

шпонке 9. Под диском пилы расположена вспомогательная переносная стойка 10, в вилке которой установлен поддерживающий ролик 11. Скорость вращения ролика с резиновым кольцом, а следовательно, и диска пилы можно регулировать в широком диапазоне за счет изменения числа оборотов патрона 5. Скорость вращения диска также можно регулировать изменением расстояния от приводного ролика до оси диска пилы. При помощи специального зажима на станке укрепляют обычную сварочную горелку с наконечником № 6. Зажим позволяет регулировать расстояние между горелкой и поверхностью зубьев диска пилы. На закалочном станке с подобным приспособлением можно обрабатывать диски пил различных диаметров. Режим термической обработки диска, состоящий из закалки и отпуска, приведен выше (см. табл. X.10).

Опыт показывает, что в результате газопламенной поверхностной закалки в несколько раз повышается срок службы быстрознашивающихся деталей (табл. X.12).

Вследствие этого значительно сокращаются периодические ремонты и простои оборудования, что дает большую экономию. Так, по данным Днепровского металлургического завода им. Дзержинского, экономический эффект от внедрения кислородно-ацетиленовой закалки составляет около

400 тыс. руб. в год. Аналогичные данные можно привести и по другим заводам.

Библиографический список

Готлиб А. И. Основы технологии пламенной поверхностной закалки. М., Машгиз, 1948. 125 с. с ил.

Елизаветин М. А., Сателъ Э. А. Технологические способы повышения долговечности деталей машин. М., «Машиностроение», 1964. 439 с. с ил.

Коровин А. И. Газопламенная поверхностная закалка. М., Машгиз, 1960. 115 с. с ил.

Коровин А. И. Типовая технология пламенной поверхностной закалки. М., ЦИНТИхиммаш, 1967. 105 с. с ил.

Лепеха А. Е. Пламенная поверхностная закалка стали. М.—Киев, Машгиз, 1955. 120 с. с ил.

Методы повышения долговечности деталей машин. М., «Машиностроение», 1971. 272 с. с ил. Авт.: В. Н. Ткачев, Б. М. Фиштейн, В. Д. Власенко, В. А. Уланов.

Родзевич П. И., Никберг И. М., Барац А. И. Упрочнение деталей металлургического оборудования. М., Металлургиздат, 1963. 343 с. с ил.

Тылкин М. А. Повышение долговечности деталей металлургического оборудования. М., «Металлургия», 1971. 608 с. с ил.

Глава XI

ИЗНОСОСТОЙКАЯ НАПЛАВКА ДЕТАЛЕЙ МАШИН

1. Назначение наплавки

Из всех способов восстановления и повышения износостойкости деталей машин наплавка получила наибольшее распространение. При этом способе можно сравнительно быстро получить слой наплавленного металла значительной толщины, что особенно существенно при восстановлении изношенных деталей.

Сущность процесса наплавки состоит в расплавлении присадочного металла теплом газового пламени, электрической дуги или других источников тепла и соединении его с основным металлом детали. Для стабилизации процесса наплавки, легирования наплавленного слоя и очистки его от загрязнений электрод (присадочный материал) обычно покрывают специальными обмазками или же наплавку осуществляют под слоем флюса или в среде защитного газа. Широкое применение наплавки для повышения износостойкости и при ремонте де-

талей машин объясняется гибкостью и простотой этого метода, возможностью наносить на поверхность изделия материалы любого химического состава и физико-механических свойств с помощью электродной проволоки, флюса, электродного покрытия и др. Благодаря этому наплавкой можно создать на поверхности изделия слой наплавленного металла, обладающий высокой сопротивляемостью изнашиванию при комнатной и повышенной температурах, высокой твердостью или жаропрочностью, способностью сопротивляться термической усталости и сохранять длительную стойкость в условиях агрессивной среды; слой, характеризующийся высокой стойкостью против кавитационного разрушения, струйного и абразивного износа.

В зависимости от условий эксплуатации деталей машин, вида изнашивания, степени динамичности действующей нагрузки и других факторов применяют различные наплавочные материалы (табл. XI.1).

Т а б л и ц а X I . 1

Сведения о применении наплавочных материалов

Вид изнашивания и степень динамичности нагрузки	Наименование типовых наплавляемых деталей	Наплавочные материалы
Абразивное изнашивание без ударных нагрузок	Стволы пескометов, лопасти глиносмесителей и тягловых машин, ковши землечерпалок и роторных пескометов, шнеки, бункера, рудные течки и приямки, грязевые насосы, ножи для съема агломерата и др.	Т-590, Т-620, КБХ-45, ПП-АН125, чугунная лента, ХР-19, 13КН/ЛИВТ, БХ-2, ПЛ-У40Х38ГЗРТЮ, ЭТН-5, ПЛ-АН102, Х-5, ПЛ-АН172, ЭТН-4 (релит)
Абразивное изнашивание при незначительных ударных нагрузках	Отвалы и ножи бульдозеров, лопатки (ножи) грунтосмесительных машин, ковши землечерпалок, катки, ведущие шестерни, ножи бурильных машин, детали грязевых насосов, ковшовые цепи экскаваторов, приемные бункера и течки камнедробильных установок, детали ленточных прессов, козырьки черпаков, лемеха плугов, лапы культиваторов и др.	ПП-У10Х4Г2Р-0, ПЛ-У10Х7ГР, ЭН-60М, ВСН-8, сталинит М (порошкообразная смесь), ПП-АН131, сплавы на основе никеля, содержащие бориды и карбиды, ВИСХОМ-9, ВИСХОМ-10, ЭТН-2, Т-268, ПЛ-АН111
Абразивное изнашивание с умеренными ударными нагрузками	Зубья роторных экскаваторов, козырьки черпаков, зубья и ковши одноковшовых экскаваторов, ножи автогрейдеров, скреперов и фрезерных канавокопателей, колеса землесосов, пики отбойных молотков, била для размола сланца, зубья кирковщиков, зубья головки буровых штанг, прессформы для изготовления огнеупорного кирпича, долота для канатно-ударного бурения, била роторных дробилок, челюсти дробилок, зубья сегментов угледробилок, кулачки звездочек агломерационных дробилок, лопатки шлакосмесителей агломерационных фабрик, шарошки буровых долот и др.	ОЗИ-1, сормайт 1, сормайт 2 с термической обработкой, ОЗН-350, ПЛ-У30Х30ГЗТЮ, ПЛ-У25Х25ГЗФ2РН, ПЛ-АН101, ОЗН-400, ВСН-6, ГН-1, ЦН-5, ЦН-11, ЛМ-70Х3МН
Абразивное изнашивание при больших ударных нагрузках	Резцы машин для мерзлых грунтов, зубья роторных машин с большой скоростью резания, зубья ковшей экскаваторов, била дробилок ударного действия, била шахтных мельниц, бандажи валковых дробилок, конусы и щеки дробилок, лопатки дробетных аппаратов, долота ударного бурения, черпаки драг и др.	ОМГ (для 110Г13Л), ОМГН, сормайт 2 (ЦС-2) (без термической обработки), ПЛ-У25Х25ГЗФ3, МВТУ-1, МВТУ-2, ЦН-10, ЭТН-1, 12АН/ЛИВТ
Гидроабразивное изнашивание	Рабочее колесо и другие детали землесосов, диафрагмы и рабочие колеса насосов, ковши землечерпалок, пульпопроводы, улитка насосов, водяные колеса, лопасти и камеры гидротурбин, детали земснарядов, детали углесосов, различные детали насосного и трубопроводного оборудования	Сталилит М (порошкообразная смесь), сормайт 1 (ЦС-1), ЛМ-20Х10Г10Т
Изнашивание схватыванием 1-го рода	Ковшовые цепи экскаваторов, проушины траков гусеничных машин, задние оси конических роликов, оси катков мостового крана, оси роликов роторных экскаваторов, оси рабочих колес землесосов и др.	ОЗН-400, ЦН-5, Ш-1, ЭН-40
Изнашивание схватыванием 2-го рода	Гильзы автотракторных строительно-дорожных машин, ковочный, штамповый и обрезной инструмент, штампы горячей штамповки, подшипники скольжения и шины силовых валов, цилиндры тепловых машин и др.	ЦШ-1, Х-5, ЦН-4, НЖ-3, Ш-16
Окислительное изнашивание	Рабочие поверхности измерительных инструментов	ЭН-60М, 13КН/ЛИВТ, Ш-7

Вид изнашивания и степень динамичности нагрузки	Наименование типовых наплавляемых деталей	Наплавочные материалы
Осповидное изнашивание	Ведущие шестерни бурильных машин, бандажи валковых дробилок, подшипники качения силовых валов, концы рельсов, крестовины, катки бурильных машин и др.	К-2-55, ОЗН-250, ОЗН-300, ОЗН-350, ЦН-350
Коррозионное изнашивание	Уплотнительные поверхности арматуры котлов и трубопроводов, нефтяной арматуры и других деталей, работающих при нормальной и повышенной температуре в агрессивных средах	ЦН-6, ЦН-8, ЦН-7, ЛМ-25Х25Н16Г7Т, ЦН-2, ЦН-1, ЦН-3

2. Способы наплавки

На рис. XI.1 представлена условная классификация способов наплавки. К основным видам наплавки относят электродуговую, газовую, электрошлаковую, плазменную, индукционную. В последнее время все большее распространение получают печная наплавка и электроискровое легирование поверхностного слоя деталей машин.

Ручная электродуговая наплавка

Ручную электродуговую наплавку выполняют на постоянном или переменном токе штучными неплавящимися или плавящимися электродами. В качестве неплавящегося электрода чаще всего используют графитовые (угольные) стержни. На наплавляемую поверхность наносят слой наплавочной смеси или пасты соответствующего состава и расплавляют его теплом дуги. Толщина наплавленного слоя обычно составляет 1—3 мм. Угольным электродом по слою смеси или пасты наплавляют преимущественно плоские поверхности. Более распространена наплавка плавящимися покрытыми электродами. При наплавке стремятся получить небольшое проплавление основного металла, поэтому ее выполняют на малых токах. Благодаря простоте и маневренности ручную наплавку плавящимся электродом широко применяют для восстановления и упрочнения деталей сложной формы и различного инструмента.

Недостатками ручной наплавки являются низкая производительность (1—3 кг/ч), тяжелые условия труда, снижение усталостной прочности наплавленных деталей. Поэтому в большинстве случаев предпочтение отдается механизированной наплавке.

Механизированная электродуговая наплавка под флюсом

Достоинствами механизированной наплавки являются: непрерывность процесса, достигаемая в результате использования электродной проволоки или ленты в виде больших мотков; подвод тока к электроду на минимальном расстоянии от дуги, позволяющей применять токи большой силы без перегрева электрода; использование

специальных устройств для подачи электродного металла в дугу и механизмов для перемещения дуги или наплавляемого изделия.

Из всех способов механизированной наплавки наибольшее распространение получила механизированная наплавка под флюсом. Схема процесса наплавки под флюсом представлена на рис. XI.2. Электродная проволока 1 непрерывно с постоянной скоростью подается в дуговой промежуток. Подвод тока к проволоке осуществляется в непосредственной близости от дуги при помощи эксцентрично укрепленной втулки 2. В дуге 3 проволока плавится. Капли металла, пройдя дуговой промежуток, смешиваются с расплавленным металлом изделия 4 и образуют сварочную ванночку 5. После кристаллизации получается наплавленный валик 6, покрытый шлаковой коркой 7 и не расплавившимся флюсом 8. При наплавке вращающегося изделия избыток флюса ссыпается, а остывшая шлаковая корка удаляется перед тем, как данный участок снова приблизится к дуге.

Флюс насыпается слоем 50—60 мм, создаваемом при этом небольшого статического давления на жидкий металл достаточно, чтобы устранить его разбрызгивание и нарушение формирования шва даже при больших токах. Благодаря совершенной защите формируется однородный наплавленный металл, свободный от пор и раковин. Наплавленная поверхность гладкая с плавным переходом от валика к валику.

Однако рост производительности при одноэлектродной наплавке под флюсом за счет увеличения сварочного тока не всегда возможен. При повышении сварочного тока увеличиваются глубина проплавления основного металла и длина сварочной ванны; в результате могут появиться прожоги при наплавке тонкостенных деталей, нежелательное разбавление легированного наплавленного металла основным и стекание жидкого металла и шлака при наплавке цилиндрических деталей. Поэтому наряду с одноэлектродной наплавкой под флюсом применяют и другие разновидности этого вида наплавки: наплавку электродной лентой, многоэлектродную и многодуговую наплавку, наплавку с поперечным колебанием электрода (рис. XI.3).

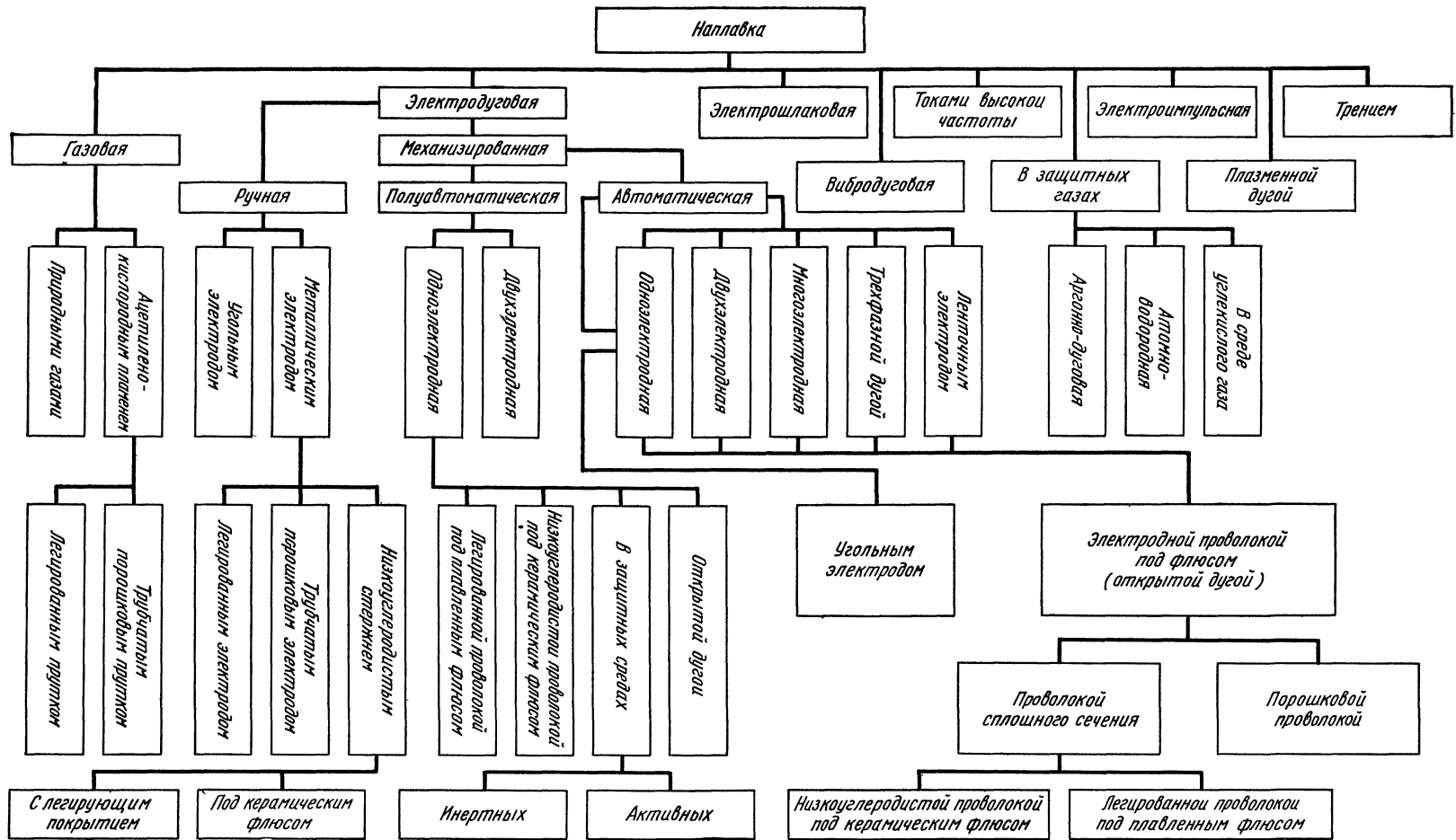


Рис XI 1 Условная классификация способов наплавки

При наплавке электродной лентой достигаются малая глубина проплавления основного металла и возможность наплавить за один проход валик шириной до 100 мм. При многоэлектродной наплавке в зону дуги одновременно подаются несколько электродов,

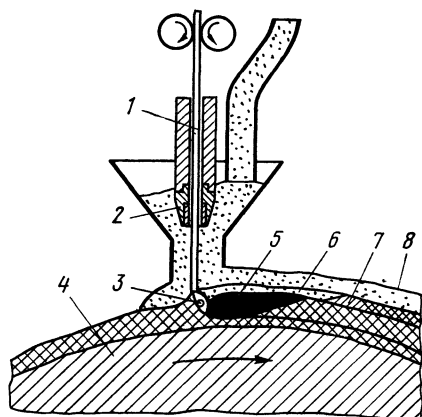


Рис. XI.2. Схема процесса механизированной наплавки под флюсом

подключенных к одному полюсу источника сварочного тока. Электроды располагают в линию перпендикулярно движению наплавочного аппарата. Дуга периодически перемещается с одного электрода на другой; при этом образуется общая сварочная ванна с небольшой глубиной проплавления основного металла и формируется широкий валик. Повышение производительности при наплавке лентой и несколькими электродами достигается за счет применения большого тока без опасности увеличения глубины проплавления и в результате формирования широких валиков.

При многодуговой наплавке применяется одновременно несколько наплавочных аппаратов или один аппарат с изолированными друг от друга несколькими электродами; каждый электрод питается от отдельного источника тока. Каждая дуга формирует свой валик, общая ванна не образуется.

В этом случае производительность наплавки повышается за счет применения нескольких сварочных дуг сравнительно небольшой мощности.

Механизированная наплавка открытой дугой и в защитных газах

При наплавке деталей сложной формы возможность наблюдения за дугой и управления ею имеют большое значение. Наплавка под флюсом, несмотря на ряд достоинств, исключает визуальное наблюдение за формированием валиков, часто требует использования различных флюсоудерживающих и формирующих устройств. Кроме того, при наплавке деталей малого диаметра, глубоких внутренних поверхностей и ряда высоколегированных сплавов затруднено удаление шлаковой корки. Все эти недостатки устраняются при применении механизированной наплавки открытой дугой и наплавки в защитных газах.

Наплавка открытой дугой — это электродуговая наплавка плавящимся электродом, осуществляемая без подачи защитного газа или флюса. Она может быть автоматической или полуавтоматической. При полуавтоматической наплавке используют полуавтомат, в котором электродная проволока подается в зону дуги из катушки по гибкому шлангу. При наплавке открытой дугой в качестве электрода используется порошковая проволока. Для защиты металла от кислорода и азота воздуха в сердечник порошковой проволоки вводят, кроме легирующих элементов, газо- и шлакообразующие компоненты и раскислители. Поэтому нет необходимости применять дополнительную защиту металла газом или флюсом. Образующаяся на поверхности валиков тонкая пленка шлака не мешает наложению очередных валиков, а это значит, что нет необходимости в непрерывном удалении шлаковой корки. При наплавке крупных деталей вместо порошковой проволоки используют порошковую ленту; при этом повышается производительность. Иногда для наплавки открытой дугой используют голую легированную проволоку, содержащую в небольших количествах редкоземельные элементы.

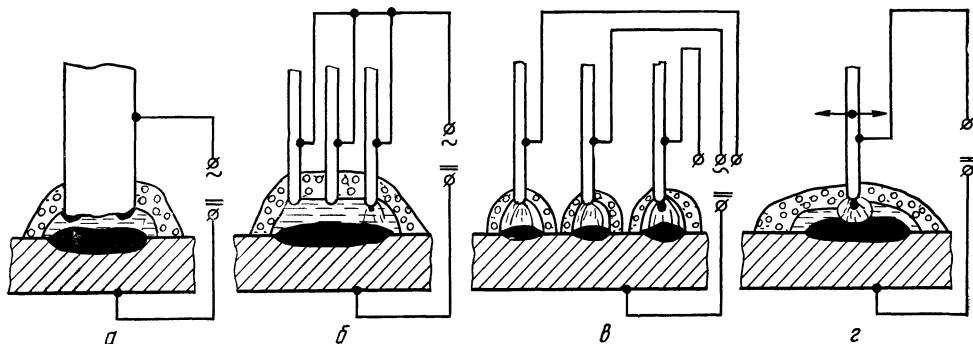


Рис. XI.3. Наплавка под флюсом:

а — электродной лентой; б — многоэлектродная; в — многодуговая; г — с поперечным колебанием электрода

Наплавку в защитных газах чаще выполняют плавящимся электродом. В качестве защитных газов используют углекислый газ, аргон, азот. Применяют и наплавку неплавящимся электродом в среде аргона или гелия. Присадочный материал в виде проволоки подается специальным устройством под прямым углом к электроду. При этом основной металл проплавляется на малую глубину. По скорости плавления проволоки наплавка в углекислом газе не уступает наплавке под флюсом. Однако производительность наплавки в углекислом газе ниже из-за больших потерь металла в результате разбрызгивания (от 5 до 15%). Брызги металла налипают на токопроводящий мунштук и сопла, что затрудняет подачу проволоки и газа. На разбрызгивание металла существенное влияние оказывают состав электродного металла, электрические характеристики источников питания сварочной дуги, режим наплавки. Например, при введении в порошковую проволоку титана разбрызгивание металла уменьшается. Установлено, что лучшие результаты достигаются при использовании в качестве источников питания дуги генераторов с жесткой внешней характеристикой.

Вибродуговая наплавка

Схема процесса вибродуговой наплавки показана на рис. XI.4. Характерной особенностью этого способа наплавки является применение вибрирующего плавящегося электрода. Электрод в виде голый проволоки подается в дугу специальным аппаратом, который обеспечивает вибрацию электрода вдоль его оси. В результате процесс состоит из циклов, в каждом из которых происходят: замыкание электрода по наплавляемой поверхности; размыкание и образование дуги; подача электрода к изделию до замыкания. Длительность циклов определяется главным образом частотой вибрации электрода и практически не зависит от других факторов. Перенос металла осуществляется преимущественно при коротком замыкании, т. е. в каждом цикле, что позволяет изменением частоты вибрации управлять процессом переноса металла. Увеличивая частоту вибрации, можно добиться принудительного переноса металла мелкими порциями при сравнительно малых плотностях тока на электроде. Это способствует хорошему формированию тонких слоев и узких валиков. Частота вибрации электрода обычно составляет 30—100 пер/с, а размах 0,75—1 диаметра электрода. Более широко применяют вибродуговую наплавку с подачи в дугу или на валик охлаждающей жидкости (4—5%-ный раствор кальцинированной соды).

Непрерывное охлаждение и прерывистый характер процесса уменьшают зону термического влияния и деформации наплавляемой детали, а также способствуют закалке наплавленного металла. Благодаря вибрации электрода удается вести устойчивый процесс на малых токах и напряжении дуги, т. е. при небольших размерах сварочной ванны. Эти особенности вибродуговой на-

плавки определили наиболее рациональные области ее применения: восстановление деталей малого диаметра, тонкостенных деталей, когда можно нанести равномерный тонкий слой металла при минимальной деформации детали. В то же время твердость наплавленного металла при вибродуговой наплавке получается неравномерной, в нем имеются мелкие газовые поры и трещины.

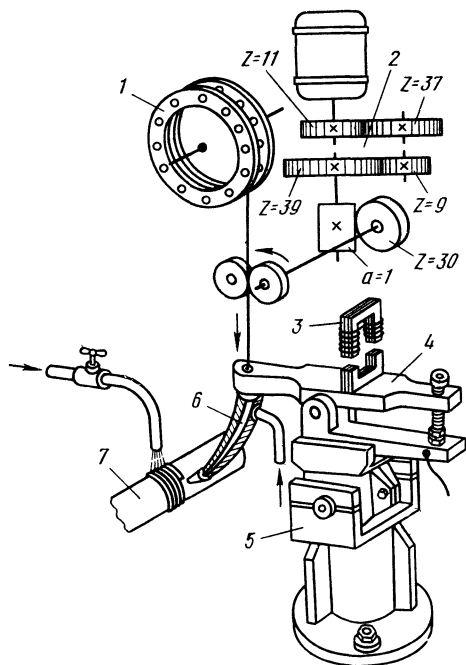


Рис. XI.4. Схема вибродуговой наплавки:

1 — катушка с электродной проволокой; 2 — механизм для подачи проволоки; 3 — электромагнитный вибратор; 4 — вибрирующий рычаг; 5 — опорный узел; 6 — хоботок; 7 — изделие

Поэтому детали, испытывающие циклическую и динамическую нагрузку, например коленчатые валы двигателей, восстанавливать вибродуговой наплавкой нецелесообразно. Производительность вибродуговой наплавки мала (0,5—3 кг/ч), поэтому восстанавливать этим способом крупные детали с большим износом не рекомендуется.

Электрошлаковая наплавка

Схема процесса электрошлаковой наплавки приведена на рис. XI.5. В пространстве, образованном наплавляемой поверхностью 6 и формирующим устройством 5, создается ванна расплавленного флюса-шлака 2, в которую непрерывно подается металлический электрод 1. Ток, проходя между электродом и наплавляемым изделием, нагревает расплавленный шлак и поддерживает высокую температуру и электропроводность. Шлак расплавляет электрод и оплавляет поверхность изделия. Ниже шлаковой ванны образуется металлическая ванна 3, которая, затвердевая, дает слой 4, прочно сплавлен-

ный с металлом изделия (основным металлом). Формирующее устройство охлаждает поверхность металлической ванны и одновременно удерживает металлическую и шлаковую ванны. Процесс наплавки начинают на графитовых, медных или стальных подкладках. Формирующее устройство в виде охлаждаемого водой медного ползуна медленно перемещается вверх с помощью специального механизма.

