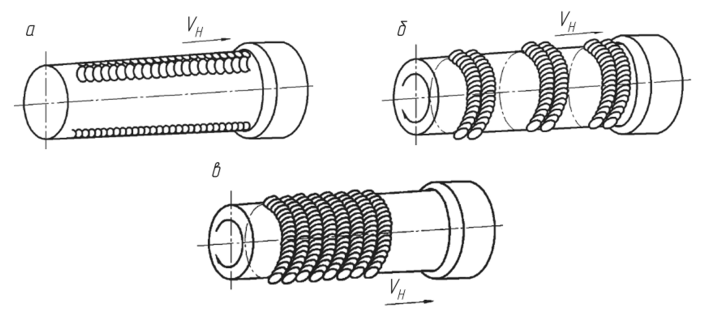


Рис. 5.63. Наплавка тел вращения: *а* — по образующей; *б* — по окружности; *в* — по винтовой линии

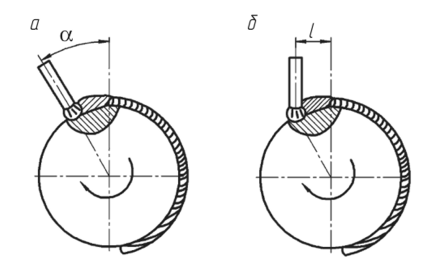


Рис. 5.64. Смещение электрода при наплавке тел вращения: *а* — наклонно расположенный электрод; *б* — вертикально расположенный электрод

Наплавку деталей из средне- и высокоуглеродистых, легированных и высоколегированных сталей часто выполняют с предварительным нагревом, а также с последующей термообработкой для снятия внутренних напряжений. Термообработку (отжиг) часто производят после наплавки для снижения твердости перед последующей механической обработкой наплавленного слоя. Для наплавки в основном применяют способы дуговой и электрошлаковой сварки. При выборе рационального способа и технологии наплавки необходимо учитывать условия эксплуатации наплавленного слоя и экономическую эффективность процесса.

Задание на дом: составить технологический процесс наплавки электрической дугой.