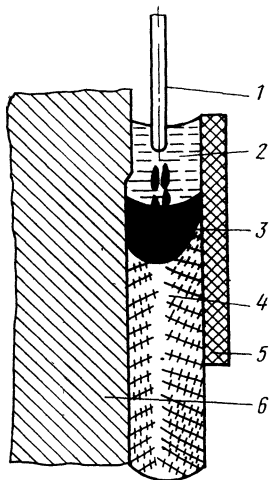


Рис. XI.5. Схема электрошлаковой наплавки

При электрошлаковой наплавке в качестве электродов используют проволоку, прокатанные или литые стержни и пластины, трубы. Благодаря применению больших токов (несколько тысяч ампер) и электродов большого сечения достигают очень высокой производительности — до 150 кг наплавленного металла в час. С помощью электрошлаковой наплавки на изделие можно нанести слой большой толщины: 14 мм и более.

Электрошлаковая наплавка плоских поверхностей может производиться при вертикальном, нижнем и наклонном положениях наплавляемой поверхности. Осуществляются поперечные колебания электрода на всю ширину детали. Для получения устойчивого электрошлакового процесса необходимо, чтобы глубина шлаковой ванны была не менее 30 мм. Торцовые поверхности можно успешно наплавлять электродом большого сечения. Шлаковая ванна наводится с помощью электропроводного флюса (например, АН-25). Для получения полного сплавления наплавленного слоя с основным металлом необходимо, чтобы площадь поперечного сечения электрода была примерно равна площади наплавляемой поверхности. В противном случае для получения полного сплавления следует применять электрод переменного сечения или же сообщать электроду соответствующее перемещение по наплавляемой поверхности.

Для торцовой наплавки деталей сложной формы используется прием стыко-шлаковой наплавки (рис. XI.6). Процесс начинается

наведением шлаковой ванны на дне водоохлаждаемой формы. Электродом служит хвостовик детали 1 с приваренной пластиной или прутком из легированного металла 2, которые расплавляются в первую очередь. В момент погружения хвостовика 1 в шлак скорость подачи сначала уменьшают (для прогрева торца хвостовика), а затем увеличивают и хвостовик погружают в ме-

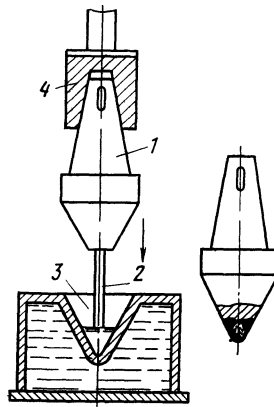


Рис. XI.6. Схема стыко-шлаковой наплавки:

1 — изделие (хвостовик); 2 — легированный электрод; 3 — медный коиль; 4 — держатель. Справа — наплавленное изделие

таллическую ванну. Происходит сварка хвостовика и отливки. Таким способом успешно наплавляют зубья экскаваторов.

Плазменная наплавка

Плазменную наплавку применяют в тех случаях, когда необходимо наплавить слой металла небольшой толщины (0,5—5 мм) при строго регламентированной доле основного металла. Применяют несколько разновидностей плазменной наплавки, которые отличаются в основном способом подачи и типом присадочного материала. Присадочный материал нужного состава подают в плазменную дугу или выделенную плазменную струю в виде проволоки, ленты, спрессованных металлокерамических колец и пластинок, пасты, а также в виде порошка. Наиболее простая схема — плазменная горелка прямого действия и присадочная проволока, подаваемая в дугу специальным механизмом. Доля основного металла в этом случае все же получается большой. На рис. XI.7 показана схема плазменной наплавки с токоведущей присадочной проволокой, позволяющая уменьшить долю основного металла. Источником тепла для расплавления присадочной проволоки является двухдуговой разряд. Одна дуга (маломощная) горит между вольфрамовым электродом 1 и соплом 2, вторая (основная) дуга — между вольфрамовым электродом и проволокой 4. Через сопло 3 подается защитный газ. Основной металл разогревается теплом перегретого расплавленного металла проволоки

и факелом плазменной струи. По этой схеме наплавляют сплавы, которые могут быть изготовлены в виде проволоки: бронза, латунь, нержавеющие стали и т. п. В качестве токоведущей присадочной проволоки можно также использовать порошковую проволоку и ленту.

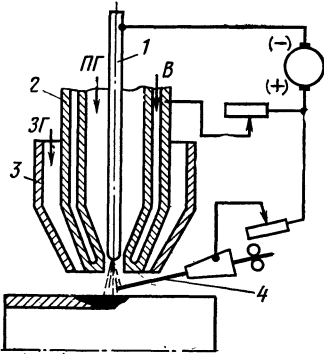


Рис. XI.7. Схема плазменной наплавки с токоведущей присадочной проволокой:

В — вода; *ПГ* — плазмообразующий газ; *ЗГ* — защитный газ

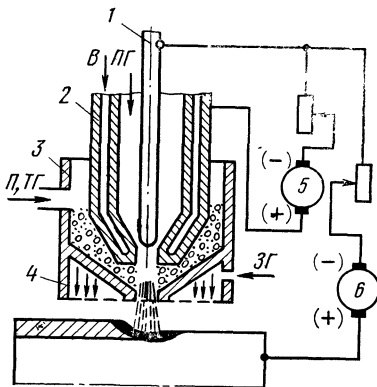


Рис. XI.8. Схема плазменно-порошковой наплавки: *В* — вода; *ПГ* — плазмообразующий газ; *П* — порошок; *ТГ* — транспортирующий газ

На рис. XI.8 показана схема плазменно-порошковой наплавки. Порошок нужного состава дуют в дугу через специальные каналы в горелке. Такая горелка имеет три сопла. Во внутреннем рабочем сопле 2 формируется плазменная струя, по соплу 3 подается присадочный порошок, а по соплу 4 — защитный газ. Источник 5 служит для зажигания дуги между электродом 1 и соплом 2; в плазменной струе этой дуги плавится порошок. Источник 6 формирует плазменную дугу прямого действия, которая оплавляет поверхность изделия и является дополнительным источником тепла для плавления присадочного порошка. Регулируя величину тока обеих плазменных дуг, можно регулировать количество тепла, идущего на плавление присадочного порошка и основного металла. По этой схеме производят на-

плавку высоколегированных сплавов на основе никеля и различных износостойких карбидных композиций.

Применяют и другие способы плазменной наплавки, в которых в качестве присадочного материала используют порошки. При этом порошок тонким слоем заранее насыпают на изделия, а затем расплавляют дугой. Иногда вместо порошка используют кольца, пластинки и другой присадочный материал, форма которого соответствует наплавляемому профилю. Такой присадочный материал изготавливают прессованием смеси порошков с последующим спеканием, точным литьем или штамповкой соответствующих сплавов.

Производительность указанных выше способов плазменной наплавки сравнительно невелика и составляет 0,5—10 кг наплавленного металла в час. Более высокой производительностью (до 30 кг/ч) обладает плазменная наплавка с подачей в ванну двух плавящихся электродов. В этом случае две электродные проволоки, подключенные последовательно к источнику переменного тока, подаются в сварочную ванну, которая создается плазменной дугой прямого действия. Переменный ток, проходящий через проволоки, нагревает их почти до температуры плавления. Нагрев проволоки регулируется током и величиной вылета электродов. Ток и вылет должны быть такими, чтобы не возникла дуга между проволоками. Подогретые электроды и хвостовая часть ванны защищаются газом, поступающим из специального сопла, а передняя часть ванны — плазмообразующим газом.

Индукционная наплавка

При индукционной наплавке в качестве источника нагрева используются токи высокой частоты. Нагрев осуществляется с помощью индуктора, присоединенного к машинному или ламповому генератору токов высокой частоты. При приближении индуктора к изделию в поверхностном слое индуктируются вихревые токи и он может быть нагрет до оплавления. Глубина проникновения зависит от частоты тока, удельного сопротивления и магнитной проницаемости материала.

Общим для большинства способов индукционной наплавки являются нагрев поверхности основного металла и передача тепла от него к наплавляемому материалу. Чаще всего плавление основного металла нежелательно, поэтому температура нагрева его должна быть ниже температуры его плавления, но несколько выше температуры плавления наплавляемого материала. Поэтому обычно индукционным методом наплавляют сплавы, имеющие сравнительно низкую температуру плавления. Исключением является индукционная наплавка с использованием тугоплавкого карбида вольфрама. В этом случае крупку литого карбида вольфрама или измельченных металлических твердых сплавов и определенную порцию борной кислоты наносят на участок детали с последующим оплавлением поверхности этого участка токами высокой частоты.

Благодаря высокой температуре плавления и повышенной плотности твердые частицы не расплавляются, а погружаются в жидкую сталь. В результате образуется износостойкий слой, состоящий из стальной матрицы, в которую вкраплены частицы карбида вольфрама. Такая технология явилась первым применением токов высокой частоты для наплавки и успешно применяется до настоящего времени для армирования буровых долот.

Практическое применение нашли два способа индукционной наплавки: 1) с использованием твердого присадочного материала,

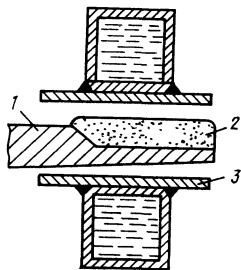


Рис. XI.9. Схема индукционной наплавки:

1 — деталь; 2 — смесь порошков сплава и флюса; 3 — индуктор

предварительно наносимого на наплавляемую поверхность в виде порошка, пасты или прессованных брикетов; 2) с использованием жидкого присадочного материала, расплавляемого в отдельной индукционной печи и определенными порциями поступающего на разогретую поверхность наплавляемой детали.

Наплавку твердым присадочным материалом применяют для повышения износостойкости лемехов плугов, лап культиваторов и др. (рис. XI.9). В качестве присадочного материала используют порошок сплава сормайт 1, а также композиции сормайт — релит и сормайт — феррохром. Применяют также индукционную наплавку клапанов двигателей внутреннего сгорания. Присадочный материал в виде литых колец из сплава ВЗК или НХ15С2Р2 укладывают в предварительно проточенную канавку на тарелке клапана, а затем расплавляют с использованием специальных индукторов. Режим наплавки и конструкцию индукторов выбирают так, чтобы в минимальной степени оплавить основной металл.

Наплавка жидким присадочным материалом распространена мало; ее применяют для повышения износостойкости толкателей клапанов двигателей внутреннего сгорания: на разогретый торец толкателя из отдельного плавильного устройства подают порции жидкого легированного чугуна. Такую же технологию применяют при восстановлении катков тракторов. Присадочный материал (хромистый чугун) приготавливают в отдельной индукционной печи и подают ковшем для заливки в зазор между поверхностью катка и песчаной формой. Каток с нанесенным слоем флюса разогрева-

ется с помощью специального индуктора до температуры 800—900°С. Оба процесса выполняются на специализированных установках, в которых основные процессы автоматизированы.

Для качественного сплавления износостойкого сплава с основным металлом и улучшения формирования наплавленного слоя при индукционной наплавке всегда применяют специальные флюсы; их либо наносят на поверхность детали, либо примешивают к порошкам. Флюс после расплавления очищает наплавленную поверхность от оксидов и обеспечивает хорошее растекание твердого сплава.

При индукционной наплавке достигается минимальная доля основного металла в наплавленном, что особенно важно, если примеси основного металла оказывают вредное влияние на свойства наплавленного слоя. Достоинством индукционной наплавки является также возможность получения тонких наплавленных слоев (<3 мм) при хорошем их формировании. Применение этого способа затруднительно при высокой температуре плавления наплавочного материала, большом сечении наплавляемых деталей и при необходимости наплавить слой металла большой толщины.

Наплавка пропиткой композиционных сплавов

Если пористую заготовку привести в соприкосновение с жидким металлом или сплавом, который хорошо смачивает материал пористого тела, то произойдет пропитка — жидкий сплав заполнит поры заготовки. Пропитка широко используется в порошковой металлургии при производстве различных металлокерамических изделий. Идея пропитки была использована в Институте электросварки им. Е. О. Патона при разработке нового способа изготовления биметаллических изделий с образованием износостойкого композиционного сплава. Схема этой технологии состоит в следующем (рис. XI.10). На деталь 1 надевается форма 4, охватывающая наплавляемую поверхность с зазором, равным требуемой толщине наплавленного слоя. В зазор насыпается и затем уплотняется крупка 5 литого карбида вольфрама или отходов металлокерамических твердых сплавов. Над крупкой укладываются куски 3 сплава-связки, который обладает сравнительно низкой температурой плавления и способен хорошо смачивать при расплавлении крупку твердого тугоплавкого компонента и металл детали. В качестве такого сплава используется, например, марганцевый мелхюр. Затем устанавливается крышка 2. Форма и крышка привариваются к детали вакуумноплотным швом, а заготовка загружается в печь с температурой, несколько превышающей температуру плавления сплава-связки. Выдержка в печи должна быть достаточной для равномерного прогрета всей заготовки. В результате автовакуумного эффекта в полости между деталью и формой самопроизвольно образуется вакуум. При этом оксиды и другие примеси удаляются с по-

верхности порошка и детали, что облегчает смачивание и пропитку. После охлаждения заготовки форму удаляют механической обработкой; при необходимости наплавленный слой шлифуют.

Для получения качественного наплавленного металла необходимо, чтобы температуры плавления компонентов заметно отличались и жидкая фаза смачивала твердую. Температура плавления сплава-связки должна быть значительно ниже температуры плавления основного металла, материала формы и, естественно, частиц износостойкого компонента.

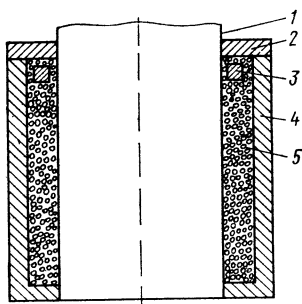


Рис. XI.10. Схема наплавки пропиткой

Рассмотренная технология позволяет получить композиционный сплав с весьма высоким (до 50%) содержанием карбидной износостойкой фазы. Так как износостойкая фаза сцементирована пластичной матрицей, то в таком сплаве, как правило, отсутствуют трещины. Благодаря высокому содержанию износостойкой фазы в сплаве он обладает высокой стойкостью против абразивного изнашивания. Размеры и форма износостойкой фазы в композиционном сплаве могут легко регулироваться, так как износостойкая фаза не кристаллизуется из расплава, а готовится заранее.

Печную наплавку композиционных сплавов пропиткой применяют при изготовлении клапанов, воронок, конусов и чаш загрузочных устройств доменных печей, корпусов ре-зиносмесителей и других деталей.

Электроискровое легирование

Для переноса присадочного металла на поверхность изделия используется кратковременный импульс тока (искра), который получают с помощью специальной электрической схемы. В качестве электродов служат стержни из металлокерамических твердых сплавов или графит. Толщина упрочненного слоя составляет 0,1—0,3 мм. За одну минуту можно обработать 0,2—0,3 см² поверхности изделия. Зона термического влияния имеет большую протяженность, чем наплавленный слой. Питание установок осуществляется постоянным током низкого напряжения.

Наплавка взрывом

При наплавке взрывом процесс образования соединения основного и присадочного

металлов происходит при больших скоростях. Перемешивание основного и присадочного металлов отсутствует. Тем не менее образуется металлургическая связь дислокационного характера, так как при взрыве протекает совместное пластическое деформирование основного и присадочного металлов. Отсутствие диффузионных слоев в ряде случаев может рассматриваться как достоинство способа.

Процесс заключается в следующем. На жесткое основание устанавливают изделие. Над ним располагают пластину присадочного металла, поверх которой укладывают заряд гранулированного взрывчатого вещества. После взрыва детонатора взрывается основной заряд и возникает плоская детонационная волна. Взрыв вызывает соударение пластины присадочного металла с поверхностью изделия и на поверхности контакта возникает давление в десятки тысяч атмосфер. Появляется касательная составляющая скорости соударения, металл течет, деформируясь пластически. Оксидные пленки дробятся и сосредоточиваются. При подборе режима наплавки взрывом варьируют расстоянием от изделия до пластины присадочного металла. Необходимое расстояние обеспечивают с помощью проволочных штырей. Непосредственно перед наплавкой соединяемые поверхности обезжиривают. Заряд гранулированного взрывчатого вещества располагают в картонных коробках заданного размера. Наплавку осуществляют на открытых полигонах, в специальных производственных помещениях, вакуумных камерах и др.

3. Способы легирования наплавленного металла при электродуговой наплавке

Требуемые свойства наплавленного металла обычно получают введением в его состав легирующих элементов или увеличением содержания углерода, кремния, марганца. При механизированной наплавке под флюсом возможны четыре принципиально различных способа легирования:

I — применение легированной электродной проволоки или ленты сплошного сечения и обычного флюса;

II — применение порошковой проволоки или ленты;

III — применение обычной проволоки или ленты и легирующего флюса;

IV — нанесение легирующих ферросплавов на наплавляемую поверхность (насыпка порошка, намазывание паст и др.) и наплавка электродной проволокой под обычным флюсом с полным расплавлением легирующих материалов.

Каждый из этих способов может применяться самостоятельно и в различных комбинациях.

На рис. XI.11 показаны области рабочих режимов при легировании наплавленного металла различными способами. Видно, что способы I и II обеспечивают достаточно широкие рабочие области, так что случайные колебания тока и напряжения дуги, не-

Таблица XI.2

Общая характеристика способов легирования наплавленного металла при наплавке под флюсом

Показатель	Способ легирования			
	I	II	III	IV
Возможность наплавки металла любого заданного состава	Удовлетворительная	Наилучшая	Наилучшая	Удовлетворительная
Достижимая точность легирования	Наилучшая	Хорошая	Удовлетворительная	Плохая
Универсальность при наплавке на различных режимах	»	Удовлетворительная	То же	»
Производственная надежность (постоянство состава наплавленного металла, наличие технологических дефектов)	»	То же	»	»
Доступность для промышленного применения	Удовлетворительная	»	Хорошая	Наилучшая
Стоимость материалов при наплавке слоя стали с твердостью около HB300	Низкая	Высокая	Высокая	Не применяется
Стоимость материалов при наплавке сплавов высокой износостойкости	Высокая	Умеренная	Умеренная	Низкая

избежные при наплавке в производственных условиях, не влияют на химический состав наплавленного металла. Способу III соответствует более узкая полоса допустимых режимов, поэтому случайные отклонения от заданного состава наплавленного металла

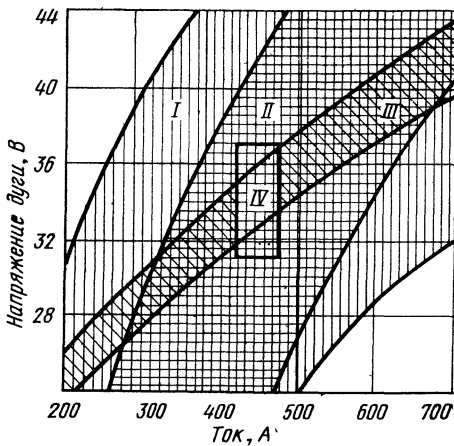


Рис. XI.11. Области рабочих режимов при легировании наплавленного металла различными способами (I—IV)

при применении этого способа более вероятно, чем при использовании способов I и II; в то же время наплавка по способу III обеспечивает меньшую долю основного металла в наплавленном. Способ IV позволяет получить заданный химический состав наплавленного металла лишь в узком диапазоне режимов и обеспечивает наименьшую точность легирования. Общая характеристика способов легирования приведена в табл. XI.2.

Видно, что наиболее устойчивые результаты по всем показателям обеспечивает легирование наплавленного металла способом I.

При ручной наплавке штучными электродами легирование наплавленного металла осуществляется через стержень (сердечник) или через покрытие электрода. Применяют также литые прутки и трубчатые электроды, заполненные легирующей шихтой. Более целесообразно вводить легирующие элементы через проволоку; при этом их окисление меньше. Так, при наплавке быстрорежущих и нержавеющей сталей, сормайт и других высоколегированных материалов легирующие элементы вводят в состав металлического стержня, а покрытие электрода выполняют нейтральным.

4. Классификация наплавочных материалов для электродуговой наплавки

Наплавочные материалы классифицируют по различным признакам. Принятое Международным институтом сварки (МИС) подразделение наплавочных материалов предусматривает классификацию их по химическому составу наплавленного металла (табл. XI.3).

Новым стандартом предусмотрена классификация наплавочных электродов по назначению (табл. XI.4).

В табл. XI.5 приведена характеристика наплавочных материалов, учитывающая химический состав наплавленного металла, его микроструктуру, условия эксплуатации и назначение деталей машин. На рис. XI.12 и XI.13 представлена условная классификация наплавочных материалов, применяемых при механизированной и ручной электродуговой наплавке.

Анализ данных, приведенных в табл. XI.3—XI.5 и на рис. XI.12—XI.13, позволя-

Таблица XI.3

Классификация наплавочных материалов по химическому составу наплавленного металла, принятая Международным институтом сварки (МИС)

Тип сплава	Условное обозначение	Содержание элементов, %									Примерная твердость в рабочем состоянии HRC
		C	Mn	Cr	W	V	Mo	Ni	Co	прочие	
Нелегированные или низколегированные стали: <0,4% C	A	≤0,4	0,5—8	0—3	—	—	0—1	0—3	—	—	40
	B	>0,4	0,5—3	0—5	—	—	0—1	0—3	—	—	60
Аустенитные высокомарганцовистые стали	C	0,5—1,2	11—16	0—1	—	—	0—1	0—3	—	—	50
Аустенитные хромоникелевые стали	D	≤0,3	1—8	13—30	—	—	—	5—25	—	0,1Ti; 0—1,5Nb	40
Хромистые стали	E	0,2—2,0	0,3—1,5	5—30	0—1,5	0—0,5	0—1,0	0—5,0	—	—	45
Быстрорежущие стали	F	0,6—1,5	≤0,5	4—60	1,5—18	0—3,0	0—10	—	0—10	—	62
Высокохромистые специальные чугуны	G	1,5—5,0	0—6	25—35	0—5,0	0—1,0	0—3,0	0—4,0	0—5,0	0—1,5Ti; 0—1,5B	60
Хромовольфрамовые теплостойкие стали	H	0,2—0,5	≤1,0	1—5	1—10	0,15—1,5	0—4,0	0—5,0	—	—	45
Кобальтовые сплавы с хромом и вольфрамом	N	0,7—3,0	≤0,4	25—33	3—25	—	0—3,0	0—3,0	30—70	≤6Fe	40
Никелевые сплавы с хромом и бором	Q _a	≤1,0	—	8—18	—	—	—	65—85	0—5,0	2—5B; 2—5Si	55
Никелевые сплавы с молибденом	Q _b	≤0,12	—	0—18	0—20	0,2—0,6	8—35	60—80	—	4—7Fe	HB200
Карбидные сплавы зернистые и спеченные	P	≤3,0	≤2,0	—	≤45	—	—	—	—	—	67

Таблица XI.4
Классификация наплавочных электродов по назначению

Группа	Наплавляемые изделия	Тип	Марка
I	Детали, работающие в условиях интенсивных ударных нагрузок (оси, валы, автоцепки, железнодорожные крестовины, рельсы и др.)	Э-10Г2 Э-11Г3 Э-12Г4 Э-15Г5 Э-30Г2ХМ	ОЗН-250У ОЗН-300У ОЗН-350У ОЗН-400У НР-70
II	Штампы для горячей штамповки	Э-16Г2ХМ Э-35Г6 Э-30В8Х3 Э-35Х12В3СФ Э-90Х4М4ВФ	ОЗШ-1 ЦН-4 ЦШ-1 Ш-16 ОЗИ-3
III	Штампы для холодной штамповки	Э-37Х9С2 Э-70Х3СМТ Э-24Х12 Э-20Х13 Э-35Х12Г2С2 Э-100Х12М Э-120Х12Г2СФ Э-10М9Н8К8Х2СФ	ОЗШ-3 ЭН-60М ЦН-5 48Ж-1 НЖ-3 ЭН-Х12М Ш-1 ОЗШ-4
IV	Детали из высокомарганцовистых сталей типов 110Г13 и 110Г13Л	Э-65Х11Н3 Э-65Х25Г13Н3	ОМГ-Н ЦНИИН-4
V	Металлорежущий инструмент, а также штампы для горячей штамповки, работающие в тяжелых условиях (осадка, вытяжка, прошивка)	Э-80В18Х4Ф Э-90В10Х5Ф2 Э-105В6Х5М3Ф3 Э-08К15В7М5Х3СФ Э-10К18В11М10Х3СФ	ЦИ-1М ЦИ-2У И-1 ОЗИ-4 ОЗИ-5
VI	Детали, работающие в условиях интенсивных ударных нагрузок с абразивным изнашиванием	Э-95Х7Г5С Э-30Х25В2Г2СМ	12АН/ЛИВТ ТКЗ-Н
VII	Детали, работающие в условиях преимущественно абразивного изнашивания	Э-80Х4С Э-320Х23С2ГТР Э-320Х25С2ГР Э-350Х26Г2Р2СТ	13КН/ЛИВТ Т-620 Т-590 Х-5
VIII	Детали, работающие в условиях интенсивного абразивного изнашивания с ударными нагрузками	Э-300Х28Н4С4 Э-225Х10Г10С Э-110Х14В13Ф2 Э-175Б8Х6СТ	ЦС-1 ЦН-М ВСН-6 ЦН-16
IX	Уплотнительные поверхности арматуры для котлов, трубопроводов и нефтеаппаратуры	Э-08Х17Н8С6Г Э-09Х16Н9С5Г2М2ФТ Э-13Х16Н8М5С5Г4Б Э-15Х15Н10С2М3Г Э-15Х28Н10С3ГТ Э-200Х29Н6Г2 Э-15Х28Н10С3М2ГТ Э-190К62Х29В5С2	ЦН-6М, ЦН-6Л ВПИ-1 ЦН-12М, ЦН-12Л ЦН-18 ЦН-19 ЦН-3 ЦН-20 ЦН-2

ет технически грамотно выбрать состав, структуру и свойства наплавленного металла, тип и марку электродов, проволоки и ленты при электродуговой наплавке для различных условий эксплуатации.

5. Материалы, применяемые при механизированной электродуговой наплавке

Химический состав и свойства наплавленного металла определяются в первую очередь применяемыми при наплавке мате-

риалами. К ним относят электродную проволоку (сплошного сечения и порошковую), электродную ленту, флюсы, защитные газы.

Электродная проволока сплошного сечения

При механизированной электродуговой наплавке стальных деталей наиболее широко используют горячекатаную и холоднотянутую стальную наплавочную проволоку, поставляемую по ГОСТ 10543—75. Этим стандартом предусмотрено изготовление

Таблица Х1.5

Характеристика наплавочных материалов, применяемых в условиях абразивного изнашивания и ударных нагрузок (размеры и общетехнические требования по ГОСТ 9466—75)

Группа (подгруппа)	ГОСТ или ТУ	Тип электрода (обозначение МИС)	Марка электрода	Твердость HRC наплавленного металла	Микроструктура наплавленного металла	Условия эксплуатации	Наплавляемые изделия	Примечание
1	2	3	4	5	6	7	8	9
I. Высоколегированные специальные чугуны: 1. Хромоборидные	ГОСТ 10051—75	Э-300Х25С2ГР (G)	Т-590	57—63	Карбиды, карбориды и ледебурит	Интенсивный абразивный износ без ударных нагрузок То же	Ковши землечерпалок, шнеки, ковши роторных пескометов Ковши землечерпалок, шнеки, козырьки ковшей драг, матрицы и штампы прессформ и др. Шнеки, ножи грунтосмесительных машин, матрицы и пуансоны	К 1-й подгруппе относятся электроды Т-590, Т-620, КБХ-45, ХР-19, Х-5, ЭТН-5; наплавочные смеси КБХ, БХ, 115ФС; порошковые проволоки и ленты ПП-АН125, ПП-АН170, ПЛ-АН102, ПЛ-400Х38ГЗРТУ, ПЛ-АН171
	ГОСТ 10051—75	Э-350Х26Г2Р2СТ (G)	Х-5	60—63	То же			
	ТУ ВНИИСТА	Э-500Х30Р8Г	БХ-2	62—65	»	»		
2. Высокохромистые	—	Э-300Х25Т (G)	Т-268	58—60	Карбиды и ледебурит	Интенсивный износ с ударами незначительной интенсивности	Ковшовые цепи экскаваторов, козырьки черпаков, отвалы и ножи бульдозеров	К 2-й подгруппе относятся ленты ПЛ-250Х25ГЗФ3 и ПЛ-300Х30ГЗТУ
3. Вольфрамовые	ТУ МКТС 596—65	Э-200В30 Трубчатые (Р) Смеси	ЭТН-4 — —	60—63 — —	Карбиды в ледебурите	Интенсивный абразивный износ без ударных нагрузок	Ковши без зубьев, ножи машин и др. (наплавляют вторым слоем по слою сталинита)	К 3-й подгруппе относятся смеси релит-Т3, релит-3
4. Хромоникелевые	ГОСТ 10051—75	Э-300Х28С4Н4 (G)	ЦС-1	48—54	То же	Интенсивный абразивный износ с ударами средней интенсивности В наплавленном состоянии — незначительный износ и большие ударные нагрузки; после термической обработки — абразивный износ и умеренные ударные нагрузки	Детали центробежных насосов, загрубочных устройств доменных печей и др. Без термической обработки — прессовые инструменты, штампы; после термической обработки — как и ЦС-1	К 4-й подгруппе относятся прутки С-27, наплавочная смесь сормайт 1, порошковая проволока ПП-АН101 и др.
	ГОСТ 10051—75	Э-170Х15Н2Г (E)	ЦС-2	39—45	Аустенит с карбидной эвтектикой; после термической обработки — мартенсит и карбиды, остаточный аустенит			

5. Хромомарганцевые	ГОСТ 10051—75	Э-225Х10Г10С	ЦН-11	40—50	Аустенит и ледебурит	Абразивное изнашивание и удары средней интенсивности	Детали из стали 110Г13Л (черпаки драг и др.)	К 5-й подгруппе относятся электроды ЦН-5, ЭТН-2, смесь сталлитин и др.
	ТУ ВНИИСТА	40Х8Г10 (смесь)	Сталинит	50—60	Карбиды в ледебурите	Гидроабразивное и абразивное изнашивание при незначительных ударах	Детали землесосов, лопатки битумноварных котлов, ножи бульдозеров и грейдеров, ковши экскаваторов и драг и др.	
6. Хромоникобиевые	ГОСТ 10051—75	Э-175В8Х6СТ	ЦН-16	52—57	Аустенит, мартенсит и карбиды	Абразивное изнашивание и удары	Детали из стали 110Г13Л (черпаки драг, зубья ковшей экскаваторов и др.)	К 6-й подгруппе относятся порошковая лента ПЛ-АН112 и др.
II. Высоколегированные стали	ГОСТ 10051—75	Э-110Х14В13Ф2 (F)	ВСН-6	50—55	Аустенит, мартенсит, карбидная эвтектика	Абразивное изнашивание и высокие ударные нагрузки	Ножи автогрейдеров, штампы калибровочные, режущий инструмент и др. То же	Ко II группе относятся электроды ЦИ-1М, ЦИ-2У, ОЗИ-3 и порошковая лента ПЛ-АН105 и др.
	ТУ МОСЗ	Э-120В13Х7Р (F)	ВСН-8	60—62	То же	Абразивное изнашивание и ударные нагрузки средней интенсивности		
	ГОСТ 10051—75	Э-65Х25Г13НЗ	ЦНИИН-4	23—35	Аустенит	Абразивное изнашивание и высокие ударные нагрузки		
III. Высоколегированные аустенитные стали, упрочняющиеся при наклепе	ГОСТ 10051—75 ТУ МВТУ	Э-250Г20 Э-300Г35	ЦН-10 МВТУ-1	35—43 41—46	Аустенит и карбиды Аустенит	Абразивное изнашивание, смятие и высокие ударные нагрузки	Детали из стали типа 110Г13Л (зубья одноковшовых экскаваторов, рейки роторных экскаваторов и др.)	К III группе относятся электроды марок 12АН/ЛИВТ, порошковая проволока ПП-АН105 и ПП-АН104
	IV. Высоколегированные хромистые стали с легирующими добавками	ТУ ВНИИСТА	Э-60Х14НЗМЗ	ВСН-10	35—45	Аустенит и карбиды	Абразивное изнашивание, смятие, ударные нагрузки при температурах до —60°С	Опорная часть наземных трубопроводов, колеса ходовой части машин в северном исполнении
ТУ ВНИИСТА и МОСЗ		Э-100Х12Н2АТ (Е)	ВСН-9	45—51	Аустенит и карбиды	Абразивный износ и большие ударные нагрузки при комнатной и отрицательных (до —60°С) температурах	Наконечники рыхлителей навесного оборудования бульдозеров, била молотковых дробилок, буровые долота и др.	
V. Среднелегированные стали	ТУ МОСЗа	Э-50Х2М (В)	Ш-7	38—44	Сорбит; после термообработки—мартенсит и остаточный аустенит	Умеренный абразивный износ и удары средней интенсивности	Штампы, работающие при температурах до 400°С	К V группе относятся электроды марок 13КН/ЛИВТ, ЭН-60М; лента и проволока ЛМ-У10Х7Р, ЛМ-70ХЗМН, ПП-АН131

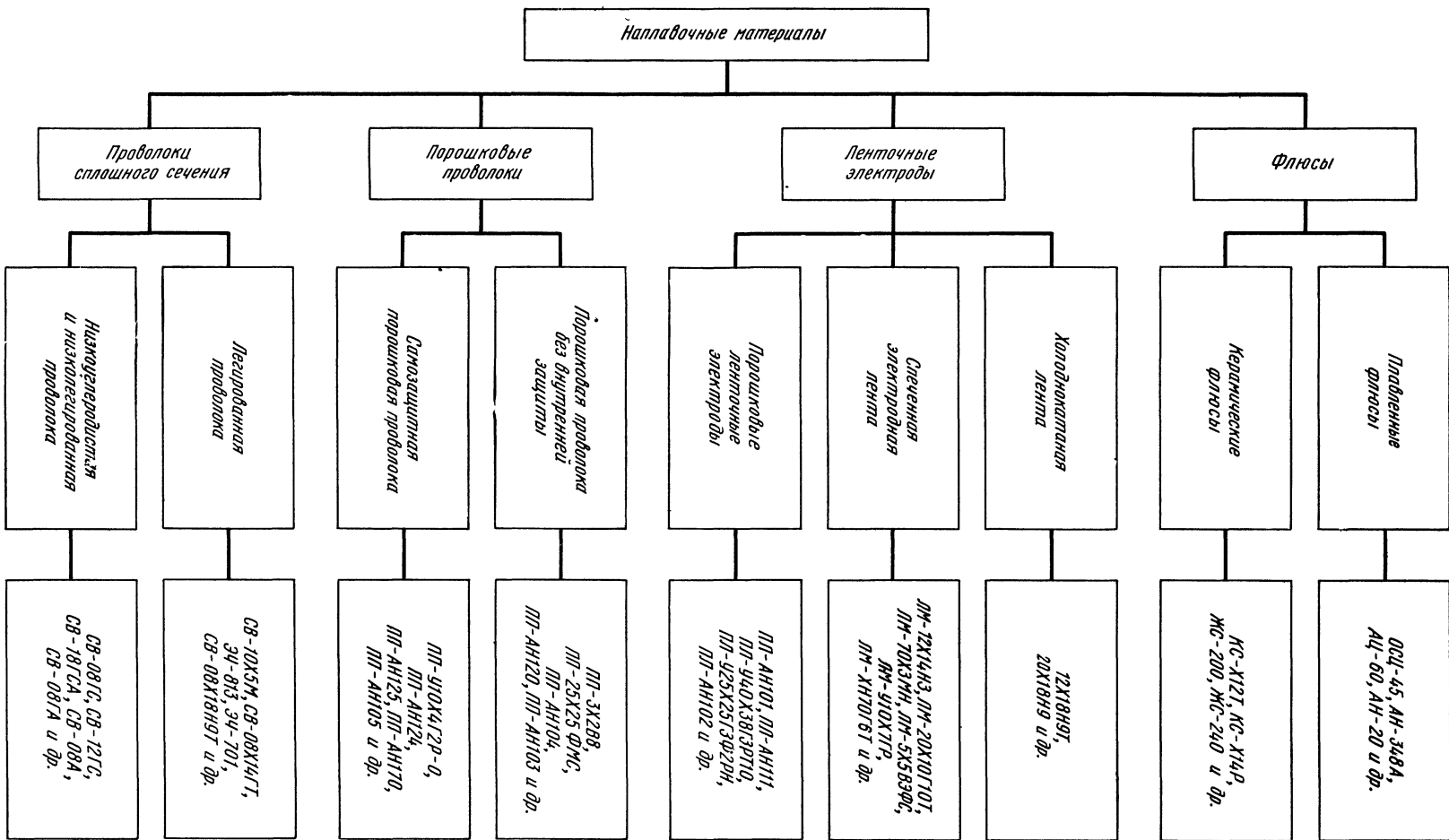


Рис. XI 12 Условная классификация износостойких наплавочных материалов для механизированной наплавки

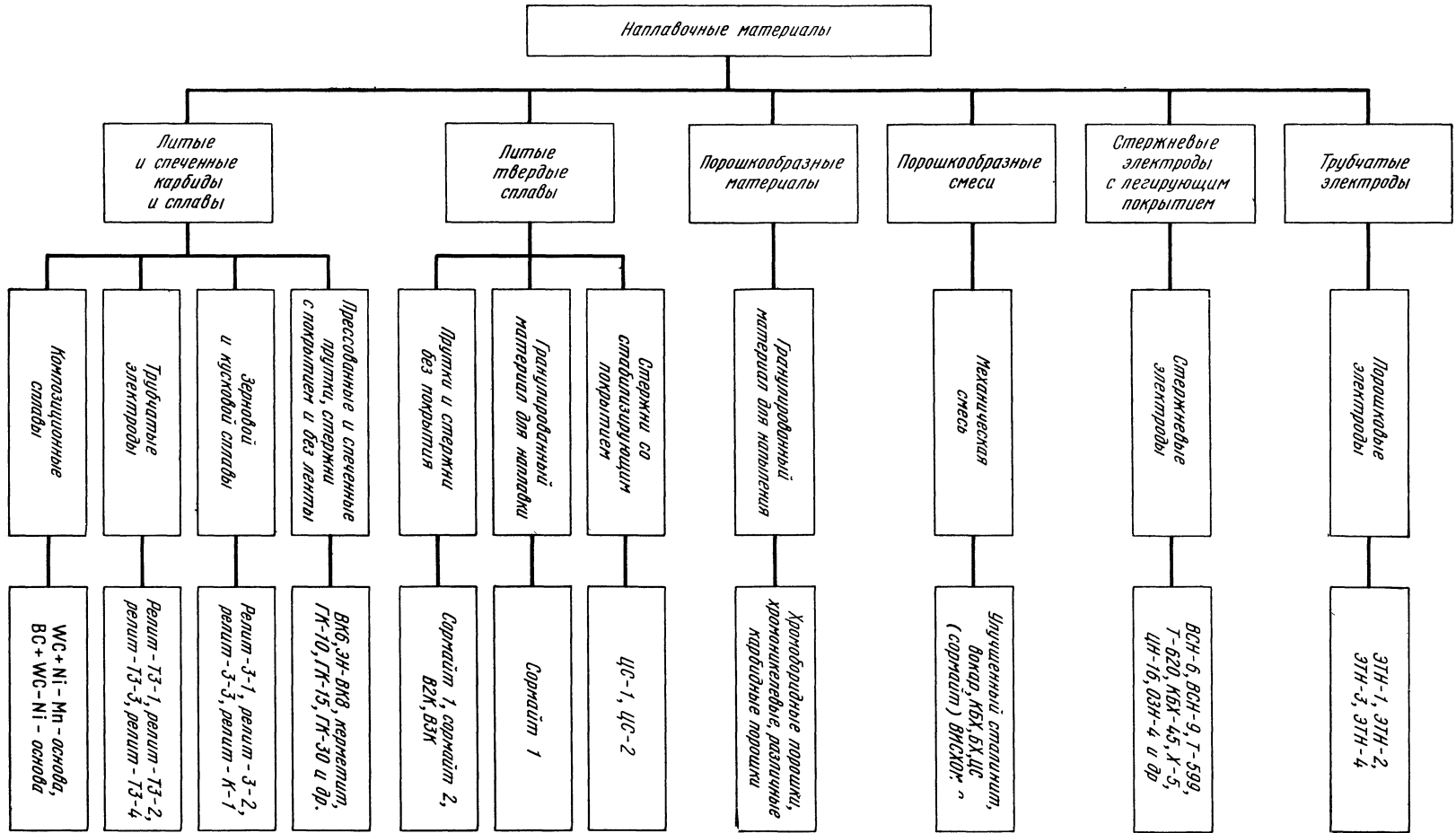


Рис. XI.13. Условная классификация износостойких наплавочных материалов для ручной наплавки

Таблица X1.6
Химический состав наплавочной проволоки

Марка проволоки	Содержание элементов, %								
	C	Mn	Si	Cr	Ni	W	V	Mo	Ti
<i>Углеродистая</i>									
Нп-25	0,22—0,3	0,5—0,8	0,17—0,37	≤0,25	≤0,3	—	—	—	—
Нп-30	0,27—0,35	0,5—0,8	0,17—0,37	≤0,25	≤0,3	—	—	—	—
Нп-35	0,32—0,4	0,5—0,8	0,17—0,37	≤0,25	≤0,3	—	—	—	—
Нп-40	0,35—0,45	0,5—0,8	0,17—0,37	≤0,25	≤0,3	—	—	—	—
Нп-45	0,42—0,5	0,5—0,8	0,17—0,37	≤0,25	≤0,3	—	—	—	—
Нп-50	0,45—0,55	0,5—0,8	0,17—0,37	≤0,25	≤0,3	—	—	—	—
Нп-65	0,6—0,7	0,5—0,8	0,17—0,37	≤0,25	≤0,3	—	—	—	—
Нп-80	0,75—0,85	0,5—0,8	0,17—0,37	≤0,25	≤0,3	—	—	—	—
Нп-85	0,82—0,9	0,5—0,8	0,17—0,37	≤0,25	≤0,3	—	—	—	—
<i>Легированная</i>									
Нп-40Г	0,35—0,45	0,7—1	0,17—0,37	≤0,3	≤0,3	—	—	—	—
Нп-50Г	0,45—0,56	0,7—1,0	0,17—0,37	≤0,3	≤0,3	—	—	—	—
Нп-65Г	0,6—0,7	0,9—1,2	0,17—0,37	≤0,3	≤0,3	—	—	—	—
Нп-30ХГСА	0,27—0,35	0,8—1,1	0,17—0,37	0,8—1,1	≤0,4	—	—	—	—
Нп-30Х5	0,27—0,35	0,4—0,7	0,2—0,5	4—6	≤0,4	—	—	—	—
Нп-40Х3Г2МФ	0,35—0,45	1,3—1,8	0,4—0,7	3,3—3,8	≤0,4	—	0,1—0,2	0,3—0,5	—
Нп-40Х2Г2М	0,35—0,43	1,8—2,3	0,4—0,7	1,8—2,3	≤0,4	—	—	0,8—1,2	—
Нп-35ХНМ	0,5—0,6	0,5—0,8	≤0,35	0,5—0,8	1,4—1,8	—	—	0,15—0,3	—
Нп-50ХФА	0,46—0,54	0,5—0,8	0,17—0,37	0,8—1,1	≤0,4	—	0,1—0,25	—	—
Нп-50Х6ФМС	0,45—0,55	0,3—0,5	0,8—1,2	5,5—6,5	≤0,35	—	0,35—0,55	1,2—1,6	—
Нп-105Х	0,95—1,1	0,15—0,4	0,15—0,35	1,3—1,65	≤0,35	—	—	—	—
<i>Высоколегированная</i>									
Нп-20Х14	0,16—0,25	≤0,8	≤0,8	13—15	≤0,6	—	—	—	—
Нп-30Х13	0,25—0,35	≤0,8	≤0,8	12—14	≤0,6	—	—	—	—
Нп-30Х10Г10Т	0,25—0,35	10—12	≤0,35	10—12	≤0,6	—	—	—	0,15—0,3
Нп-40Х13	0,35—0,45	≤0,8	≤0,8	12—14	≤0,6	—	—	—	—
Нп-45Х4В3Ф	0,4—0,5	0,8—1,2	0,7—1,0	3,6—4,6	≤0,6	2,5—3	0,2—0,4	—	—
Нп-45Х2В8Т	0,4—0,5	1—1,4	0,4—0,7	2,2—3,0	≤0,6	8—9,5	0,3—0,5	—	0,05—0,09
Нп-60Х3В10Ф	0,55—0,65	1,3—1,8	0,4—0,7	2,6—3,6	≤0,35	9—10,5	0,3—0,5	—	—
Нп-Г13А	1—1,2	12,5—14,5	≤0,4	≤0,6	≤0,6	—	—	—	—
Нп-Х15Н60	≤0,15	≤1,5	≤1,0	15—18	55—61	—	—	—	—
Нп-Х20Н80Т	≤0,12	≤0,7	≤0,8	19—23	Основа	—	—	—	0,15—0,4

Примечание. Содержание серы и фосфора не должно превышать 0,04% каждого элемента.

Таблица XI.7

Номинальные диаметры проволоки и их предельные отклонения

Номинальный диаметр	Предельные отклонения	Номинальный диаметр	Предельные отклонения
0,3	-0,05	2,0	-0,12
0,5	-0,06	2,5	-0,12
0,8	-0,07	3,0	-0,12
1	-0,09	4,0	-0,16
1,2	-0,09	5,0	-0,16
1,4	-0,09	6,0	-0,16
1,6	-0,12	6,5	±0,5
1,8	-0,12	8,0	±0,5

Таблица XI.8

Размеры и масса мотков проволоки

Диаметр проволоки, мм	Внутренний диаметр мотка, мм	Масса мотка проволоки из стали, кг, не менее		
		углеродистой	легированной	высоколегированной
0,3—0,8	150—300	2	2	1,5
1,0—1,2	250—400	15	10	6
1,4—2,0	250—600	20	15	8
2,5—3,0	400—700	30	20	10
4,0—6,0	500—700	30	20	10
6,5—8,0	500—700	30	20	15

Таблица XI.9

Твердость наплавленного металла и примерное назначение наплавочных проволок

Марка проволоки	Твердость наплавленного металла	Наплавляемые изделия
Нп-25	HB160—220	Оси, шпиндели, валы
Нп-30	HB160—220	То же
Нп-35	HB160—220	»
Нп-40	HB170—230	»
Нп-45	HB170—230	»
Нп-50	HB180—240	Натяжные колеса, скаты тележки, опорные ролики
Нп-65	HB220—300	Опорные ролики, оси
Нп-80	HB260—340	Коленчатые валы, крестовины карданов
Нп-40Г	HB180—240	Оси, шпиндели, ролики, валы
Нп-50Г	HB200—270	Натяжные колеса, опорные ролики гусеничных машин
Нп-65Г	HB230—310	Крановые колеса, оси опорных роликов
Нп-30ХГСА	HB220—300	Обжимные прокатные валки, крановые колеса
Нп-30Х5	HRC37—42	Валки сортопрокатных станов
Нп-40Х3Г2МФ	HRC38—44	Детали, испытывающие удары и абразивное изнашивание
Нп-40Х2Г2М	HRC54—65 (после закалки)	Коленчатые валы, поворотные кулачки, оси опорных катков и другие детали, работающие при ударных нагрузках
Нп-55ХНМ	HRC40—50	Штампы, валки ковочных машин
Нп-50ХФА	HRC43—50	Шлицевые и коленчатые валы
Нп-50Х6ФМС	HRC42—48	Валки трубопрокатных и сортопрокатных станов, штампы горячего деформирования
Нп-105Х	HRC32—38	Штампы холодного деформирования, валы смесителей
Нп-20Х14	HRC32—38	Уплотнительные поверхности задвижек для пара и воды
Нп-30Х13	HRC38—45	Плунжеры гидропрессов, шейки коленчатых валов, штампы
Нп-30Х10Г10Т	HB200—220	Лопasti гидротурбин, гребные винты и валы судов
Нп-40Х13	HRC45—52	Детали транспортеров, опорные ролики экскаваторов
Нп-45Х4В3Ф	HRC38—45	Валки листопрокатных и сортопрокатных станов, штампы горячего деформирования
Нп-45Х2В8Т	HRC40—46	Ножи для резки горячего металла, прессовый инструмент
Нп-60Х3В10Ф	HRC42—50	Валки трубопрокатных и сортопрокатных станов, штампы горячего деформирования
Нп-Г13А	HB220—280	Железнодорожные крестовины, щеки дробилок, зубья ковшей экскаваторов
Нп-Х15Н60	HB180—220	Детали реторт и печей, работающие при высокой температуре
Нп-Х20Н80Т	HB180—220	Выхлопные клапаны двигателей

506 Таблица XI.10
Химический состав сварочной проволоки

Марка проволоки	Содержание элементов, %									
	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	Ti	S	P	Другие элементы
								не более		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<i>Низкоуглеродистая</i>										
Св-08	≤0,10	≤0,03	0,35—0,60	≤0,15	≤0,30	—	—	0,040	0,040	≤0,01 Al
Св-08А	≤0,10	≤0,03	0,35—0,60	≤0,12	≤0,25	—	—	0,030	0,030	≤0,01 Al
Св-08АА	≤0,10	≤0,03	0,35—0,60	≤0,10	≤0,25	—	—	0,020	0,020	≤0,01 Al
Св-08ГА	≤0,10	≤0,06	0,80—1,10	≤0,10	≤0,25	—	—	0,025	0,030	—
Св-10ГА	≤0,12	≤0,06	1,10—1,40	≤0,20	≤0,30	—	—	0,025	0,030	—
Св-10Г2	≤0,12	≤0,06	1,50—1,90	≤0,20	≤0,30	—	—	0,030	0,030	—
<i>Легированная</i>										
Св-08ГС	≤0,10	0,60—0,85	1,40—1,70	≤0,20	≤0,25	—	—	0,025	0,030	—
Св-12ГС	≤0,14	0,60—0,90	0,80—1,10	≤0,20	≤0,20	—	—	0,025	0,030	—
Св-08Г2С	0,05—0,11	0,70—0,95	1,80—2,10	≤0,20	≤0,25	—	—	0,025	0,030	—
Св-10ГН	≤0,12	0,15—0,35	0,90—1,20	≤0,20	0,90—1,20	—	—	0,025	0,030	—
Св-08ГСМТ	0,06—0,11	0,40—0,70	1,00—1,30	≤0,30	≤0,30	0,20—0,40	0,05—0,12	0,025	0,030	—
Св-15ГСТЮА	0,12—0,18	0,45—0,85	0,60—1,00	≤0,30	≤0,40	—	0,05—0,20	0,025	0,025	0,2—0,50 Al; 0,05—0,15 Zr; ≥0,04 Ce
Св-20ГСТЮА	0,17—0,23	0,60—0,90	0,90—1,20	≤0,30	≤0,40	—	0,10—0,20	0,025	0,025	0,20—0,50 Al; 0,30—0,45 Ce
Св-18ХГС	0,15—0,22	0,90—1,20	0,80—1,10	0,50—1,10	≤0,30	—	—	0,025	0,030	—
Св-10НМА	0,07—0,12	0,12—0,35	0,40—0,70	≤0,20	1,00—1,50	0,40—0,55	—	0,025	0,020	—
Св-08МХ	0,06—0,10	0,12—0,30	0,35—0,60	0,45—0,65	≤0,30	0,40—0,60	—	0,025	0,030	—
Св-08ХМ	0,06—0,10	0,12—0,30	0,35—0,60	0,90—1,20	≤0,30	0,50—0,70	—	0,025	0,030	—
Св-18ХМА	0,15—0,22	0,12—0,35	0,40—0,70	0,80—1,10	≤0,30	0,15—0,30	—	0,025	0,025	—
Св-08ХНМ	≤0,10	0,12—0,35	0,50—0,80	0,70—0,90	0,80—1,20	0,25—0,45	—	0,025	0,030	—
Св-08ХМФА	0,06—0,10	0,12—0,30	0,35—0,60	0,90—1,20	≤0,30	0,50—0,70	—	0,025	0,025	0,15—0,30 V
Св-10ХМФТ	0,07—0,12	≤0,35	0,40—0,70	1,40—1,80	≤0,30	0,40—0,60	0,05—0,12	0,030	0,030	0,20—0,35 V
Св-08ХГ2С	0,05—0,11	0,70—0,95	1,70—2,10	0,70—1,00	≤0,25	—	—	0,025	0,030	—
Св-08ХГСМА	0,06—0,10	0,45—0,70	1,15—1,45	0,85—1,15	≤0,30	0,40—0,60	—	0,025	0,025	—
Св-10ХГ2СМА	0,07—0,12	0,60—0,90	1,70—2,10	0,80—1,10	≤0,30	0,40—0,60	—	0,025	0,025	—
Св-08ХГСМФА	0,06—0,10	0,45—0,70	1,20—1,50	0,95—1,25	≤0,30	0,50—0,70	—	0,025	0,025	0,20—0,35 V
Св-04Х2МА	≤0,06	0,12—0,35	0,40—0,70	1,80—2,20	≤0,25	0,50—0,70	—	0,020	0,025	—
Св-13Х2МФТ	0,10—0,15	≤0,35	0,40—0,70	1,70—2,20	≤0,30	0,40—0,60	0,05—0,12	0,030	0,030	0,20—0,35 V
Св-08Х3Г2СМ	≤0,10	0,45—0,75	2,00—2,50	2,00—3,00	≤0,30	0,30—0,50	—	0,030	0,030	—
Св-08ХМНФБА	0,06—0,10	0,12—0,30	0,35—0,60	1,10—1,40	0,65—0,90	0,80—1,00	—	0,025	0,025	0,20—0,35 V; 0,10—0,23 Nb
Св-08ХН2М	≤0,10	0,12—0,30	0,55—0,85	0,70—1,00	1,40—1,80	0,20—0,40	—	0,025	0,030	—
Св-10ХН2ГМТ	0,07—0,12	0,12—0,30	0,80—1,10	0,30—0,60	1,80—2,20	0,40—0,60	0,05—0,12	0,025	0,030	—
Св-08ХН2ГМТА	0,06—0,11	0,12—0,30	0,80—1,10	0,25—0,45	2,10—2,50	0,25—0,45	0,05—0,12	0,020	0,025	—

Св-08ХН2ГМЮ	0,06—0,11	0,25—0,55	1,00—1,40	0,70—1,10	2,00—2,50	0,40—0,65	—	0,030	0,030	0,06—0,18 Al
Св-08ХН2Г2СМЮ	0,06—0,11	0,40—0,70	1,50—1,90	0,70—1,00	2,00—2,50	0,45—0,65	—	0,030	0,030	0,06—0,18 Al
Св-06НЗ	≤0,08	≤0,03	0,40—0,70	≤0,30	3,00—3,50	—	—	0,025	0,030	—
Св-10Х5М	≤0,12	0,12—0,35	0,40—0,70	4,00—5,50	≤0,30	0,40—0,60	—	0,025	0,030	—
<i>Высоколегированная</i>										
Св-12Х11НМФ	0,08—0,15	0,025—0,55	0,35—0,65	10,50—12,00	0,60—0,90	0,60—0,90	—	0,025	0,030	0,25—0,50 V
Св-10Х11НВМФ	0,08—0,13	0,30—0,60	0,35—0,65	10,50—12,00	0,80—1,10	1,00—1,30	—	0,025	0,030	0,25—0,50 V; 1,00—1,40 W
Св-12Х13	0,09—0,14	0,30—0,70	0,30—0,70	12,00—14,00	≤0,60	—	—	0,025	0,030	—
Св-20Х13	0,16—0,24	≤0,60	≤0,60	12,00—14,00	—	—	—	0,025	0,030	—
Св-06Х14	≤0,08	0,30—0,70	0,30—0,70	13,00—15,00	≤0,60	—	—	0,025	0,030	—
Св-08Х14ГНТ	≤0,10	0,25—0,65	0,90—1,30	12,50—14,50	0,40—0,90	—	0,60—1,00	0,025	0,035	—
Св-10Х17Т	≤0,12	≤0,80	≤0,70	16,00—18,00	≤0,60	—	0,20—0,50	0,025	0,035	—
Св-13Х25Т	≤0,15	≤1,00	≤0,80	23,00—27,00	≤0,60	—	0,20—0,50	0,025	0,035	—
Св-01Х19Н9	≤0,03	0,50—1,00	1,00—2,00	18,00—20,00	8,00—10,00	—	—	0,015	0,025	—
Св-04Х19Н9	≤0,06	0,50—1,00	1,00—2,00	18,00—20,00	8,00—10,00	—	—	0,018	0,025	—
Св-08Х16Н8М2	0,05—0,10	≤0,60	1,50—2,00	15,00—17,00	7,50—9,00	1,50—2,00	—	0,018	0,025	—
Св-08Х18Н8Г2Б	0,05—0,10	0,30—0,70	1,80—2,30	17,50—19,50	8,00—9,00	—	—	0,018	0,025	1,20—1,50 Nb
Св-07Х18Н9ТЮ	≤0,09	≤0,80	≤2,00	17,00—19,00	8,00—10,00	—	—	0,015	0,030	0,60—0,95 Al
Св-06Х19Н9Т	≤0,08	0,40—1,00	1,00—2,00	18,00—20,00	8,00—10,00	—	1,00—1,40	0,015	0,030	—
Св-04Х19Н9С2	≤0,06	2,00—2,75	1,00—2,00	18,00—20,30	8,00—10,00	—	0,50—1,00	0,015	0,030	—
Св-08Х19Н9Ф2С2	≤0,10	1,30—1,80	1,00—2,00	18,00—20,00	8,00—10,00	—	—	0,018	0,025	—
Св-05Х19Н9Ф3С2	≤0,07	1,30—1,80	1,00—2,00	18,00—20,00	8,00—10,00	—	—	0,025	0,030	1,80—2,40 V
Св-07Х19Н10Б	0,05—0,09	≤0,70	1,50—2,00	18,00—20,00	8,00—10,00	—	—	0,025	0,030	2,20—2,70 V
Св-08Х19Н10Г2Б	0,05—0,10	0,20—0,45	1,80—2,20	18,50—20,50	9,00—10,50	—	—	0,018	0,025	1,20—1,50Nb
Св-06Х19Н10М3Т	≤0,08	0,30—0,80	1,00—2,00	18,00—20,00	9,50—10,50	—	—	0,020	0,030	0,90—1,30Nb
Св-08Х19Н10М3Б	≤0,10	≤0,60	1,00—2,00	18,00—20,00	9,00—11,00	2,00—3,00	0,50—0,80	0,018	0,025	—
Св-04Х19Н11М3	≤0,06	≤0,60	1,00—2,00	18,00—20,00	10,00—12,00	2,00—3,00	—	0,018	0,025	0,90—1,30 Nb
Св-05Х20Н9ФБС	≤0,07	0,90—1,50	1,00—2,00	19,00—21,00	8,00—10,00	—	—	0,020	0,030	—
Св-06Х20Н11М3ТБ	≤0,08	0,50—1,00	≤0,80	19,00—21,00	10,00—12,00	2,20—3,00	0,60—1,10	0,018	0,030	1,00—1,40 Nb; 0,90—1,30 V
Св-10Х20Н15	≤0,12	≤0,80	1,00—2,00	19,00—22,00	14,00—16,00	—	—	0,018	0,025	0,60—0,90 Nb
Св-07Х25Н12Г2Т	≤0,09	0,30—1,00	1,50—2,50	24,00—26,50	11,00—13,00	—	—	0,018	0,025	—
Св-06Х25Н12ТЮ	≤0,08	0,60—1,00	≤0,80	24,00—26,50	11,50—13,50	—	0,60—1,00	0,020	0,030	—
Св-07Х25Н13	≤0,09	0,50—1,00	1,00—2,00	23,00—26,00	12,00—14,00	—	—	0,018	0,025	0,40—0,80 Al
Св-08Х25Н13БТЮ	≤0,10	0,60—1,00	≤0,55	24,00—26,00	12,00—14,00	—	0,50—0,90	0,020	0,030	—
Св-13Х25Н18	≤0,05	≤0,50	1,00—2,00	24,00—26,50	17,00—20,00	—	—	0,015	0,025	0,70—1,10 Nb; 0,40—0,90 Al
Св-08Х20Н9Г7Т	≤0,10	0,50—1,00	5,00—8,00	18,50—22,00	8,00—10,00	—	—	0,018	0,035	—
Св-08Х21Н10Г6	≤0,10	0,20—0,70	5,00—7,00	20,00—22,00	9,00—11,00	—	0,60—0,90	0,018	0,035	—
Св-30Х25Н16Г7	0,25—0,33	≤0,30	6,00—8,00	24,50—27,00	15,00—17,00	—	—	0,018	0,030	—
Св-10Х16Н25АМ6	0,08—0,12	≤0,60	1,00—2,00	15,00—17,00	24,00—27,00	—	—	0,018	0,025	0,10—0,20 N
Св-09Х16Н25М6АФ	0,07—0,11	≤0,40	1,00—2,00	15,00—17,00	24,00—27,00	5,50—7,00	—	0,018	0,018	0,70—1,00 N; 0,10—0,20 N; 2,50—3,50 Cu
Св-01Х23Н28М3Д3Т	≤0,03	≤0,55	≤0,55	22,00—25,00	26,00—29,00	2,50—3,00	0,50—0,90	0,018	0,030	2,50—3,50 W; 2,80—3,50 Nb
Св-30Х15Н35В3Б3Т	0,27—0,33	≤0,60	0,50—1,00	14,00—16,00	24,00—36,00	—	0,20—0,70	0,015	0,025	—
Св-08Н50	≤0,10	≤0,50	≤0,50	≤0,30	48,00—53,00	—	—	0,020	0,030	—
Св-06Х15Н60М15	≤0,08	≤0,50	1,00—2,00	14,00—16,00	Основа	14,00—16,00	—	0,015	0,015	≤4 Fe

Примечание. Условные обозначения марок проволоки состоят из индекса Св (сварочная) и следующих за ним цифр и букв. Цифры, следующие за индексом Св, указывают среднее содержание углерода в сотых долях процента. Химические элементы, содержащиеся в металле проволоки, обозначены следующими буквами: А — азот (только в высоколегированных проволоках); Б — ниобий; В — вольфрам; Г — марганец; Д — медь; М — молибден; Н — никель; С — кремний; Т — титан; Ф — ванадий; Х — хром; Ц — цирконий; Ю — алюминий. Цифры, следующие за буквенными обозначениями химических элементов, указывают среднее содержание элемента в процентах. После буквенного обозначения элементов, содержащихся в небольших количествах, цифры не проставлены. Буква А в конце условных обозначений марок низкоуглеродистой и легированной проволоки указывает на повышенную чистоту металла по содержанию серы и фосфора. В проволоке марки Св-08АА двойная буква указывает на пониженное содержание серы и фосфора по сравнению с проволокой марки Св-08А.

Т а б л и ц а Х I . 1 1

Химический состав бронзовой наплавочной проволоки

Марка материала	Диаметр, мм	Содержание основных компонентов, %				Содержание примесей, %, не более	
		Al	Fe	Mn	Si	As	Sb
БрАМц9-2	2—8	8—10	—	1,5—2,5	—	0,01	0,002
БрАЖМц10-3-1,5	6—8	9—11	2—4	1—2	—	0,1	0,002
БрКМц3-1	1,2—8	—	—	1—1,5	2,75—3,5	0,002	0,002

Примечание. Основа — медь.

углеродистой проволоки девяти марок, легированной проволоки одиннадцати марок и высоколегированной проволоки десяти марок (табл. XI.6).

Номинальные диаметры проволоки и предельные отклонения по ним должны соответствовать указанным в табл. XI.7. Овальность проволоки не должна превышать предельных отклонений по диаметру.

Проволоку поставляют свернутой в мотки, размеры и масса которых указаны в табл. XI.8.

Иногда проволоку поставляют на крупногабаритных катушках. По согласованию изготовителя с потребителем допускается поставка проволоки в мотках прямоугольного сечения, размеры которых должны соответствовать требованиям ГОСТ 2246—70, а также намотанной на катушки или в кассеты.

Проволока в мотках, катушках и кассетах должна состоять из одного отрезка, свернутого (намотанного) неперепутанными рядами так, чтобы исключить ее распушивание или разматывание. Концы проволоки должны быть легко находимы. Допускается стыковая сварка проволоки; при этом проволока в местах сварки должна соответствовать требованиям стандарта.

В условном обозначении наплавочной проволоки указывают ее диаметр и марку, а также обозначение стандарта. Пример условного обозначения проволоки из стали марки 30ХГСА диаметром 3 мм: Проволока 3Нп-30ХГСА ГОСТ 10543—75.

ГОСТ 10543—75 содержит справочное приложение (табл. XI.9), в котором приведены твердость наплавленного металла и примерное назначение проволоки конкретных марок.

Иногда для механизированной наплавки применяют стальную холоднотянутую проволоку, поставляемую по ГОСТ 2246—70. Этот стандарт предусматривает шесть марок низкоуглеродистой, 30 марок легированной и 39 марок высоколегированной стали (табл. XI.10).

В зависимости от назначения стальную сварочную проволоку подразделяют на проволоку для сварки (наплавки) и проволоку для изготовления электродов (условное обозначение Э). Подразделение проволоки по назначению обусловлено более жесткими предельными отклонениями по диаметру проволоки для изготовления электродов.

В условном обозначении сварочной проволоки указывают диаметр и марку проволоки, индексы, характеризующие способ выплавки стали (Ш — электрошлаковый, ВД — вакуумно-дуговой, ВИ — в вакуумно-индукционных печах), назначение и вид поверхности проволоки, обозначение стандарта. Например, проволоку сварочную диаметром 3 мм, марки Св-08А, предназначенную для сварки (наплавки), с неомедненной поверхностью обозначают следующим образом: Проволока 3Св-08А ГОСТ 2246—70; или проволоку сварочную диаметром 4 мм, марки Св-04Х19Н9, предназначенную для изготовления электродов, обозначают так: Проволока 4Св-04Х19Н9-Э ГОСТ 2246—70; или проволоку сварочную диаметром 2 мм, марки Св-30Х25Н16Г7, предназначенную для сварки (наплавки), из стали, выплавленной электрошлаковым переплавом: Проволока 2Св-30Х25Н16Г7-Ш ГОСТ 2246—70.

Для наплавки меди и ее сплавов (бронзы, латуни) используют сварочную проволоку, поставляемую по ГОСТ 16130—72. В соответствии с этим стандартом изготавливают проволоку 17 марок. Наибольшее распространение получила проволока, состав которой приведен в табл. XI.11.

Ее применяют для наплавки под флюсом АН-20 и АН-60 слоя бронзы на стальную деталь при изготовлении биметаллических деталей металлургических машин, работающих в качестве пар трения (например, сухарей и камней шпиндельных соединений привода валков прокатных станов).

Проволоку из сплавов на основе меди поставляют мягкой (М), полутвердой (Пт) и твердой (Т). В условном обозначении проволоки указывают марку сплава, состояние поставки, диаметр, обозначение стандарта. Например, проволоку из латуни марки ЛК62-0,5, диаметром 2 мм, мягкую обозначают следующим образом: Проволока ЛК62-0,5-М-2 ГОСТ 16130—72.

Поверхность проволоки должна быть чистой, гладкой и светлой (без дополнительной обработки после деформирования) либо оксидированной (термически обработанной) с цветами побежалости, без окалины (за исключением горячекатаной проволоки), ржавчины, плес, надрывов и усов. Следы мыльной смазки (без графита, серы и других примесей) допускаются на поверхности проволоки из стали всех марок, кроме высоколегированной. Холоднотяну-

тая проволока поставляется в нагартованном или термически обработанном состоянии.

Порошковая проволока

Во многих случаях изготовление цельнотянутой проволоки из высоколегированной стали для получения износостойкого наплавленного металла практически невозможно или связано с большими трудностями. В этом случае применяют порошковую проволоку. Порошковая проволока проста в изготовлении и является полноценным заменителем цельнотянутой.

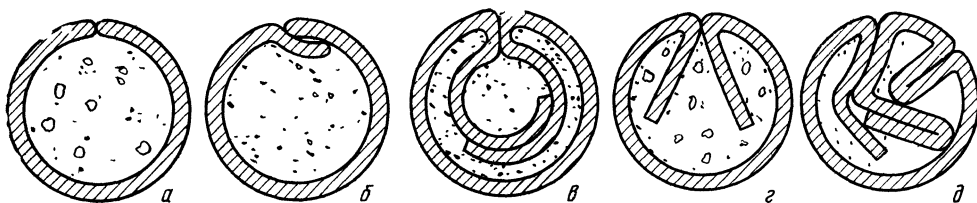


Рис. XI.14. Конструкции порошковых проволок

Для получения оболочки порошковой проволоки используют ленту из низкоуглеродистой стали, никеля, меди или других мягких металлов. Сердечник состоит из смеси тонкомолотых ферросплавов, металлов, карбидов, боридов и др. В состав порошка сердечника вводят также раскислители и шлакообразующие компоненты, улучшающие металлургический процесс наплавки (в основном для самозащитных проволок).

Порошковую проволоку изготавливают на специальных прямоточных многобаранных станах путем непрерывного сворачивания в трубку ленты с одновременным заполнением трубки смесью размолотых компонентов и последующего волочения через фильеры из твердого сплава или металллокерамики с уменьшением диаметра для запрессовки сердечника. Коэффициент заполнения порошковой проволоки для наплавки (отношение массы порошкового сердечника к массе оболочки из ленты) обычно не превышает 40—50%. При большем коэффициенте заполнения требуется тонкая лента-оболочка и увеличение диаметра проволоки. Такая проволока не обладает необходимой жесткостью, сминается и раскрячивается подающими роликами.

На практике применяют порошковые проволоки трех типов: для наплавки под флюсом, в среде защитных газов и открытой дугой в атмосфере воздуха (самозащитные). На рис. XI.14 показаны конструкции порошковых проволок, получившие наибольшее распространение в отечественной и зарубежной практике. Конструкция проволоки с плотным стыком, приведенная на рис. XI.14, а, отличается простотой изготовления, но при тонкой оболочке и больших диаметрах проволоки возникает опасность высыпания шихты сердечника. Эту конструкцию обычно применяют в тех случаях, когда для изготовления проволоки исполь-

зуется лента толщиной 0,5—0,8 мм, а диаметр готовой проволоки не превышает 3,6 мм. Проволока с плотным стыком, показанная на рис. XI.14, а, широко применяется для механизированной наплавки под флюсом.

Более технологична конструкция проволоки, показанная на рис. XI.14, б: трубка со стыком внахлестку. Она проста в изготовлении, а надежный стык оболочки предотвращает высыпание шихты. Это особенно важно при полуавтоматической наплавке, когда необходимо подавать проволоку по длинным каналам-шлангам. Засорение подающих каналов шихтой мешает движению проволоки,

что нарушает нормальный процесс наплавки. Эта конструкция самозащитных порошковых проволок наиболее характерна для отечественного производства и применяется в основном для шланговой полуавтоматической наплавки.

Конструкция, приведенная на рис. XI.14, в, разработана И. К. Походней и применяется главным образом при изготовлении сварочных порошковых проволок. За рубежом наиболее широко применяют конструкции порошковой проволоки, показанные на рис. XI.14, г, д. Последнюю из этих конструкций используют в случаях, когда не нужен высокий коэффициент заполнения проволоки, так как в этой конструкции сравнительно велика доля оболочки.

Для механизированной наплавки под флюсом наиболее широко применяют порошковую проволоку диаметром 3,6 мм, для полуавтоматической наплавки — диаметром 2,6—3,2 мм. В последние годы для механизированной наплавки под флюсом крупногабаритных деталей (роликов рольгангов, прокатных валков) начали применять порошковую проволоку диаметром до 8 мм. Наплавочную порошковую проволоку большого диаметра выпускают четырех марок: ПП-3Х2В8 и ПП-4Х2В8 (ТУ 14-4-344—73), ПП-25Х5ФМС (ТУ 14-4-799—77) и ПП-АН132 (ТУ 14-4-802-77). Изготовитель проволоки — Магнитогорский металлургический завод. Наплавка такой проволокой осуществляется на действующем на предприятиях оборудовании.

Институтом электросварки им. Е. О. Патона и другими научно-исследовательскими организациями разработано и освоено в промышленных масштабах большое число порошковых проволок различного состава. Наплавочные порошковые проволоки и ленты ранее обозначали буквами ПП и ПЛ с указанием типичного химического состава наплавленного металла, например

019 Таблица XI.12
Химический состав и твердость металла, полученного наплавкой порошковой проволокой

Марка проволоки	Содержание элементов, % (средние значения)										Твердость HRC после			
	C	Cr	Mn	Si	Ni	W	V	Mo	Ti	другие элементы	наплавки	наклепа	отжига	закалки и отпуска
ПП-АН101	3,0	24,0	0,6	3,0	3,0	—	—	—	—	—	48—55	—	—	—
ПЦ-АН103	1,8	12,0	0,6	0,6	—	—	—	0,8	—	—	40—44	48—56	27—29	60—62
ПП-АН104	1,8	12,0	0,6	0,6	—	1,0	0,25	—	—	—	40—44	48—56	27—29	60—62
ПП-АН105	1,0	—	13,0	0,5	4,2	—	—	—	—	—	20—25	40—45	—	—
ПП-АН106	0,20	13,5	0,4	0,4	—	—	—	—	0,2	—	42—48	—	18—20	32—34
ПП-АН120	0,18	1,8	1,8	0,6	—	—	—	0,7	—	—	37—41	—	18—19	40—42
ПП-АН121	0,18	0,8	1,0	0,6	—	—	0,15	—	0,25	—	29—34	—	—	—
ПП-АН122	0,30	4,5	1,6	0,8	—	—	—	0,6	0,25	—	50—56	—	28—32	54—60
ПП-АН124	2,8	17,0	1,0	0,6	—	—	—	—	—	0,3 В	42—48	50—56	—	—
ПП-АН125	2,0	15,0	1,0	1,5	—	—	—	—	0,3	0,7 В	50—58	—	—	—
ПП-АН130	0,25	5,0	0,6	1,2	—	—	0,4	1,2	—	—	40—46	—	—	—
ПП-АН132	0,37	3,8	0,8	0,9	—	2,6	0,4	2,8	—	—	46—50	—	—	—
ПП-АН133	0,12	17,0	1,2	5,4	8,0	—	—	—	0,1	—	28—31	—	—	—
ПП-АН138	1,10	15,0	0,6	0,2	1,8	—	—	—	0,2	—	22—26	—	—	—
ПП-АН170	0,70	20,0	0,6	0,6	—	—	—	—	0,2	3,0 В	60—65	—	—	—
ПП-3Х2В8	0,32	2,5	0,8	0,6	—	8,5	0,3	—	—	—	44—52	—	—	—
ПП-4Х2В8	0,37	2,5	0,8	0,6	—	8,5	0,3	—	—	—	45—54	—	—	—
ПП-3Х4В3Ф	0,25	4,0	0,6	0,6	—	3,5	0,6	—	0,2	—	38—42	—	—	—
ПП-20Х4В10	0,25	3,8	0,6	0,5	4,0	8,7	0,5	—	0,5	—	38—45	—	—	—
ПП-АНЧ-2	4,0	—	0,7	3,5	—	—	—	—	0,5	0,3 Al	18—25	—	—	—
ПП-АНЧ-5	3,3	—	0,3	3,2	—	—	—	—	—	0,02 Nb	18—29	—	—	—

ПП-У20Х12М или ПЛ-300Х25Н3С3. Начиная с 1970 г. порошковые проволоки и ленты, разработанные в Институте электросварки им. Е. О. Патона и рекомендованные для промышленного производства, обозначают буквами ПП-АН и ПЛ-АН с номером свыше 100, например ПЛ-АН101, ПП-АН125. Исключение составляют давно изготавливаемые промышленностью проволоки ПП-3Х2В8 и ПП-25Х5ФМС, обозначение которых уже прочно вошло в обиход. Номера менее 100 приняты для обозначения сварочных порошковых проволок.

В табл. XI.12—XI.15 приведены состав наплавленного металла и основные характеристики и назначение порошковых проволок, разработанных в основном в Институте электросварки им. Е. О. Патона и выпускаемых в промышленном масштабе специализированными цехами.

Кроме указанных в этих таблицах составов, разработаны (М. И. Разиковым и др.) порошковые проволоки для наплавки под флюсом и в углекислом газе самоупрочняющихся сплавов типа 30Х10Г10, применяемых для плунжеров гидропрессов, а также деталей, испытывающих трение металла о металл при высоких удельных нагрузках. Н. П. Емельянов и К. М. Мальков разработали самозащитные порошковые проволоки ПП-ТН250, ПП-ТН350 и ПП-ТН500 [цифры указывают твердость (НВ) наплавленного слоя] для восстановительной и износостойкой наплавки различных деталей железнодорожного транспорта. Характерная особенность этих проволок — высокая стойкость наплавленного металла против образования пор при повторной наплавке по деталям, которые до этого наплавлились электродами со стабилизирующим покрытием или голый проволокой. Для наплавки слоя бронзы на сталь В. В. Подгаецкий разработал порошковые проволоки ПП-БрОС2-1, ПП-БрОЦ6-6-3, ПП-БрОС10-10А, ПП-БрАЖ9-4 (в названии указана марка наплавленной бронзы).

Каждый моток порошковой проволоки поставщик должен упаковать в запаиваемую металлическую банку, перевязать и обернуть водонепроницаемой бумагой и тарной тканью. Герметичность упаковки следует сохранить до использования проволоки.

Электродная лента

Для наплавки используют стальную холоднокатаную, порошковую, литую и металлокерамическую ленты. Основные преимущества ленты — высокая производительность наплавочных работ, малое проплавление основного металла, большая ширина наплавленного валика. Исходя из существующей мощности источников питания сварочной дуги, наиболее часто используют ленту толщиной 0,4—0,6 и шириной 30—100 мм. При использовании специальных источников питания принципиально возможно применять ленту и большей ширины, например 300—400 мм.

Холоднокатаную стальную ленту, применяемую для наплавки под флюсом, изго-

тавливают из углеродистой конструкционной стали (ГОСТ 2284—79), из пружинной и инструментальной стали (ГОСТ 2283—79), и коррозионностойкой стали (ГОСТ 4986—79). Химический состав ленты из этих сталей представлен в табл. XI.16.

Для того чтобы создать наплавленный металл, удовлетворяющий различным требованиям, разработали порошковые, литые и металлокерамические ленты.

Порошковую ленту впервые использовали для механизированной наплавки ножей дорожных машин. Первоначально порошковая лента изготавливалась непосредственно наплавочным аппаратом. Объединение операций изготовления электрода и наплавки в одном агрегате привело к сложной и ненадежной конструкции. В последующем порошковую ленту начали изготавливать отдельно на специализированных станках, снабженных роликами для формирования и завальцовки металлической оболочки, дозирующим устройством для шихты и клетью с вальками для уплотнения сердечника. Коэффициент заполнения порошковой ленты значительно выше коэффициента заполнения порошковой проволоки. Достаточно сказать, что в ленту можно ввести до 70% легирующей шихты (количество шихты, вводимое в порошковую проволоку, не превышает 40%). В табл. XI.17 и XI.18 приведены состав и назначение порошковых лент. Характерной особенностью порошковых лент является их универсальность — они предназначены как для наплавки под флюсом, так и открытой дугой. Поставляют порошковую ленту в бухтах массой до 100 кг.

Литую ленту изготавливают бесслитковой прокаткой жидкого металла. Толщина ленты 0,8—1 мм. Она поставляется в рулонах в отожженном состоянии, выдерживает загиб на 180° на оправке радиусом 20 мм. Лента ЛЛ-У30ГС предназначена для наплавки под флюсом АН-28 слоя отбеленного чугуна на детали, работающие в условиях абразивного изнашивания. Твердость наплавленного металла составляет НРС 40—45. Лентой ЛЛ-4Х13 наплавливают под флюсом детали машин, работающие в условиях трения металла о металл с абразивной прокладкой: опорные катки и ролики тракторов и др. Преимущество литой ленты — ее невысокая стоимость.

Металлокерамическую (спеченную) ленту на железной основе поставляют по ГОСТ 22366—77. Ее изготавливают путем холодной прокатки тонкорозмолотых порошков металлов, ферросплавов, графита и других материалов в горизонтальных вальках и последующего спекания при температуре 1200—1300°С в проходной печи в защитной среде (водород, диссоциированный аммиак). Предел прочности лент в зависимости от состава составляет 8—20 кгс/мм², плотность не менее 6 г/см³, пористость не более 30%. Толщина выпускаемой ленты 0,8—1,2, ширина 25—100 мм. Существенным преимуществом металлокерамической ленты является повышенная производительность при выполнении наплавочных работ; она на 25—30% выше, чем при наплавке холоднокатаной лентой ачалогичного состава.

Таблица XI.13
Назначение наплавочных порошковых проволок

Марка проволоки	Тип наплавленного металла* ¹	ГОСТ, технические условия	Способ наплавки* ²	Микроструктура* ³	Марка флюса	Завод-изготовитель	Наплавляемые изделия
1	2	3	4	5	6	7	8
ПП-АН101	У30Х25Н3С3 (G)	TU 48-1943—73	О, Ф	К+Л	АН-20	Торезский завод наплавочных твердых сплавов	Детали загрузочных устройств доменных печей, валки коксовых дробилок, била и футеровка конусных дробилок, броневые плиты течек, решетки транспортеров, плиты скипов, ножи бульдозеров, гильзы шнековых насосов и другие детали, эксплуатирующиеся в условиях абразивного изнашивания при нормальных и повышенных температурах. Возможна наплавка на детали из стали 110Г13Л
ПП-АН103 ПП-АН104	У20Х12М (E) У20Х12ВФ (E)	TU 14-4-610—75 TU 14-4-609—75	Ф Ф	А+К А+К	АН-20 АН-20	Магнитогорский метизно-металлургический завод	Ролики рольгангов, ножи для холодной резки металлов, элементы смесителей и другие детали, работающие в условиях абразивного изнашивания и ударных нагрузок
ПП-АН105	Г13Н4 (С)	TU ИЭС18—75	О	А	—	Экспериментальное производство ИЭС им. Е. О. Патона	Крестовины стрелочных переводов, заварка дефектов литых деталей из стали 110Г13Л
ПП-АН106	1Х14Т (E)	TU 14-4-247—72	О	М+Ф	—	Днепропетровский метизный завод	Уплотнительные поверхности газовой и нефтяной аппаратуры, плунжеры гидросистем
ПП-АН120 ПП-АН121	20Х2Г2М (A) 20ХГТ (A)	TU 14-4-684—76 TU 14-4-683—76	Ф О, Ф	Ф+П Ф+П	АН-348А АН-348А	То же »	Крановые колеса, ролики рольгангов, тормозные шкивы, ролики, катки и натяжные колеса гусеничных машин, посадочные места валов
ПП-АН122	30Х5Г2М (A)	TU 14-4-484—74	О, Ф	М	АН-20	То же	Стальные коленчатые валы, крестовины карданных валов, шлицевые валы из углеродистых сталей (восстановление размеров)
ПП-У10Х4Г2Р	У10Х4Г2Р (E)	TU ВНИИСТа	О	М+А+К	—	—	Катки гусеничного хода трак-

ПП-АН124 ПП-АН125	У25Х17Т (G) У20Х15СРТ (G)	— ГОСТ 51491—72	О О	Л+К Л+К+КБ	— —	Днепропетровский метизный завод	торов, поддерживающие и направляющие ролики ротора Зубья, козырьки и стенки ковшей экскаваторов, колосники грохотов, спекательные тележки, ножи грейдеров и бульдозеров, била дробилок, звездочки, лопасти дымососов. Допускается наплавка на детали из стали 110Г13Л
ПП-АН130	25Х5ФМС (H)	ТУ 48-21-464—75	О	М	—	Артемовский завод по обработке цветных металлов	Ножи для горячей резки, штампы горячей штамповки, прессовый инструмент
ПП-АН132	3Х4В2МФС (H)	ТУ 14-4-802—77	Ф	М	АН-20	Магнитогорский метизно-металлургический завод	Валки листовых станов горячей прокатки
ПП-АН133	1Х18Н9С6Г2 (D)	ТУ ИЭС 41—75	Ф	А	АН-15М, АН-26	То же	Уплотнительные поверхности энергетической аппаратуры, работающие при высоких температурах и давлениях
ПП-АН138	08Х15Н2 (E)	—	О	Ф	—	—	Рабочие колеса, камеры проточного тракта гидротурбин и другие детали, подвергающиеся кавитационной эрозии
ПП-АН170 ПП-АН171	70Х20Р3Т (G) У10Х20Р4Т (G)	ТУ 14-4-800—77 —	О О	Л+К+КБ Л+К+КБ	— —	Днепропетровский метизный завод	Рабочие колеса и улитки грунтовых насосов, рабочие органы землеройных машин, шнеки, козырьки ковшей экскаваторов и драг
ПП-3Х2В8	3Х2В8 (H)	ТУ 14-4-344—73	Ф	М+К+ +А _{ост}	АН-20	Магнитогорский метизно-металлургический завод	Валки станов горячей прокатки, ножи для горячей резки, прессовый инструмент, бойки молотов и другие детали, работающие в условиях попеременного нагрева и охлаждения и высоких давлений
ПП-4Х2В8 ПП-3Х4В3Ф ПП-20Х4В10	4Х2В8 (H) 3Х4В3Ф (H) 20Х4В10 (H)	ТУ 14-4-344—73 — ТУ 48-21-49—72	Ф Ф О	То же » »	АН-20 АН-20 —	—	Детали из чугуна с пластинчатым графитом
ПП-АНЧ-2	Чугун	ТУ 14-4-258—72	О	—	—	Днепропетровский метизный завод	Детали из высокопрочного чугуна с шаровидным графитом
ПП-АНЧ-5	»	ТУ ИЭС 80—71	О	—	—	Экспериментальное производство ИЭС им. Е. О. Патона	

*1 В скобках указано обозначение в соответствии с классификацией МИС.

*2 О — наплавка открытой дугой, Ф — наплавка под флюсом.

*3 Л — ледебурит, М — маргесит, А — аустенит, К — карбиды, КБ — карбобориды, Ф — феррит.

Таблица XI.14

Технологические свойства порошковых проволок

Марка проволоки	Диаметр, мм	Предварительный подогрев, °С	Режим наплавки	
			ток, А	напряжение, В
ПП-АН103	3,6	400—600	360—400	24—28
ПП-АН104	3,6	400—600	350—400	30—32
ПП-АН105	2,8	Не требуется	250—300	22—24
	3,0	То же	350—400	24—26
ПП-АН106	2,8	»	250—320	23—25
ПП-АН120	3,6	»	360—400	24—28
ПП-АН121	3,0	»	350—400	24—26
ПП-АН122	2,6	»	350—500	26—28
ПП-АН125	3,2	»	340—380	28—30
ПП-АН130	2,8	300—500	200—350	21—27
ПП-АН132	4,0	≤400	390—480	30—34
	5,0	≤400	480—560	31—35
	6,0	≤400	580—670	31—36
ПП-АН133	3,6	Не требуется	350—400	30—32
ПП-АН170	3,2	То же	340—380	28—30
ПП-3Х2В8,	3,6	≤400	380—420	28—32
ПП-25Х5ФМС	4,0	≤400	390—480	30—34
	5,0	≤400	480—560	31—35
	6,0	≤400	580—670	31—36
ПП-АНЧ-2	3,0	300—350	250—600	28—42
ПП-АНЧ-5	3,0	400—700	350—500	25—40

Таблица XI.15

Характеристика порошковой проволоки для наплавки бронз

Марка, технические условия	Химический состав, %							Назначение
	Al	Fe	Cu	Si	Sn	Pb	примеси	
ПП-БрАЖ9-4, ВТУ ИЭС 53—66	8—10	2—4	Остальное	0,2	—	—	≤2,0	Заварка дефектов литья, восстановление изношенных деталей из алюминиевых бронз в защитном газе
ПП-БрОС8-21, ВТУ ИЭС 44—71	—	—	То же	—	7—9	19—23	≤1,0	Наплавка на стальные изделия, работающие в условиях высоких давлений и ударных нагрузок, восстановление изношенных деталей из оловянносвинцовой бронзы под флюсом АН-60

Примечание. Проволоку марки ПП-БрАЖ9-4 поставляет экспериментальный завод ИЭС им. Е. О. Патона, а проволоку марки ПП-БрОС8-21 — Артемовский завод по обработке цветных металлов.

Таблица XI.16

Химический состав холоднокатаной стальной ленты, применяемой для наплавки

Марка стали	Содержание элементов, %						S	P
	C	Mn	Si	Cr	Ni	Ti		
40	0,37—0,45	0,50—0,80	0,17—0,37	≤0,25	≤0,25	—	0,040	0,040
50	0,47—0,55	0,50—0,80	0,17—0,37	≤0,25	≤0,25	—	0,040	0,040
65	0,62—0,70	0,50—0,80	0,17—0,37	≤0,25	≤0,25	—	0,040	0,040
50Г	0,48—0,56	0,70—1,00	0,17—0,37	≤0,25	≤0,25	—	0,040	0,040
65Г	0,62—0,70	0,90—1,20	0,17—0,37	≤0,25	≤0,25	—	0,040	0,040
12Х13	0,09—0,15	≤0,60	≤0,60	12,0—14,0	—	—	0,025	0,030
20Х13	0,16—0,24	≤0,60	≤0,60	12,0—14,0	—	—	0,025	0,030
30Х13	0,25—0,34	≤0,60	≤0,60	12,0—14,0	—	—	0,025	0,030
08Х18Н10	≤0,08	1,0—2,0	≤0,80	17,0—19,0	9,0—11,0	—	0,020	0,035
12Х18Н9Т	≥0,12	1,0—2,0	≤0,80	17,0—19,0	8,0—9,5	≤0,40	0,020	0,035
20Х13Н4Г9	0,15—0,30	8,0—10,0	≤0,80	12,0—14,0	3,7—4,7	—	0,025	0,050
20Х23Н18	≤0,20	≤2,0	≤1,0	22,0—25,0	17,0—20,0	—	0,020	0,035
Х15Н60	≤0,15	≤1,5	0,4—1,5	15,0—18,0	55,0—61,0	—	0,020	0,030
Х20Н80Т	≤0,12	≤0,7	≤0,80	19,0—23,0	≥75	≤0,40	0,015	0,020

Таблица XI.17

Химический состав и твердость металла, полученного при наплавке порошковыми лентами

Марка ленты	Содержание элементов, %							Твердость HRC
	C	Cr	Mn	Si	Ni	B	другие элементы	
ПЛ-АН101	3,0	25,0	1,5	3,0	3,0	—	—	50—55
ПЛ-АН102	2,5	20,0	1,0	3,0	—	0,5	—	52—56
ПЛ-АН111	5,5	44,0	0,8	0,8	34,0	0,3	—	48—55
ПЛ-АН126	0,2	2,0	2,0	1,0	—	—	0,4 Mo; 0,7 Ti	38—45
ПЛ-АН134	0,08	20,0	—	0,5	10,0	—	1,0 Ti	18—19
ПЛ-АН150	0,08	17,8	2,0	5,5	9,2	0,15	—	28—34
ПЛ-АН171	1,0	20,0	2,0	3,0	—	4,0	—	65—68

ва. Это обусловлено пористостью ленты, приводящей к увеличению электросопротивления и к усилённому нагреву вылета электрода в процессе наплавки.

Металлокерамическая лента характерна равномерным распределением легирующих элементов по сечению и длине, поэтому химический состав наплавленного металла более однороден, чем при использовании порошковой ленты, а значит обладает повышенной износостойкостью. Металлокерамическую ленту нужно изготавливать из особо чистых порошков, например с минимальным содержанием углерода. Это особенно важно при наплавке аустенитных хромоникелевых сталей с высокими требованиями к стойкости против межкристаллитной коррозии. Химический состав наплавленного металла и назначение металлокерамической ленты представлены в табл. XI.19 и XI.20.

Изготавливают металлокерамическую ленту Броварский завод порошковой металлургии и Выксунский металлургический завод.

Флюсы

От состава и свойств флюса зависят устойчивость дуги, плотность и механические свойства наплавленного металла, отделимость шлаковой корки, предотвращение разбрызгивания, дегазация сварочной ванны.

Капли расплавленного металла перемещаются с расплавленным флюсом, а затем отделяются от него. При этом происходит химическое взаимодействие: часть углерода, хрома, ванадия и других элементов, содержащихся в металле, окисляется и переходит в шлак. Если флюс содержит большое количество марганца и кремния,

Назначение порошковой ленты для наплавки

Марка ленты	Тип наплавленного металла*1	Сечение, мм	ГОСТ, технические условия	Завод-изготовитель	Микроструктура*2	Способ наплавления*3	Флюс	Наплавляемые изделия
ПЛ-АН101	У30Х25Н3С3 (G)	4×20	ТУ 44-19-43—73	Днепропетровский метизный завод, Торезский завод наплавочных твердых сплавов	Л+К	О, Ф	АН-15М	Конусы и чаши загрузочных устройств доменных печей, валки и била дробилок, броневые плиты, ножи бульдозеров
ПЛ-АН102	У25Х20С3Р (G)	4×20	—	Экспериментальное производство ИЭС им. Е. О. Патона	Л+К+КБ	О, Ф	АН-15М	Футеровка конусных дробилок, броневые плиты, течки, решетки транспортеров, плиты скипов, ножи бульдозеров
ПЛ-АН111	Никель—карбид хрома	3×10	ТУ ИЭС 89—73	Днепропетровский метизный завод, экспериментальное производство ИЭС им. Е. О. Патона	—	О	—	Контактные поверхности больших конусов и чаш засыпных аппаратов доменных печей
ПЛ-АН126	20Х2ГМ (А)	4×20	—	Экспериментальное производство ИЭС им. Е. О. Патона	П+Ф	О	—	Детали ходовой части гусеничных машин, звенья агломерационных машин, ролики рольгангов, краповые колеса
ПЛ-АН134	10Х20Н10Б (D)	4×20	—	То же	А	О	—	Наплавка слоя нержавеющей стали на изделия из низкоуглеродистой стали
ПЛ-АН150	1Х17Н7С5 (D)	4×20	ТУ ИЭС 164—77	Экспериментальное производство ИЭС им. Е. О. Патона	А	Ф	АН-15М, АН-26	Уплотнительные поверхности энергетической аппаратуры
ПЛ-АН171	10Х20С3Р4 (G)	4×20	—	То же	Ф	О	—	Корпусы и рабочие колеса землесосов, детали смесителей, шнеки, рабочие органы машин для переработки грунта
ПЛ-У25Х25Г3Ф2РН	У25Х25Г3Ф2РН (G)	4×20	ТУ ВНИИСТА	—	Л+К+КБ	Ф	АН-20С, АН-70	Ножи бульдозеров и автогрейдеров
ПЛ-У25Х25Г3РЮ	У25Х25Г3РЮ (G)	4×20	»	—	Л+К	Ф	АН-20С, АН-70	Ножи торфокопателей, била дробилок
ПЛ-У40Х38Г2РТЮ	У40Х38Г2РТЮ (G)	4×20	»	—	Л+К+КБ	Ф	АН-60	Лопатки дорожных фрез, ножи бульдозеров, козырьки ковшей, зубья траншейных экскаваторов
ПЛ-У30Х30Г3ТЮ	У30Х30Г3ТЮ (G)	4×20	»	—	Л+К	Ф	АН-60	Зубья ковшей экскаваторов, ножи бульдозеров и скрепперов

*1 В скобках указано обозначение в соответствии с классификацией МИС.

*2 Л — ледебурит, П — перлит, Ф — феррит, А — аустенит, К — карбиды, КБ — карбориды.

*3 О — наплавка открытой дугой, Ф — наплавка под флюсом.

то эти элементы могут восстанавливаться и переходить из шлака в металл. Таким образом, состав флюса оказывает большее влияние на химический состав наплавленного металла.

Флюсы можно классифицировать по ряду признаков: способу изготовления, назначению, химическому составу, размеру и строению частиц. Наиболее часто их подразделяют по способу изготовления. По этому признаку различают в основном плавенные и керамические флюсы. Иногда (очень редко) применяют флюсы-смеси.

Плавенные флюсы (табл. XI.21, XI.22) изготавливают путем плавления шихты в электрических или пламенных печах с последующим гранулированием расплава мокрым или сухим способом.

Их можно подразделить на четыре группы.

К первой группе относят высококремнистые марганцевые флюсы. Типичными представителями этой группы являются флюсы типа АН-348А, АН-348АМ, ОСЦ-45, АН-60. Их обычно применяют при наплавке низкоуглеродистых, среднеуглеродистых и низколегированных сталей. Изредка их используют при наплавке аустенитных сталей. Высококремнистые марганцевые флюсы обеспечивают удовлетворительную стабильность дуги, отличное формирование наплавленных валиков, малую склонность к образованию пор и удовлетворительную отделимость шлаковой корки, если металл не содержит ванадия, вольфрама и больших количеств хрома (эти элементы способствуют налипанию шлаковой корки). Дробленая шлаковая корка может быть использована в качестве добавки к флюсам (до 25%). В процессе наплавки под этими флюсами происходит частичное окисление углерода и легирование наплавленного металла кремнием и марганцем.

Из высококремнистых марганцевых флюсов наилучшее качество формирования наплавленного валика отмечается при наплавке под флюсом АН-60. Этот флюс обеспечивает и минимальное порообразование при наплавке. При использовании флюсов ОСЦ-45 и ОСЦ-45М необходим источник постоянного тока, так как обычные источники переменного тока (с напряжением холостого хода 60—65 В) дают недостаточно устойчивую дугу.

Ко второй группе относят низкокремнистые безмарганцевые флюсы. Представителями этой группы являются флюсы АН-20С, АН-20СМ, АН-22, АН-26, АН-30, 48-ОФ-6. Эти флюсы применяются при наплавке легированной и высоколегированной стали с небольшим содержанием марганца. Флюсы АН-20С и АН-20СМ, наиболее распространенные из флюсов этой группы, обладают низкой температурой плавления (1600°С), поэтому их не применяют при наплавке изделий малого диаметра (< 100 мм). С этой точки зрения лучшими свойствами обладают тугоплавкие флюсы марок АН-30 и 48-ОФ-6, допускающие наплавку деталей диаметром 50—60 мм. Низкокремнистые безмарганцевые флюсы обеспечивают высокую стабильность дуги, хорошее формирование валика, отличное отделение шлако-

вой корки и высокую стойкость против образования пор в наплавленном металле.

Флюсы АН-20С и АН-20СМ слабее окисляют углерод, титан и другие примеси, чем флюс АН-348А. Однако из флюса в металл переходит значительное количество кремния. Флюс АН-30 используют при наплавке в сочетании с легированной проволокой, содержащей не менее 0,5% кремния. Из-за низкого содержания кремнезема и фтористого кальция флюс АН-30 в меньшей мере, чем другие флюсы, способен противодействовать образованию пор в наплавленном металле.

К третьей группе относят низкокремнистые марганцевые флюсы. Представителями этой группы являются флюсы АН-10, АН-26С и др. Эти флюсы применяют преимущественно при наплавке сталей и сплавов с высоким содержанием марганца. Исключением является флюс АН-26С, который применяют при наплавке хромоникелевых сталей электродной лентой. Достоинством этого флюса — хорошее формирование наплавленного валика и малая склонность к образованию пор. Недостатком является высокая окислительная способность, что приводит к недопустимому снижению содержания титана и хрома в наплавленном металле и к появлению кристаллизационных трещин. Эффективным средством борьбы с трещинами в этом случае является примесь 3—4% алюминиевой лигатуры (около 80% алюминия и 20% железа), обладающей одинаковой с флюсом плотностью. При наплавке под флюсом АН-26С, смешанным с лигатурой, достигается надежное предупреждение трещин.

Флюс АН-10 окисляет углерод и кремний и эффективно легирует металл марганцем. Аналогично действует и флюс АН-10А, получаемый в результате тепловой обработки расплава. Применение флюса АН-10А позволяет полностью избежать образования трещин (в частности, при наплавке стали типа ИЮГ13Л).

К четвертой группе относят специальные флюсы. Это флюсы, применяемые при электрошлаковой наплавке, при наплавке цветных сплавов и др. При электрошлаковой наплавке легированных сталей, помимо высококремнистого марганцевого флюса АН-348А, используют плавенные флюсы типа АН-8 и АН-25. Флюс АН-8 обеспечивает высокую устойчивость электрошлакового процесса. При использовании флюса АН-25 возможно возбуждение электрошлакового процесса без дуги: этот флюс электропроводен в твердом состоянии, при прохождении электрического тока быстро нагревается и расплавляется, образуя начальную ванну жидкого шлака.

При наплавке высокохромистых чугунов обычно применяют безмарганцевый флюс АН-28, наплавку сплавов на медной основе производят под флюсами марок АН-60 и АН-348А.

По строению зерен (частиц) различают стекловидные, пемзовидные и кристаллические плавенные флюсы. Стекловидный флюс состоит из прозрачных зерен, имеющих различную окраску. Зерна пемзовид-

Таблица XI.19

Химический состав и твердость металла, полученного при наплавке металлокерамическими лентами на основе железа

Марка ленты	Содержание элементов, %									Твердость HRC
	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	W	V	другие элементы	
ЛС-70ХЗНМ (А)*	0,90—1,10	≤0,7	≤0,4	4,2—4,8	0,9—1,2	0,8—1,1	—	—	—	54—58
ЛС-70ХЗНМ (Б)*	0,60—0,80	≤0,7	≤0,4	3,2—3,8	0,6—0,8	0,5—0,7	—	—	—	54—58
ЛС-5Х4ВЗФС	0,60—0,80	≤0,5	≤0,4	4,5—5,5	—	—	3,5—4,5	0,6—0,8	—	40—44
ЛС-5Х4В2М2ФС	0,60—0,80	≤0,5	0,1—0,4	4,5—5,5	—	1,6—2,0	2,5—3,5	0,6—0,8	—	48—50
ЛС-5Х4В4М2ФС	0,80—1,00	≤0,7	≤0,7	5,0—5,5	—	2,5—3,0	4,0—4,5	0,7—0,9	—	52—54
ЛС-08Х21Н9Г	0,04—0,08	≤0,5	1,0—1,5	28,0—30,0	12,0—14,0	—	—	—	—	—
ЛС-У10Х7ГР1	1,10—1,40	≤0,5	1,2—1,4	7,0—8,0	—	—	—	—	0,6—0,9 В	54—58
ЛС-1Х14НЗ	0,20—0,40	≤0,5	≤0,4	16,0—18,0	3,5—4,5	—	—	—	—	46—50
ЛС-20Х10Г10Т	0,20—0,40	≤0,3	16,0—18,0	11,0—12,0	—	—	—	—	0,6—0,8 Ti	38—42
ЛС-30ХГС	0,27—0,35	≤1,2	0,8—1,2	0,8—1,1	≤0,4	—	—	—	—	21—33

* А — для однослойной наплавки, Б — для многослойной.

Таблица XI.20

Назначение металлокерамической наплавочной ленты

Марка ленты	ГОСТ, технические условия	Применяемый флюс	Наплавляемые изделия
ЛС-70ХЗНМ (А), ЛС-70ХЗНМ (Б)* ЛС-5Х4ВЗФС	ГОСТ 22366—77 ГОСТ 22366—77	АН-60 АН-60	Штампы холодной штамповки, ножи бульдозеров, прокатные валки Прокатные валки, ножи для горячей резки металла, штампы горячей штамповки
ЛС-5Х4В2М2ФС	ГОСТ 22366—77	АН-60	Прокатные валки, ножи для горячей резки и другие детали, работающие в условиях циклической термической нагрузки
ЛС-5Х4В4М2ФС ЛС-08Х21Н9Г	ВТУ ИЭС 141—77 ГОСТ 22366—77	АН-60 АН-26П	То же Детали машин и аппаратов, работающие в агрессивных средах при обычных и повышенных температурах с повышенными требованиями к стойкости против межкристаллитной коррозии

ЛС-У10Х7ГР1

ГОСТ 22366—77

АН-60

Ножи бульдозеров, катки гусеничных машин и другие детали, работающие в условиях интенсивного абразивного изнашивания и умеренных ударных нагрузок

ЛС-1Х14НЗ

ГОСТ 22366—77

АН-26П

Плунжеры гидропрессов, валки станов горячей прокатки, катки гусеничных машин

ЛС-20Х10Г10Т

ТУ 14-1-347—72

АН-26П

Плунжеры гидропрессов, камеры насосов, крановые колеса и другие детали, работающие в условиях кавитационного изнашивания и трения

* А — однослойная наплавка, Б — многослойная

Т а б л и ц а X1.21
Состав плавящихся флюсов

Марка флюса	Содержание, %										
	SiO ₂	MnO	CaO	MgO	CaF ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	K ₂ O+Na ₂ O	Fe ₂ O ₃	S	P
									не более		
АН-348А	41—44	34—38	≤6,5	5,0—7,5	4,0—5,5	≤4,5	—	—	2,0	0,15	0,12
АН-348АМ	41—44	34—38	≤6,5	5,0—7,5	3,5—4,5	≤5,0	—	—	2,0	0,15	0,12
ОСЦ-45	38—44	38—47	≤6,5	≤2,5	6,0—9,0	≤5,0	—	—	2,0	0,15	0,15
ОСЦ-45М	38—44	38—47	≤6,5	≤2,5	6,0—9,0	≤5,0	—	—	2,0	0,15	0,10
АН-60	42—46	36—41	3—11	0,5—3,0	5,0—8,0	≤5,0	—	—	1,5	0,15	0,15
АН-20СМ	19—24	≤0,5	3,0—9,0	9,0—13,0	25—33	27—32	—	2,0—3,0	1,0	0,08	0,05
АН-26	30—32	2,5—3,5	5,0—6,5	16—18	20—24	20—22	—	—	1,0	0,07	0,1
АН-25	6—9	≤0,5	12—15	2—4	33—40	≤2	35—40	—	1,0	—	—
АН-30	2—5	≤0,5	16—20	13—16	19—23	39—44	—	—	1,0	0,08	0,05

Марка флюса	Содержание, %										
	SiO ₂	MnO	CaO	MgO	CaF ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	K ₂ O+Na ₂ O	Fe ₂ O ₃	S	P
	не более										
48-ОФ-6	≤4,0	≤0,3	16—23	3,0—4,0	45—60	20—27	—	—	1,5	0,05	0,04
АН-26С	29—33	2,5—4,0	4—8	15—18	20—24	19—23	—	—	1,5	0,1	0,2
АН-10	20—23	29—33	3—9	0,5—1,2	18—24	19—21	—	0,4—0,6	1,2	0,15	0,2
АН-28	5—10	≤1,0	33—44	≤2,0	5—15	36—45	—	1,0—2,0	2,0	0,08	0,08
АН-22	18—21,5	7—9	12—15	11,5—15	20—24	19—23	—	1,0—2,0	1,0	0,05	0,05
АН-8	33—36	21—26	4—7	5,0—7,5	13—19	11—15	—	—	3,5	1,15	0,15
ФЦ-9	38—41	38—41	≤6,5	≤2,5	2—3	10—13	—	—	2,0	0,1	0,1

Таблица XI.22

Характеристика и назначение плавленных флюсов

Марка флюса	Строение зерен	Размеры зерен, мм	Объемная масса, кг/дм ³	Назначение	Завод-изготовитель
АН-348А	Стекловидное	0,35—3,00	1,3—1,8	Восстановление прокатных валков, роликов рольгангов, колес кранов электродуговой наплавкой Восстановление шеек роликов рольгангов, роторов электродвигателей малого диаметра электродуговой наплавкой Электродуговая наплавка прокатных валков, ножей горячей резки и штампов спеченной лентой. Наплавка бронзовой проволокой и лентой сухарей шпindelных соединений Электродуговая наплавка валков станов горячей прокатки, ножей для горячей резки, деталей, работающих в условиях абразивного изнашивания и ударных нагрузок Электродуговая и электрошлаковая наплавка легированной проволокой деталей из легированных сталей Электродуговая наплавка валков станов горячей прокатки, а также деталей машин, работающих в агрессивных средах при повышенных температурах Электродуговая наплавка колес кранов, тормозных шкивов, шеек валов, роликов рольгангов Электрошлаковая наплавка деталей металлургического и кузнечно-прессового оборудования	Запорожский стекольный завод То же Никопольский завод ферросплавов
ОСЦ-45		0,35—3,00	1,3—1,8		
АН-348АМ		0,25—1,00	1,3—1,8		
ОСЦ-45М		0,25—1,00	1,3—1,8		
АН-60	Пемзовидное	0,35—4,00	0,7—1,0		
АН-20С	Стекловидное	0,35—3,00	1,3—1,7	Электродуговая наплавка валков станов горячей прокатки, а также деталей машин, работающих в агрессивных средах при повышенных температурах Электродуговая наплавка колес кранов, тормозных шкивов, шеек валов, роликов рольгангов Электрошлаковая наплавка деталей металлургического и кузнечно-прессового оборудования	То же » »
АН-20СМ		0,25—1,00	1,3—1,7		
АН-22		0,25—2,50	1,5—1,8		
АН-26С	»	0,25—2,50	1,3—1,8		»
ФЦ-9	»	0,25—1,00	1,3—1,8		»
АН-8	»	0,25—0,50	1,5—1,8		»

Таблица XI.23

Состав шихты керамических флюсов, %

Компоненты	КС-Х12Т	КС-Х12М	КС-Х14Р	КС-3Х2В8	КС-Р18Б	КС-Р9Б
Мрамор	43,9	41,5	40	43	29	35,5
Плавиковый шпат	6	6	10	10	10	10
Двуокись титана	6	6	—	15	9	9
Кварцевый песок	5	5	5	—	—	—
Магnezит	—	—	14	—	—	—
Ферросилиций	—	—	3	3	—	—
Ферромарганец	—	—	—	1	—	—
Феррохром	24	24	25	5	8	8
Ферровольфрам	—	—	—	17	31	20
Феррованадий	—	—	—	1	6	10
Ферромolibден	—	2	—	—	—	—
Ферротитан	14	14	—	5	5	5
Ферроалюминий	—	—	—	—	1	1
Карбид бора	—	—	3	—	0,8	0,4
Графит	1,1	0,5	0,5	—	0,5	1

ного флюса пористы и непрозрачны. Кристаллический флюс имеет зерна кристаллического строения. Флюс может быть тонкозернистым, мелкозернистым, среднезернистым и крупнозернистым. Величина зерен тонкозернистого флюса не превышает 0,8 мм; величина зерен крупнозернистого флюса достигает 5 мм.

Керамические флюсы изготавливают путем замешивания на жидком стекле смеси тонкоразмолотых ферросплавов, химикатов и минералов, измельчения тестообразной массы, сушки и проковки крупки. Жидкое стекло обладает клеящими свойствами. Исходными материалами для керамических флюсов являются марганцевая руда, титановый концентрат, кварцевый песок, мрамор, плавиковый шпат, ферросплавы и др. Шихта одной из серий керамических флюсов представлена в табл. XI.23, а химический состав наплавленного металла и назначение флюсов — в табл. XI.24.

Основным преимуществом керамических флюсов является возможность легировать наплавленный металл любыми элементами при использовании нелегированной электродной проволоки. В качестве такой проволоки при наплавке под керамическим флюсом обычно применяют электродную проволоку марки Св-08 или соответствующую ей по химическому составу ленту. Иногда применяют низколегированную проволоку марок Нп-30ХГСА и Св-12ГС; это позволяет повысить механические свойства наплавленного металла. Недостатками керамических флюсов являются необходимость строго соблюдать технологический режим наплавки и малая прочность зерен.

Флюсы-смеси представляют собой механическую смесь некоторых марок плавящихся флюсов с ферросплавами и другими компонентами. Для легирования металла через флюс к нему иногда примешивают такие материалы, как феррохром, ферромарганец, ферросилиций, графит. Недостатком флюсов-смесей являются зависимость химического состава и свойств наплавленного

металла от режима наплавки и возможность сепарации примесей. Поэтому флюсы-смеси получили ограниченное распространение.

Защитные газы

Для защиты расплавленного металла и дуги при наплавке получили определенное распространение инертные (аргон, гелий) и активные (углекислый газ, кислород, водород) газы. Из них наиболее широко применяют аргон и углекислый газ.

Аргон надежно защищает сварочную зону от соприкосновения с воздухом и не вступает во взаимодействие с расплавленным металлом. Его применяют при наплавке неплавящимися (вольфрамовыми) и плавящимися электродами, при плазменной наплавке и напылении. Наплавка в чистом аргоне по существу представляет собой простую переплавку основного и электродного металлов. Химический состав переплавленного металла в этом случае изменяется практически только за счет небольшого испарения элементов. Плотность аргона 1,78 г/л. В промышленном масштабе аргон добывают в качестве побочного продукта при получении кислорода и азота из воздуха. Получаемый газ содержит 83—88% аргона; такой аргон называют техническим. Для получения чистого аргона этот концентрат подвергают очистке от азота и других примесей. Для окончательной очистки от азота и кислорода газ при повышенных давлениях и температуре пропускают над металлическим кальцием. Азот образует с кальцием нитрид, кислород — оксид, а аргон, как инертный газ, отводится.

Для наплавки применяют чистый аргон I и II сорта по ГОСТ 10157—73. Обычно он находится в серых баллонах в газообразном состоянии под давлением 150 ат.

Углекислый газ является активным газом. В дуге он частично распадается на оксид углерода и кислород. Поэтому в процессе наплавки происходит интенсивное

Таблица X1.24

Характеристика керамических флюсов для наплавки

Марка флюса	Химический состав наплавленного металла, %							Технические условия	Твердость HB (HRC)	Наплавляемые изделия
	C	Cr	Mn	Si	Mo	V	Cu			
ЖСН-1	0,50	5,4	2,0	0,6	—	—	—	ВТУ ЖдМИ 14-1—70	450—500	Опорные валки листопркатных станов, детали металлургического оборудования, работающие при повышенных температурах
ЖСН-2	0,32	2,8	1,2	0,3	—	—	—	ВТУ ЖдМИ 14-2—70	330—380	Колеса кранов, валки коксобрилок, ролики рольгангов
ЖСН-4	1,10	5,0	0,6	0,6	—	—	—	ВТУ ЖдМИ 14-1—72	410—430	Броневые листы, детали машин, работающие в условиях абразивного изнашивания
ЖСН-5	0,18	6,2	0,32	0,3	0,76	0,35	—	ВТУ ЖдМИ 14-1—76	(35—38)	Валки обжимных и сортовых станов, опорные валки листовых станов, ролики рольгангов, ролики МНЛЗ, тормозные шкивы, колеса кранов
ЖСН-6	0,32	5,5	3,8	0,6	0,7	0,6	1,5	ВТУ ЖдМИ 14-2—76	(41—43)	Ножи для горячей резки металла, детали, работающие в условиях теплосмен, ударов и высоких удельных нагрузок
АНК-18	0,30	3,5	1,4	0,2	—	—	—	ТУ 14-1-15-444—72	350—450	Ролики рольгангов, катки гусеничных машин
АНК-19	0,6	4,5	0,8	0,3	—	—	—	ТУ 14-1-1086—75	(50—55)	Ножи бульдозеров, ковши скреперов, челюсти грейферов
АНК-40	0,25	1,2	1,2	0,8	—	—	—	ТУ 14-1-2415—78	200—300	Колеса подвижного состава, детали горно-обогатительного оборудования

Примечание Наплавку производят электродной проволокой марок Св-08 и Св-08А. При наплавке под флюсом ЖСН-5, помимо этого, используют проволоку марок Св-12ГС и Св-30ХГСА.

окисление некоторых примесей, однако обеспечивается надежная защита металла от азота воздуха. Используют углекислый газ при наплавке плавящимся электродом. Поставляют его в стальных баллонах емкостью 40 л в жидком состоянии. Баллоны окрашены в черный цвет. Для наплавки используют пищевую углекислоту, поставляемую по ГОСТ 8050—76. Содержание воды в ней не должно превышать 0,04%. Оксид углерода, минеральные масла, глицерин, сероводород, соляная, серная и азотная кислоты должны отсутствовать. При работе с пищевой углекислотой рекомендуется начинать наплавку только после спокойного отстаивания баллона в течение 15 мин и выпуска первых порций газа, содержащих повышенное количество примесей. Можно удалить воду из баллона путем его опрокидывания и осторожного открытия вентиля. Расход углекислоты при наплавочных работах составляет 600—1500 л/ч.

В последние годы все более широкое распространение получают смеси инертных и активных газов. Их применение позволяет повысить устойчивость дуги, улучшить формирование шва, уменьшить разбрызгивание и химическое воздействие на металл сварочной ванны (по сравнению с активными газами), повысить плотность наплавленного металла и увеличить производительность процесса.

6. Материалы, применяемые при ручной электродуговой наплавке

Основным материалом для ручной электродуговой наплавки являются покрытые электроды. От химического состава стержня и покрытия электродов зависят состав и механические свойства наплавленного металла, технологический режим наплавки.

Классификация, размеры и общие технические требования к электродам для ручной дуговой сварки и наплавки предусмотрены ГОСТ 9466—75. В этом стандарте учтены требования и рекомендации СЭВ по стандартизации РС52—70 и международного стандарта ИСО 2560—73.

В зависимости от отношения диаметра электрода D к диаметру стального стержня d различают электроды с тонким покрытием ($D/d \leq 1,2$), со средним ($1,2 < D/d \leq 1,45$), с толстым ($1,45 < D/d \leq 1,8$) и с особо толстым ($D/d > 1,8$). В зависимости от требований к точности изготовления электродов, состоянию поверхности покрытия, сплошности выполненного данными электродами металла шва и содержания серы и фосфора в наплавленном металле электроды делят на три группы.

Размеры электродов должны соответствовать указанным в табл. XI.25.

Предельные отклонения длины электрода не должны превышать: 3 мм — для электродов группы 1; 2 мм — для электродов групп 2 и 3. Максимально допустимая разница толщины покрытия в диаметрально противоположных участках электрода не долж-

Т а б л и ц а XI.25

Размеры электродов

Диаметр электрода, мм	Длина электрода со стержнем, мм, из сварочной проволоки		Длина зачищенного от покрытия конца электрода, мм
	низкоуглеродистой или легированной	высоколегированной	
1,6	200, 250	150, 200	20
2,0	250	200, 250	20
2,5	250, 300	250	20
3,0	300, 350	300, 350	25
4,0	350, 450	350	25
5; 6; 8	450	350, 450	25
10; 12	450	350, 450	30

Т а б л и ц а XI.26

Допустимая разница толщины покрытия, мм

Диаметр электрода, мм	Покрытие электродов тонкое, среднее и толстое			Покрытие электродов особо толстое		
	группы электродов					
	1	2	3	1	2	3
1,6	0,115	0,095	0,080	0,160	0,145	0,130
2,0	0,140	0,120	0,100	0,200	0,180	0,160
2,5	0,175	0,150	0,150	0,250	0,225	0,200
3,0	0,210	0,180	0,150	0,300	0,270	0,240
4,0	0,280	0,240	0,200	0,400	0,360	0,320
5,0	0,350	0,300	0,250	0,500	0,450	0,400
≤6,0	0,420	0,360	0,300	0,600	0,540	0,480

на превышать значений, указанных в табл. XI.26.

Подразделение электродов на типы осуществляют в соответствии с ГОСТ 9467—75, ГОСТ 10051—75 и ГОСТ 10052—75. Электроды делят на марки по техническим условиям и паспортам. Каждому типу электродов может соответствовать одна или несколько марок. Наиболее широко для ручной электродуговой наплавки применяют электроды, предусмотренные ГОСТ 10051—75. Их типы, химический состав наплавленного металла и его твердость при комнатной температуре представлены в табл. XI.27. Иногда для наплавочных работ применяют электроды, предназначенные для сварки конструкционных и теплоустойчивых сталей (ГОСТ 9467—75), а также электроды для сварки высоколегированных сталей с особыми свойствами (ГОСТ 10052—75).

Ряд марок специальных электродов для наплавки чугуна и цветных металлов выпускаются промышленностью по техническим условиям (табл. XI.28 и XI.29).

В табл. XI.30 представлены микроструктура наплавленного металла и назначение электродов некоторых марок, широко применяемых при ручной электродуговой наплавке.

Таблица XI.27

Характеристика электродов для ручной дуговой наплавки стальных деталей

Тип электродов	Марка электродов	Химический			
		C	Si	Mn	Cr
Э-10Г2	ОЗН-250У	0,08—0,12	≤0,15	2,0—3,3	—
Э-11Г3	ОЗН-300У	0,08—0,13	≤0,15	2,8—4,0	—
Э-12Г4	ОЗН-350У	0,09—0,14	≤0,15	3,6—4,5	—
Э-15Г5	ОЗН-400У	0,12—0,18	≤0,15	4,1—5,2	—
Э-16Г2ХМ	ОЗШ-1	0,12—0,20	0,8—1,3	1,2—2,0	0,9—1,3
Э-30Г2ХМ	НР-70	0,22—0,38	<0,15	1,5—2,0	0,5—1,0
Э-35Г6	ЦН-4	0,25—0,45	≤0,60	5,5—6,5	—
Э-37Х9С2	ОЗШ-3	0,25—0,50	1,40—2,80	0,4—1,0	8,0—11,0
Э-70Х3СМТ	ЭН-60М	0,50—0,90	0,80—1,20	0,40—1,00	2,3—3,2
Э-80Х4С	13КН/ЛИВТ	0,70—0,90	1,00—1,50	0,50—1,00	3,5—4,00
Э-95Х7Г5С	12АН/ЛИВТ	0,80—1,10	1,20—1,80	4,00—5,00	6,0—8,0
Э-65Х11Н3	ОМГ-Н	0,50—0,80	≤0,30	≤0,70	10,0—12,0
Э-24Х12	ЦН-5	0,18—0,30	≤0,30	0,40—1,00	10,5—13,0
Э-20Х13	48Ж-1	0,15—0,25	≤0,70	≤0,80	12,0—14,0
Э-35Х13В3СФ	Ш-16	0,25—0,45	1,00—1,60	≤0,50	10,5—13,5
Э-35Х12Г2С2	НЖ-3	0,25—0,45	1,50—2,50	1,60—2,40	10,5—13,5
Э-100Х12М	ЭН-Х12М	0,85—1,15	≤0,50	≤0,50	11,0—13,0
Э-120Х12Г2СФ	Ш-1	1,00—1,40	1,00—1,70	1,60—2,40	10,5—13,5
Э-300Х28Н4С4	ЦС-1	2,50—3,40	2,80—4,20	<1,00	25,0—31,0
Э-320Х23С2ГТР	Т-620	2,90—3,50	2,00—2,50	1,00—1,50	22,0—24,0
Э-320Х25С2ГР	Т-590	2,90—3,50	2,00—2,50	1,00—1,50	22,0—27,0
Э-350Х26Г2Р2СТ	Х-5	3,10—3,90	0,60—1,20	1,50—2,50	23,0—29,0
Э-225Х10Г10С	ЦН-11	2,0—2,5	0,5—1,5	8,0—12,0	8,0—12,0
Э-08Х17Н8С6Г	ЦН-6	0,05—0,12	4,8—6,4	1,0—2,0	15,0—18,4
Э-09Х16Н9С5Г2М2ФТ	ВПИ-1	0,06—0,12	4,5—5,3	1,6—2,4	15,0—16,8
Э-09Х31Н8АМ2	УОНИ13/Н1-БК	0,06—0,12	≤0,50	≤0,4	30,0—33,0
Э-13Х16Н8МС5Г4Б	ЦН-12	0,08—0,18	3,8—5,2	3,0—5,0	14,0—19,0
Э-15Х15Н10С5М3Г	ЦН-18	0,10—0,20	4,8—5,8	1,0—2,0	13,0—17,0
Э-15Х28Н10С3ГТ	ЦН-19	0,10—0,20	2,8—3,8	1,0—2,0	25,0—30,0
Э-15Х28Н10С3М2ГТ	ЦН-20	0,10—0,20	2,5—3,5	1,0—2,0	25,0—30,0
Э-200Х29Н6Г2	ЦН-3	1,60—2,40	0,3—0,6	1,5—3,0	26,0—31,0
Э-30В8Х3	ЦШ-1	0,20—0,40	≤0,30	≤0,40	2,0—3,5
Э-80В18Х4Ф	ЦИ-1М	0,70—0,90	≤0,50	≤0,80	3,8—4,5
Э-90В10Х5Ф2	ЦИ-2У	0,80—1,00	≤0,40	≤0,40	4,0—5,0
Э-30Х5В2Г2СМ	ТКЗ-Н	0,20—0,40	1,0—1,5	1,3—1,8	4,5—5,5
Э-65Х25Г13Н3	ЦНИИН-4	0,50—0,80	≤0,80	11,0—14,0	22,0—28,5
Э-105В6Х5М3Ф3	И-1	0,90—1,20	≤0,40	≤0,50	4,0—5,5
Э-90Х4М4ВФ	ОЗИ-3	0,60—1,20	≤0,80	≤0,70	2,8—4,3
Э-10М9Н8К8Х2СФ	ОЗШ-4	0,08—0,12	1,2—1,8	0,6—1,2	2,0—2,6
Э-10К15В7М5Х3СФ	ОЗИ-4	0,08—0,12	0,8—1,6	0,3—0,7	2,0—4,2
Э-10К18В11М10Х3СФ	ОЗИ-5	0,08—0,12	0,8—1,6	0,3—0,7	1,8—3,2
Э-110Х14В13Ф2	ВСН-6	0,90—1,30	0,3—0,6	0,5—0,8	12,0—16,0
Э-175В8Х6СТ	ЦН-16	1,60—1,90	0,7—1,5	0,6—1,2	5,0—6,0
Э-190К62Х29В5С2	ЦН-2	1,60—2,20	1,5—2,6	—	26,0—32,0

Примечания: 1. Содержание серы не более 0,035%, фосфора не более 0,040% для каждого
2. В скобках указана твердость наплавленного металла после термической обработки.

состав, %						Твердость HRC
Ni	Mo	W	V	Ti	Другие эле- менты	
—	—	—	—	—	—	20—28
—	—	—	—	—	—	28—35
—	—	—	—	—	—	35—40
—	—	—	—	—	—	40—44
—	0,7—0,9	—	—	—	—	35—39
—	0,3—0,7	—	—	—	—	37—41
—	—	—	—	—	—	50—57
—	—	—	—	—	—	52—58
—	0,3—0,7	—	—	≤0,3	—	(52—60)
—	—	—	—	—	—	52—62
—	—	—	—	—	—	25—32
2,5—3,5	—	—	—	—	—	25—33
—	—	—	—	—	—	40—48
≤0,6	—	—	—	—	—	(33—48)
—	—	2,5—3,5	0,5—1,0	—	—	(54—62)
—	—	—	—	—	—	(50—58)
—	0,4—0,6	—	—	—	—	(53—60)
—	—	—	1,0—1,5	—	—	(54—62)
3,0—5,0	—	—	—	—	—	48—54
—	—	—	—	0,5—1,5	0,5—1,5 B	55—62
—	—	—	—	—	0,5—1,5 B	57—63
—	—	—	—	0,2—0,4	1,8—2,5 B	58—63
—	—	—	—	—	—	40—50
7,0—9,0	—	—	—	—	—	28—37
8,4—9,2	1,8—2,3	—	0,5—0,9	0,1—0,3	—	(29—34)
7,0—9,0	1,8—2,4	—	—	—	0,3—0,4 N	(40—48)
6,5—10,5	3,5—7,0	—	—	—	0,5—1,2 Nb	(38—50)
9,0—11,0	2,3—4,5	—	—	—	—	35—45
9,0—11,0	—	—	—	0,1—0,6	—	(35—40)
9,0—11,0	1,0—2,5	—	—	0,1—0,3	—	(40—45)
5,0—8,0	—	—	—	—	—	(40—50)
—	—	7,0—9,0	—	—	—	(40—50)
—	—	17—19,5	1—1,4	—	—	(57—62)
—	—	8,5—10,5	2,0—2,6	—	—	(57—62)
—	0,4—0,6	1,5—2,5	—	—	—	50—60
2,0—3,5	—	—	—	—	—	23—35
—	2,5—4,0	5,0—6,5	2,0—3,0	—	—	(60—64)
—	2,4—4,6	0,9—1,7	0,6—1,3	—	—	(58—63)
6,5—9,5	7,0—11,0	—	0,3—0,7	—	6,5—9,5 Co	(55—60)
—	3,8—6,2	5,0—8,0	0,5—1,1	—	12,7—16,3 Co	(52—58)
—	7,8—11,2	8,8—12,2	0,4—0,8	—	15,7—19,3 Co	(62—66)
—	—	11,0—15,0	1,4—2,0	—	—	50—55
—	—	—	—	0,4	7,0—8,0 Nb	52—57
—	—	4,0—5,0	—	—	59—65 Co	40—50

типа электродов.

Т а б л и ц а X I.28

Характеристика электродов для наплавки чугуна

Марка электрода	Наплавляемые изделия	Технические условия
ОЗЖН-1	Детали из серого и высокопрочного чугунов (заварка дефектов литья)	ТУ 14-4-318—73
ОЗЧ-3	То же	ТУ 14-4-452—73
ОЗЧ-4	Детали из серого и высокопрочного чугунов, испытывающие динамические нагрузки и работающие на истирание	ТУ 14-4-453—73
ЦЧ-4	Детали из серого и высокопрочного чугунов (заварка дефектов литья)	ТУ 14-4-831—77
МНЧ-2	Детали из серого, высокопрочного и ковкого чугунов	ТУ 14-4-780—76
ОЗЧ-2	Детали из серого и ковкого чугунов (заварка дефектов литья)	ТУ 14-4-88—72

П р и м е ч а н и е. Электроды марки ОЗЧ-2 изготавливаются Лосиноостровским электродным заводом (г. Москва), остальные — Московским опытно-сварочным заводом.

Т а б л и ц а X I.29

Характеристика электродов для наплавки цветных металлов

Материал электрода	Марка электрода	Наплавляемые изделия	Технические условия
Бронза	ОСБ-1	Стальные и бронзовые детали, работающие в условиях трения (заварка дефектов бронзового литья)	ТУ 14-4-599—75
Алюминиевокремнистый сплав	ОЗА-2	Детали из алюминиевокремнистых сплавов типа АЛ-4, АЛ-9, АЛ-11 и др. (заварка дефектов литья)	ТУ 14-4-505—74
Алюминий	ОЗА-1	Детали и конструкции из чистого алюминия марок А0, А1, А2, А3	ТУ 14-4-614—75
Медь	«Комсомолец 100»	Детали из меди марок М1, М2, М3	ТУ 14-4-644—75

П р и м е ч а н и е. Электроды марки «Комсомолец 100» изготавливаются Лосиноостровским электродным заводом (г. Москва), остальные — Московским опытно-сварочным заводом.

Т а б л и ц а X I.31

Наиболее распространенные компоненты покрытия электродов

Компонент	Стандарт или технические условия	Марка
<i>Неметаллические компоненты</i>		
Гематит (руда железная)	—	Класс 10 (Криворожско-го месторождения)
Глина формовочная	ГОСТ 3226—77	1/1Т ₁ ; 1/1Т ₂
Глинозем	ГОСТ 6912—74	ГН-1
Графит кристаллический (литейный)	ГОСТ 5279—74	ГЛ-1; ГЛ-2; ГЛ-3
Двуокись титана электродная	ТУ 6-10-1363—73	ТЭ
Жалий:		
двухромовокислый технический	ГОСТ 2652—78	—
углекислый технический (поташ)	—	—
Каолин	ГОСТ 21286—75	—
Концентрат марганцевый	ГОСТ 4418—75	—
Криолит искусственный технический	ГОСТ 10561—73	К-1; К-2
Магнезит сырой дробленый	ТУ 14-8-64—73	СМ-1; СМ-2
Мрамор для сварочных материалов	ГОСТ 4416—73	М-97; М-97К
Песок кварцевый	ГОСТ 4417—75	—
Силикат растворимый:		
калиево-натриевый	ТУ 21-01-267—69	—
натриево-калиевый	ТУ 21-01-478—71	—
натрия	ГОСТ 13079—67	—
Слюда электродная	ГОСТ 14327—69	—
Сода кальцинированная (техническая)	ГОСТ 5100—73	—
Стекло натриевое жидкое	ГОСТ 13078—67	—
Тальк молотый	ГОСТ 21235—75	—
Целлюлоза электродная	ТУ 81/БВ-04-171—69	ЭЦ
Шпат полевой	ГОСТ 4422—73	—
<i>Металлические компоненты</i>		
Марганец металлический	ГОСТ 6008—75	Мр00; Мр0
Порошок:		
алюминиевый	—	—
железный	ГОСТ 9849—74	ПЖ0; ПЖ1; ПЖ2
кобальтовый	ГОСТ 9721—71	ПК-1; ПК-2
никелевый	ГОСТ 9722—79	ПНК1Л5
Пудра алюминиевая	ГОСТ 5494—71	ПАП-2
Феррованадий	ТУ 14-5-98—78	ФВд35А; ФВд35В
Ферровольфрам	ГОСТ 17293—71	В1
Ферромарганец:		
мало- и среднеуглеродистый	ГОСТ 4755—70	ФМн0,5; ФМн1,0
доменный	ГОСТ 5165—49	Мн5; Мн6
Ферромolibден	ГОСТ 4759—79	ФМ1; ФМ2
Феррониобий	ГОСТ 16773—71	ФН0; ФН1
Ферросилиций	ГОСТ 1415—78	ФС45
Ферротитан	ГОСТ 4761—67	Ти0; Ти1
Феррохром	ГОСТ 4757—79	ФХ100; ФХ200
Хром металлический	ГОСТ 5905—67	Х0; Х1; Х2

Условное обозначение электродов должно соответствовать ГОСТ 9466—75. При этом группа индексов, указывающих характеристики наплавленного металла, должна состоять из двух частей. Первая часть указывает среднюю твердость наплавленного металла по Виккерсу и Роквеллу. Вторая часть индексов указывает, что твердость наплавленного металла обеспечивается без термической обработки после наплавки — 1

или после термической обработки — 2. Например, электроды марки ОЗН-300У типа Э-11ГЗ, обеспечивающие среднюю твердость наплавленного металла НВ300 (HRC32, HV300) без термической обработки после наплавки: 300/32-1. Если паспорт или технические условия на электроды конкретной марки устанавливают твердость наплавленного металла как без термической обработки после наплавки, так и после тер-

Таблица X1.30

Характеристика наиболее распространенных марок электродов для ручной наплавки

Группа электродов	Тип электрода	Марка электрода	Микроструктура наплавленного металла	Завод-изготовитель	Условия эксплуатации	Наплавляемые изделия																			
I	Э-25Х10Г10С Э-65Х11НЗ	ЦН-11 ОМГ-Н	Аустенит и ледебурит Аустенит и карбиды	— Лосиноостровский электродный завод	Изнашивание, смятие и большие ударные нагрузки	Детали из высокомарганцовистой стали типа 110Г13Л (щеки дробилок, железнодорожные крестовины, элементы драг), пороки литья																			
	Э-65Х25Г13НЗ Э-175В8Х6СТ	ЦНИИН-4 ЦН-16	То же Аустенит, мартенсит и карбиды	— —			II	Э-10Г2 Э-11Г3 Э-12Г4 Э-15Г5	ОЗН-250У ОЗН-300У ОЗН-350У ОЗН-400У	Перлит » Троостосорбит »	Московский опытно-сварочный завод То же »	Небольшая интенсивность изнашивания и высокие ударные нагрузки	Различные детали машин (валы, оси и др.)	III	Э-24Х12 Э-100Х12М Э-120Х12Г2СФ	ЦН-5 ЭН-Х12М Ш-1	Троостомартенсит То же Аустенит и карбидная эвтектика; после термообработки — аустенит, мартенсит и карбидная эвтектика	— — —	Изнашивание и умеренные ударные нагрузки	Штампы холодной штамповки, клапаны доменных печей (ОЗШ-4), керны клещевых кранов (ОЗШ-4)	Э-70Х3СМТ	ЭН-60М	Мартенсит, остаточный аустенит, мелкие карбиды	Московский опытно-сварочный завод, Сибирский завод тяжелого машиностроения «Сибтяжмаш»	Э-37Х9С2 Э-2Х13 Э-10М9Н8К8Х2СФ Э-35Х12Г2С2
II	Э-10Г2 Э-11Г3 Э-12Г4 Э-15Г5	ОЗН-250У ОЗН-300У ОЗН-350У ОЗН-400У	Перлит » Троостосорбит »	Московский опытно-сварочный завод То же »	Небольшая интенсивность изнашивания и высокие ударные нагрузки	Различные детали машин (валы, оси и др.)																			
III	Э-24Х12 Э-100Х12М Э-120Х12Г2СФ	ЦН-5 ЭН-Х12М Ш-1	Троостомартенсит То же Аустенит и карбидная эвтектика; после термообработки — аустенит, мартенсит и карбидная эвтектика	— — —	Изнашивание и умеренные ударные нагрузки	Штампы холодной штамповки, клапаны доменных печей (ОЗШ-4), керны клещевых кранов (ОЗШ-4)																			
	Э-70Х3СМТ	ЭН-60М	Мартенсит, остаточный аустенит, мелкие карбиды	Московский опытно-сварочный завод, Сибирский завод тяжелого машиностроения «Сибтяжмаш»																					
	Э-37Х9С2 Э-2Х13 Э-10М9Н8К8Х2СФ Э-35Х12Г2С2	ОЗШ-3 48-Ж-1 ОЗШ-4 ТКЗ-Н	Мартенсит (после термообработки) То же » »	Московский опытно-сварочный завод То же » —																					

IV	Э-95Х7Г5С	12АН/ЛИВТ	Аустенит, карбиды, мартенсит То же	Завод «Электростальтяж-маш»	Интенсивные ударные нагрузки, высокие давления и абразивное изнашивание	Била дробилок, зубья ковшей экскаваторов и грейферов
	Э-30Х5Г2В2СМ	ТКЗ-Н		—		
V	Э-16Г2ХМ	ОЗШ-1	Перлит и сорбит	Московский опытно-сварочный завод	Интенсивное изнашивание при повышенных температурах	Изношенные штампы горячей штамповки, рабочие поверхности новых штампов из легированных сталей
	Э-90Х4М4ВФ	ОЗИ-3	Аустенит с карбидами; после термообработки — мартенсит	То же		
	Э-30В8Х3	ЦМ-1	Троостомартенсит и остаточный аустенит	»		
	Э-35Г6 Э-35Х12В3СФ	ЦН-4 Ш-16	Троостомартенсит То же	— —		
VI	Э-80В18Х4Ф	ЦИ-1М	Мартенсит, остаточный аустенит, карбиды	Ворошиловградский завод угольного машиностроения	Изнашивание при температурах до 600—650 °С	Кузнечно-прессовый и режущий инструмент, штампы горячей штамповки, эксплуатирующиеся в тяжелых условиях (осадка, вытяжка, прошивка)
	Э-10К15В7М5Х3СФ Э-105В6Х5М3Ф3	ОЗИ-4 И-1	То же »	То же Московский опытно-сварочный завод		
	Э-90В10Х5Ф2	ЦИ-2У	»	То же		
VII	Э-110Х14В13Ф2	ВСН-6	Аустенит, мартенсит и карбидная эвтектика	»	Интенсивное абразивное изнашивание и небольшие ударные нагрузки	Зубья ковшей экскаваторов, резцы машин для обработки мерзлого грунта, ножи автогрейдеров, щеки дробилок, била дробилок и мельниц, лопатки и рабочие колеса дымососов, зубья черпаков, ножи торфокопалей, матрицы и штемпели торфобрикетных прессов
	Э-300Х28Н4С4	ЦС-1 (сормайт 1)	Карбиды и ледебурит	Южно-Уральский машиностроительный завод		
	Э-320Х23С2ГТР	Т-620	Ледебурит, карбиды и карбобориды	Ремонтно-механический завод Мосэнерго		
	Э-320Х25С2ГР	Т-590	Ледебурит, карбиды и карбобориды	То же		
	Э-80Х4С Э-350Х26Г2Р2СТ	13КН/ЛИВТ Х-5 ЭНУ-2	Мартенсит, участки троостита Ледебурит, карбиды и карбобориды То же	Завод «Электростальтяж-маш» Московский опытно-сварочный завод То же		

мической обработки или после термической обработки по различным режимам, то группа индексов дополняется соответствующими парами индексов, указываемыми в скобках.

При изготовлении покрытых электродов используют стержни из сварочной проволоки (в основном Св-08, или Св-08А) и компоненты покрытия, представленные в табл. XI.31.

Технологический процесс изготовления покрытых электродов методом опрессовки состоит из следующих операций:

изготовление электродных стержней путем правки и рубки сварочной проволоки на правильно-рубильных станках;

переработка твердых компонентов покрытий для обеспечения заданного гранулометрического состава и других предъявляемых к ним требований (промывка, дробление, сушка, измельчение, просев, пассивирование и другие операции, выполняемые в зависимости от вида и состояния поставки компонентов);

приготовление жидкого стекла (промывка и дробление силикатной глыбы, ее варка в воде и охлаждение раствора с последующим фильтрованием или отстаиванием); приготовление сухой шихты (взвешивание компонентов по заданной рецептуре и их последующее перемешивание в сухом виде);

приготовление обмазочной массы (добавление в сухую шихту заданного количества жидкого стекла и пластификаторов, перемешивание мокрой смеси и ее последующее брикетирование);

изготовление покрытых электродов на электрообмазывающих прессах с зачисткой машиной;

сушка и прокалка покрытых электродов; упаковка электродов;

контроль качества готовых электродов.

Электроды поставляют в водонепроницаемой упаковке, транспортируют и хранят в условиях, обеспечивающих сохранность упаковки. Для электродов диаметром более 4 мм масса пачки не должна превышать 8 кг. Партия электродов должна сопровождаться сертификатом, подтверждающим соответствие их требованиям стандарта или технических условий.

7. Неплавящиеся электроды

В качестве неплавящихся для электродуговой наплавки используют вольфрамовые, угольные и графитовые электроды.

Неплавящиеся вольфрамовые электроды в виде прутков изготавливают по техническим условиям. Предусмотрено изготовление вольфрамовых прутков четырех видов:

из лантанированного вольфрама (с добавкой оксида лантана до 2%), их поставляют по ТУ 48-19-27—77 в прутках диаметром 1—10 и длиной 150—600 мм;

из иттрированного вольфрама (с добавкой оксида иттрия до 2%), их поставляют по ТУ 48-19-221—76 в прутках диаметром 2—10 и длиной 120—200 мм;

из торированного вольфрама (с добавкой

двуоксида тория до 1,5%), их поставляют по ТУ 48-19-59—73 в прутках диаметром 4—9 и длиной 100 мм;

из вольфрама без специальных добавок, их поставляют по ТУ 48-19-39—73 в прутках диаметром 2—12 и длиной 200—500 мм.

Боле широко применяют вольфрамовые электроды из лантанированного и иттрированного вольфрама диаметром от 1 до 4 мм. Использование электродов из торированного вольфрама в связи с их радиоактивностью связано с определенными ограничениями.

При наплавке вольфрамовыми электродами для защиты их от окисления применяют инертные газы либо смеси инертных газов с активными. Используют эти электроды при электродуговой наплавке в защитном газе, при плазменной наплавке и плазменном напылении. Основными поставщиками вольфрамовых электродов являются Узбекский комбинат тугоплавких и жаропрочных металлов (г. Чирчик) и завод «Победит» (г. Орджоникидзе).

Неплавящиеся угольные электроды поставляют в соответствии с ГОСТ 10720—75. Этот стандарт регламентирует изготовление омедненных и неомедненных угольных электродов. Длина неомедненной части омедненных угольных электродов не должна превышать 30 мм. Для наплавки применяют электроды марки СК, имеющие диаметр 4, 6, 8, 10, 15, 18 мм и длину 250 мм.

Неплавящиеся графитовые электроды по государственным стандартам не изготавливают, поэтому в ряде случаев их получают разрезкой и обточкой графитизированных электродов по ГОСТ 4426—71. По сравнению с угольными электродами графитовые электроды обладают большей стойкостью против окисления при высоких температурах.

8. Порошки для наплавки

Для электродуговой наплавки неплавящимся электродом износостойкого слоя на детали, работающие в условиях интенсивного абразивного изнашивания, применяют механические смеси порошков, состав и свойства которых регламентированы ГОСТ 11546—75. Химический состав смесей порошков и твердость наплавленного металла должны соответствовать нормам, указанным в табл. XI.32.

Области применения смесей порошков видны из табл. XI.33. Смесей порошков наплавляют в основном вручную открытой дугой. Несвершенство метода наплавки, тяжелые условия труда, малая производительность процесса приводят к тому, что масштабы применения наплавочных смесей порошков непрерывно уменьшаются.

Помимо смесей порошков, для наплавки и напыления износостойкого слоя на детали, работающие в условиях абразивного изнашивания, коррозии, эрозии, при повышенных температурах или в агрессивных средах, используют порошки из сплавов, состав и свойства которых регламентированы

Таблица XI.32

Химический состав смесей порошков на железной основе

Марка порошка	Легирующие компоненты, %					Насыпная плотность, г/см ³	Твердость HRC наплавленного металла
	C	Cr	Si	Mn	B		
	не менее						
С-2М	7,0—10,0	24,0—26,0	0,5—3,0	6,0—8,5	—	2,7	54
ФБХ6-2	3,5—5,5	28,0—37,0	1,0—2,5	2,5—5,5	1,3—2,2	2,9	53
БХ	0,3—1,0	35,0—44,0	0,5—1,0	—	7,0—9,0	2,4	63
КБХ	4,0—6,0	42,0—52,0	0,5—1,4	—	0,7—0,9	3,6	60

Таблица XI.33

Область применения смесей порошков

Марка смесей порошков	Наплавляемые изделия
С-2М	Била дробилок, ножи бульдозеров и грейдеров, ковши экскаваторов и драг, шнеки прессов для производства кирпича, лопасти глиномешалок, катки, поддоны и отвалы бегунковых смесителей, коксовыталькиватели и др.
ФБХ6-2	Детали горнодобывающего и торфоперерабатывающего оборудования, работающего в условиях интенсивного абразивного изнашивания с умеренными ударными нагрузками
БХ	Лопасты глиномешалок, детали прессов для производства кирпича, пресс-формы для брикетирования угля и торфа, лопасти вентиляционных дымо-сосов, детали земснарядов, кольца дезинтеграторов и др.
КБХ	Лопасты глиномешалок, детали прессов для производства кирпича, пресс-формы для брикетирования угля, зубья ковшей одноковшовых и роторных экскаваторов, ножи бульдозеров и грейдеров, лопасти вентиляционных дымо-сосов, лопатки дробетомов и др.

ны ГОСТ 21448—75. Порошки из сплавов наиболее широко применяют при плазменной, газовой, индукционной и печной наплавке, а также при плазменном напылении. Изготавливают наплавочные порошки распылением струи жидкого сплава водой или газом высокого давления. Форма частиц может быть сферической или осколочной. Порошки со сферической формой частиц отличаются хорошей сыпучестью и нормально подаются из дозирующих устройств в зону наплавки. Их широко используют для плазменно-порошковой и газо-порошковой наплавки. Порошки осколочной формы чаще применяют для плазменной наплавки по неподвижной присадке и для индукционной наплавки.

ГОСТ 21448—75 предусматривает поставку порошков восьми марок (типов): ПГ-С27 (ПН-У40Х28Н2С2ВМ); ПГ-С1 (У30Х28Н4С4); ПГ-УС25 (ПН-У50Х38Н); ПГ-ФБХ6-2 (ПН-У45Х35ГС4); ПГ-АН1 (ПН-У25Х30СР); ПГ-СР2 (ПН-ХН80С2Р2); ПГ-СР3 (ПН-Х80С3Р3); ПГ-СР4 (ПН-ХН80С4Р4). Основу сплава для порошков первых пяти марок составляет железо, последних трех марок — никель. Кроме того, значительное число марок порошков поставляют по техническим условиям. В табл. XI.34 представлен химический состав некоторых распространенных порошков из сплавов. Здесь же указана твердость наплавленного металла.

Порошки на основе никеля с хромом и бором используют для плазменно-порошковой наплавки плунжеров водяных и кислотных насосов, уплотнительных поверхностей арматуры, выхлопных клапанов дизельных двигателей, прессформ для стекла и т.д. Порошки на основе кобальта позволяют получить наплавленный металл типа кобальтовых стеллитов. Порошок ПН-АН30 по своему химическому составу соответствует применяемому уже давно литым пруткам марки ВЗК и может заменить их. Порошок ПН-АН31 содержит бор и дает более твердый и износостойкий, но менее пластичный металл. После расплавления он хорошо смачивает наплавляемую поверхность и обеспечивает отличное формирование валиков. Если требуется получить кобальтовый стеллит повышенной пластичности для деталей, испытывающих резкие тепловые и знакопеременные нагрузки, то рекомендуется применять порошок ПН-АН32, предназначенный для плазменной наплавки уплотнительных поверхностей паровой арматуры высоких параметров.

Составу известного в СССР сплава В2К отвечает порошок ПН-АН20. Металл, наплавленный этим порошком, содержит по сравнению с другими стеллитами повышенное количество углерода и вольфрама, обладает максимальной твердостью при комнатной и повышенных температурах. Порошкообразный сплав сормайт широко

Таблица XI.34
Химический состав порошков из сплавов

Марка порошка	Содержание элементов в наплавленном металле, %									Твердость HRC наплавлен- ного металла
	C	Si	Cr	B	W	Ni	Co	Fe	другие элементы	
ПГ-ХН80СР2	0,3—0,6	1,5—3,0	12,0—15,0	1,5—2,5	—	Основа	—	≤5,0	—	35—40
ПГ-ХН80СР3	0,4—0,8	2,5—4,5	12,0—16,0	2,5—3,0	—	»	—	≤5,0	—	45—50
ПГ-ХН80СР4	0,6—1,0	3,0—5,0	13,0—17,0	2,5—4,0	—	»	—	≤5,0	—	55—60
НПЧ-1	0,1—0,3	1,3—1,5	—	1,2—1,5	—	»	—	≤0,7	4,0—5,0 Cu	18—20
НПЧ-2	0,1—0,3	2,4—2,7	—	2,2—2,7	—	»	—	≤1,0	4,0—5,0 Cu	28—32
ПН-АН30	0,9—1,3	1,5—2,5	28—32	—	4,0—5,0	≤2,0	Основа	≤2,0	—	38—42
ПН-АН31	0,7—1,0	1,5—2,5	28—32	1,2—1,7	4,0—5,0	≤2,0	»	≤2,0	—	48—50
ПН-АН32	0,7—1,0	1,5—2,5	28—32	—	4,0—5,0	12,0—15,0	»	≤2,0	—	37—40
ПН-АН33	0,9—1,3	2,0—3,0	28—32	—	4,0—5,0	≤2,0	»	≤2,0	5,0—7,0 Mo	40—45
ПН-АН20	1,8—2,5	1,0—2,0	28—32	—	13,0—15,0	≤2,0	»	≤2,0	—	48—55
ПГ-С27	3,3—4,5	1,0—2,0	24—28	—	0,2—0,4	1,5—2,0	—	Основа	0,08—0,15 Mo	52—54
ПГ-УС25	4,4—5,4	1,6—2,6	35—41	—	—	1,0—1,8	—	»	—	54—56
ПГ-ФБХ6-2	3,5—5,5	1,0—2,5	32—37	1,3—2,0	—	—	—	»	—	51—53
Релит 3	3,7—4,0	—	—	—	4—9,6	—	—	»	—	—
Порошкообразный сормайт	2,5—3,5	2,9—4,2	25—31	—	—	3,0—5,0	—	Основа	—	50—56

Таблица XI.35

Характеристика литых прутков для наплавки

Марка электрода	Химический состав, %									Твердость HRC, не менее	Условия эксплуатации наплаваемых изделий (применение)
	Fe	C	Cr	Si	Mn	Ni	W	Co	другие эле- менты		
Пр-С27	Основа	3,5—4,5	25—28	1,0—2,0	1,0—1,5	1,5—2,0	0,2—0,4	—	0,08—0,15 Mo	52	При абразивном изнашивании, умеренных ударных нагрузках и температуре до 500° С При абразивном изнашивании и умеренных ударных нагрузках То же При эрозии, нагреве до 750° С, воздействии агрессивных сред, ударных нагрузках и трении металла по металлу То же (а также режущий инструмент) (Детали из серого чугуна) (То же)
Пр-С1	»	3,5—3,3	27—31	2,8—3,5	0,4—1,0	3,0—5,0	—	—	—	50	
Пр-С2	»	1,5—2,0	13—17	1,5—2,2	0,4—1,0	1,5—2,5	—	—	—	44	
Пр-ВЗК	≤2,0	1,0—1,3	28—32	2,0—2,7	—	0,5—2,0	4,0—5,0	Основа	≤2,0 Fe	40	
Пр-ВЗК-Р	≤3,0	1,6—2,0	28—32	0,5—1,2	0,4—1,2	0,1—2,0	7,0—11,0	»	0,01—0,2 В; 0,02—0,1 Sb	46	
ВЧ	Основа	2,5—3,0	—	1,0—1,5	0,2—0,6	—	—	—	—	44	
ХЧ	»	2,5—3,0	1,2—2,0	1,2—1,5	0,5—0,8	—	—	—	—	48	

используется для индукционной наплавки рабочих органов почвообрабатывающих машин. К порошкообразному сплаву сормайт обязательно примешивают флюсы, обеспечивающие необходимое качество наплавленного слоя. Порошки из сплавов на основе железа (ПГ-С27, ПГ-УС25, ПГ-ФБХ6-2) применяют для наплавки деталей металлургического и энергетического оборудования, работающих в условиях абразивного изнашивания при температурах до 500°С с умеренными динамическими нагрузками. Для восстановления размеров деталей из чугуна и исправления дефектов чугунолитья используют порошки марок НПЧ-1 и НПЧ-2.

Порошки для наплавки поставляют в основном Торезский завод наплавочных твердых сплавов МЦМ СССР и экспериментальный завод Института электросварки им. Е. О. Патона.

9. Литые прутки для наплавки

Наиболее часто литые прутки применяют для газопламенной и аргонно-дуговой наплавки; иногда их используют в качестве стержней покрытых электродов. Для наплавки износостойкого слоя на детали, работающие в условиях абразивного изнашивания, ударных нагрузок, коррозии, эрозии при повышенных температурах или в агрессивных средах, используют литые прутки по ГОСТ 21449—75; в соответствии с этим стандартом выпускают пять марок прутков. ГОСТ 2671—70 предусматривает поставку двух марок чугунных прутков, предназначенных для износостойкой наплавки чугунных деталей (табл. XI.35). Несколько марок прутков на кобальтовой основе (марки ВЗК1, ВЗКВ, ЗВ16К), предназначенных для наплавки штампов горя-

чего деформирования, пил для обработки древесины, опорных лап буровых долот, поставляют по техническим условиям (ТУ 48-19-45—73 и др.).

Прутки изготавливают с номинальными диаметрами: 4 мм при длине 300 и 350 мм; 5 и 6 мм при длине 350 и 400 мм; 8 мм при длине 450 и 500 мм. Предельные отклонения по диаметру ±0,5, по длине ±25 мм. Поверхность прутков из сплавов марок Пр-ВЗК и Пр-ВЗК-Р должна быть шлифованной, из сплавов остальных марок — шлифованной или необработанной. Поставляют их упакованными в водонепроницаемую бумагу в деревянных ящиках массой до 50 кг. Основной поставщик — Торезский завод наплавочных твердых сплавов. На этом же заводе изготавливают литые пластинчатые электроды для электрошлаковой наплавки.

10. Горючие газы

При газовой наплавке в качестве горючего газа применяют ацетилен и его заменители — пропан, бутан, пропан-бутан, природный газ (табл. XI.36). В качестве окислителя обычно используют кислород.

Ацетилен относится к группе непредельных углеводородов. Это бесцветный газ со специфическим запахом. Ацетилен легче воздуха. При сгорании ацетилено-кислородное пламя дает температуру 3200°С. Он взрывоопасен даже в смеси с воздухом. Температура воспламенения ацетилена при избыточном давлении 5 ат колеблется в пределах 500—600°С; при увеличении давления она заметно снижается.

Ацетилен используют либо в газообразном состоянии при получении его в переносных или стационарных ацетиленовых генераторах, либо в растворенном состоянии. Растворенный ацетилен представляет собой

Т а б л и ц а XI.36

Характеристика горючих газов

Параметры	Наименование газа				
	ацетилен	пропан	бутан	пропан-бутан	природный газ
Низшая теплота сгорания, ккал/м ³	12 600	20 800	27 800	20 600	7500—9000
Температура пламени смеси с кислородом, °С	3100—3200	2600—2750	2400—2500	2000—2100	2000—2200
Коэффициент замены ацетилена	1	0,65	0,45	0,6	1,8
Плотность при 20 °С, кг/м ³	1,09	1,88	2,54	1,87	0,68—0,9
Пределы взрывоопасности (% содержания горючего в смеси):					
с воздухом	2,1—100	2—11	1,5—8,5	2,0—9,5	4,5—14
с кислородом	2,3—100	2—48	3—45	—	—
Соотношение между кислородом и газом в смеси	1,7	3,5—4	3,5—4	3,5—4	1,7—2,1
Состояние газа в баллонах	Растворенный		Жидкий		Газообразный
Рабочее (избыточное) давление в баллонах, ат	19	16	16	16	150

раствор ацетилена в ацетоне, распределенный равномерно в пористом наполнителе под давлением. Растворимость ацетилена зависит от температуры и давления. Физико-химические свойства газообразного и растворенного технического ацетилена регламентированы ГОСТ 5457—75.

Основным сырьем для получения ацетилена является карбид кальция. Ацетилен получают в результате разложения (гидролиза) карбида кальция водой. Из 1 кг технического карбида при комнатной температуре получают до 300 л ацетилена.

При применении растворенного ацетилена (в баллонах) по сравнению с газообразным обеспечиваются наибольший коэффициент использования карбида, чистота рабочего места сварщика, устойчивая работа аппаратуры. При давлении 19 атм стандартный 40-л баллон вмещает 5—5,8 кг ацетилена.

Пропан-бутановые смеси получают при добыче природных газов, а также при переработке нефти и нефтепродуктов. Эти смеси могут быть переведены в жидкое состояние. Хранить пропан-бутан следует в емкостях, рассчитанных на работу под давлением. Пропан-бутановая смесь по сравнению с другими горючими газами обладает самой большой теплотой сгорания. К потребителю пропан-бутан может поступать либо в баллонах, либо по газопроводам от перепускной ramпы или стационарной емкости с испарителем. Состав сжиженных газов регламентируется ГОСТ 10196—62.

Природный газ представляет собой смесь газообразных предельных углеводородов с преобладающим количеством метана (до 98%) и небольшим количеством инертных газов и азота. Природный газ почти не имеет запаха, поэтому в газ, идущий к потребителю, добавляют одарант, придающий ему резкий запах, по которому можно установить утечку газа. Природный газ может поступать к потребителю либо в баллонах, либо по газопроводу.

11. Технология механизированной наплавки

Технологический процесс восстановления и упрочнения изношенных деталей методом наплавки может быть представлен схемой, показанной на рис. XI.15. При наплавке новых деталей применяют такую же технологическую схему, но при этом отсутствуют операции отжига, очистки и подготовки деталей к наплавке.

Особенности подготовки деталей к наплавке определяются их конструкцией и степенью износа. При износе детали, превышающем возможную толщину слоя, наплавляемого специальными материалами, ее предварительно наплавляют низкоуглеродистыми сталями. В ряде случаев детали перед наплавкой подогревают для предотвращения образования трещин. Температура подогрева зависит от химического состава основного и наплавленного металлов.

После наплавки и соответствующей ме-

ханической обработки детали для получения заданных эксплуатационных свойств подвергают термической обработке. Объемной термической обработке, как правило, подвергают детали, прошедшие восстановительную наплавку, при которой составы основного и наплавленного металлов практически одинаковы.

Иногда для повышения износостойкости поверхностного слоя используют закалку с

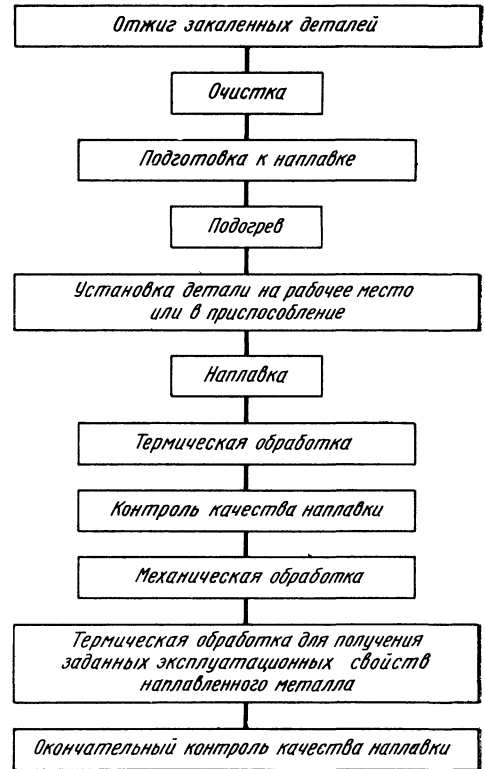


Рис. XI.15. Технологическая схема наплавки

нагрева деталей токами высокой частоты. При наплавке деталей высоколегированными сплавами упрочняющую термическую обработку применяют редко. Чаще производят отпуск при температуре 380—400° С с последующим медленным охлаждением (в печи, сухом песке, утепленном коробе). При разработке технологии термической обработки учитывают разнородные свойства основного и наплавленного металлов и зоны их соединения.

Качество наплавленного слоя, его химический состав и структура в большой мере зависят от режима наплавки. Обычно стремятся к постоянству режима. Поэтому предпочтительна наплавка при постоянном токе, так как в заводских сетях переменного тока часто отмечаются резкие колебания напряжения, что отрицательно влияет на стабильность режима и, следовательно, на форму наплавленного валика.

Режим наплавки должен обеспечивать отличное формирование каждого наплавлен-

ного валика, максимальную производительность наплавки, надежное проплавление основного металла или ранее наплавленного слоя, минимальный припуск на механическую обработку. Основными факторами, определяющими режим наплавки, являются: число электродов, ток, напряжение дуги, скорость перемещения дуги, вылет электрода, шаг наплавки, смещение с зенита.

От числа электродов зависят производительность наплавки и форма сварочной ванны. При наплавке одним и двумя электродами оптимальное формирование получается при обратной полярности тока (плюс на электроде); при наплавке тремя и четырьмя электродами можно применять прямую полярность, что на 30—40% увеличивает скорость плавления электрода. При наплавке плоских изделий и наплавке по винтовой линии тел вращения диаметром более 250 мм вместо большого числа электродов целесообразно использовать электродную ленту. При многоэлектродной наплавке все электроды подаются в дугу одновременно, фронтом поперек оси наплавленного валика, с расстоянием между осями, равным 3—5 диаметрам электрода. Все электроды подключаются к одному полюсу генератора. Чем больше число электродов и расстояние между ними, тем шире получается валик, тем короче ванна расплавленного металла и тем меньше глубина проплавления.

Ток дуги при наплавке аппаратом с постоянной скоростью подачи электродной проволоки определяется скоростью подачи. Чем больше ток, тем больше производительность наплавки. Однако увеличение тока приводит к нежелательному увеличению глубины проплавления. С увеличением тока растет длина сварочной ванны; при наплавке тел вращения это может привести к стеканию металла. Очертания сечения наплавленного валика также зависят от тока; чрезмерное увеличение тока приводит к резкому увеличению глубины проплавления, к образованию высоких и узких валиков.

Напряжение дуги при данном токе определяет форму наплавленного валика. Повышение напряжения увеличивает ширину и уменьшает высоту валика. Желательно минимальное напряжение дуги, однако оно должно быть согласовано с током: при слишком малом напряжении получается узкий, высокий наплавленный валик, с неправильными очертаниями сечения, при слишком большом — плавится очень много флюса и возможно его стекание. Для выбора напряжения в зависимости от тока можно руководствоваться данными, приведенными на рис. XI.16.

Скорость перемещения дуги при наплавке не определяет производительность процесса, но влияет на распределение металла по наплаваемой поверхности. Малые скорости (от 5 до 20 м/ч) применяют при многоэлектродной наплавке или наплавке электродной лентой. В этом диапазоне уменьшение скорости приводит к уменьшению глубины проплавления. При слишком малой скорости возможны непровары и нарушения формирования кромки наплавленного валика.

В среднем диапазоне скоростей (20—40 м/ч) глубина провара практически не зависит от скорости перемещения дуги. Ширина валика уменьшается с увеличением скорости. При скоростях от 40 до 60 м/ч увеличение скорости перемещения дуги вызывает одновременное уменьшение глубины проплавления и ширины наплавленного валика.

Вылетом электрода называют участок, расположенный между дугой и нижней контактной точкой мундштука. Оптимальная величина вылета зависит от физических

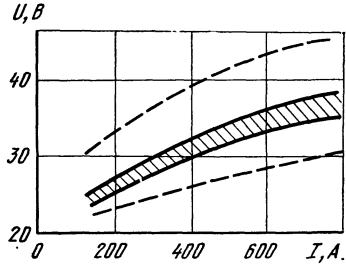


Рис. XI.16. Зависимость напряжения от тока при наплавке под флюсом. Между сплошными линиями заключена область оптимальных режимов, между штриховыми — предельных

свойств проволоки и ее диаметра. Чем больше электрическое сопротивление и меньше диаметр проволоки, тем меньше должен быть вылет. Нагрев вылета приводит к изгибу проволоки и наплавке извилистых валиков, причем ухудшается формирование наплавленного слоя. Обычно оптимальная величина вылета составляет 30 мм.

Шаг наплавки, т. е. поперечное перемещение электрода при наплавке очередного валика на поверхность, определяет гладкость наплавленной поверхности и долю основного металла в составе металла наплавки. Слишком большой шаг наплавки может вызвать неровности и чрезмерное разбавление основным металлом, слишком малый шаг — дефекты в виде подворотов и непроваров. Для получения качественного слоя шаг наплавки должен составлять примерно 0,4—0,75 ширины наплавленного валика.

Смещение электрода с зенита навстречу направлению вращения позволяет в определенных пределах предупредить стекание жидкого металла. В зависимости от длины ванны величина смещения составляет 15—40 мм. Смещение с зенита корректируют в процессе наплавки с таким расчетом, чтобы не происходило сыпания флюса и вытекания шлака вперед (на ту сторону наплаваемого изделия, где производится удаление шлаковой корки) и вместе с тем, чтобы шлак не стекал в сторону сыпания излишнего флюса. Очертания образующегося валика ясно показывают, правильно ли подобрано смещение электрода с зенита.

При выборе режима наплавки под флюсом следует учитывать зависимость химического состава наплавленного металла от тока и напряжения дуги. Уменьшение тока

и увеличение напряжения усиливают взаимодействие шлака и металла — окисление углерода, титана и хрома, восстановление кремния и марганца. Чтобы получить заданный состав металла, нужно выбирать па-

бенностями наплавляемых изделий, по которым изделия можно разделить на цилиндрические (тела вращения), плоские и сложной формы. Такая классификация применительно к деталям строительных и дорожных

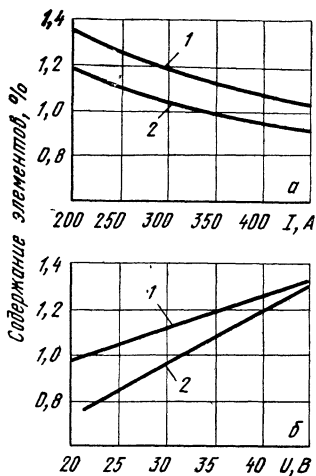


Рис. XI.17. Влияние тока I и напряжения дуги U на содержание марганца (1) и кремния (2) в пятом слое наплавленного металла (малоуглеродистая электродная проволока диаметром 2 мм; химический состав проволоки, %: 0,1 С; 0,5 Мп; 0,02 Si; флюс АН-348А; скорость перемещения дуги 20 м/ч):

a — напряжение дуги 32–36 В; b — ток 300 А

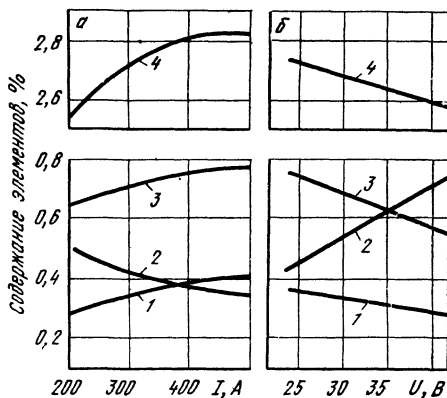


Рис. XI.18. Влияние тока I и напряжения дуги U на содержание углерода (1), кремния (2), марганца (3) и хрома (4) в пятом слое наплавленного металла (порошковая электродная проволока марки ПП-3Х2В8 диаметром 3,5 мм; химический состав проволоки, %: 0,67 С; 1,62 Мп; 0,25 Si; 3,04 Cr; 10,35 W; 0,42 V; флюс АН-20; скорость перемещения дуги 24 м/ч):

a — напряжение дуги 32–34 В; b — ток 250–260 А

раметры режима, исходя из состава имеющегося электродного материала (рис. XI.17—XI.20).

Способ и технологию наплавки выбирают в соответствии с конструктивными осо-

маши и оборудования показана на рис. XI.21.

Иногда тела вращения наплавляют вручную штучными электродами или на полуавтоматах открытой дугой. Более произво-

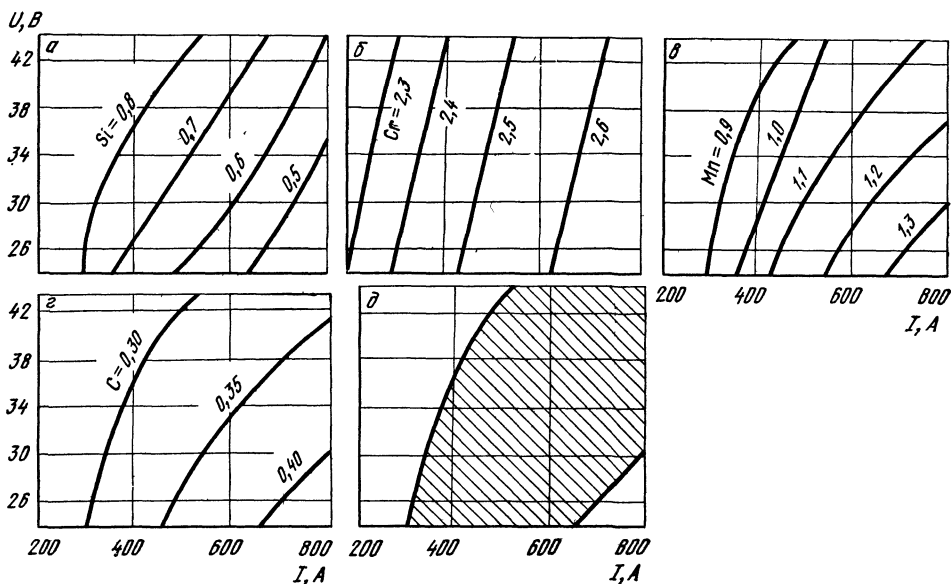


Рис. XI.19. Зависимость состава наплавленного металла от тока I и напряжения U при наплавке (легирующая проволока типа 3Х2В8Ф; химический состав проволоки, %: 0,56 С; 0,43 Si; 1,55 Мп; 2,92 Cr; 9,06 W; 0,39 V; флюс АН-20). Изоконцентры:

a — кремния; b — хрома; v — марганца; g — углерода; d — область режимов, в пределах которой наплавленный металл содержит, %: 0,3–0,4 С; 0,45–0,75 Si; 0,9–1,3 Мп; 2,4–2,65 Cr; 8,2–8,5 W; 0,3–0,4 V

дительно и рационально механизированные методы наплавки, их выполняют по винтовой линии или кольцевыми валиками. Непрерывная наплавка под флюсом возможна только в том случае, когда шлаковая корка удаляется с поверхности наплавленного валика за время, меньшее, чем требуется для одного оборота изделия.

Отделимость шлаковой корки или прочность сцепления шлака с металлом зависят прежде всего от качества наплавленного валика. При гладкой поверхности наплав-

кальной стенки. Так же наплавлен валик 7. Наплавку этих валиков производят без подачи головки. Аналогично наплавляют валики 8 и 14 второго слоя. В этом случае заклинивания шлаковой корки не происходит. При наплавке цилиндрических поверхностей заклинивания шлаковой корки, как правило, не наблюдается, но в некоторых случаях возможно ее прилипание.

Температура затвердевания шлака на 300—400° С ниже температуры затвердевания металла. Соприкасаясь с поверхностью

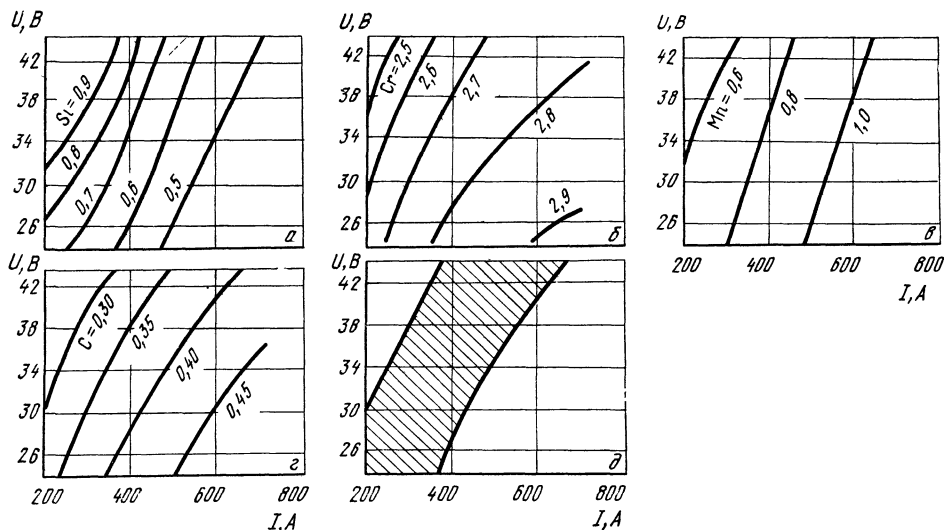


Рис. XI.20. Зависимость состава наплавленного металла от тока I и напряжения U при наплавке (проволока типа ПП-3Х2В8; химический состав проволоки, %: 0,7 С; 0,3 Si; 1,45 Мп; 3,16 Cr; 9,1 W; 0,4 V; флюс АН-20). Изоконцентраты:

а — кремния; б — хрома; в — марганца; г — углерода; д — область режимов, в пределах которой наплавленный металл содержит, %: 0,3—0,4 С; 0,5—0,9 Si; 0,6—1 Мп; 2,6—2,8 Cr; 8,1—8,8 W; 0,25—0,35 V

ленного слоя шлаковая корка отделяется легче, чем при наличии разного рода поверхностных дефектов. Большое влияние на удаление шлаковой корки оказывает режим наплавки — порядок наложения отдельных валиков, выбор технологических параметров и др. При нарушении технологии наплавки наблюдается прочное удержание шлаковой корки на поверхности наплаваемого изделия вследствие заклинивания, обусловленного различием теплового расширения металла и шлака.

Заклинивание шлаковой корки показано на рис. XI.22. Слева показана схема неправильной техники наплавки: наплавка была начата с отступлением от левого края. В результате при возвращении электрода к левому краю валик 12 оказывается ниже валика 11 и шлаковая корка заклинивается. В этом случае шлак удаляется зубилом. Кроме того, в валике 12, имеющем неблагоприятную форму сечения, могут образоваться горячие трещины, если производится наплавка износостойкого металла с повышенным содержанием углерода.

Справа на рис. XI.22 показана схема правильной техники наплавки. Валик 1 наложен у самого выступа с проплавлением верти-

застывшего металла, жидкий шлак может окислять железо и на поверхности наплавленного валика образуется тончайшая пленка закиси железа, прочно сцепленная с металлом. При наличии оксидов ванадия, хрома, а также глинозема на границе с окисной пленкой образуются шпинели и шлак как бы достраивает пленку на металле. В результате шлаковая корка оказывается прочно соединенной с металлом. Уменьшение скорости охлаждения увеличивает продолжительность воздействия расплавленного шлака на затвердевший металл, что способствует образованию окисной пленки и прилипанию шлака. Однако для предупреждения образования трещин в изделиях скорость охлаждения следует уменьшать.

Отделимость шлаковой корки определяется также химическим составом флюса и наплавленного металла. Высокомарганцевые высококремнистые флюсы типа АН-348А обладают значительной окислительной способностью; однако отделимость шлаковой корки при наплавке под таким флюсом удовлетворительна, если металл не содержит хрома и ванадия, оксиды которых образуют шпинели.

При наплавке легированных сталей применяют безмарганцевые и низкокремнистые флюсы марок АН-20, АН-30, 48-ОФ-6 и др. Их окислительная способность значительно ниже. Кроме того, флюс АН-30 тугоплавок, благодаря чему сокращается продолжительность воздействия шлака на затвердевший металл.

Для получения наплавленного металла, свободного от трещин, и обеспечения нужной твердости и износостойкости деталей следует уделять серьезное внимание терми-

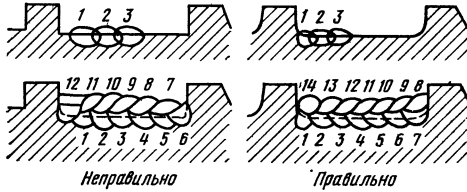


Рис. XI.22. Заклинивание шлаковой корки при неправильной технике наплавки. Цифры указывают порядок наложения наплавленных валков

ческим условиям наплавки. Под ними имеются в виду температура предварительного подогрева, температура детали в процессе наплавки и скорость охлаждения после наплавки.

Нагрев деталей должен быть равномерным и не быстрым. Чрезмерно быстрый нагрев отдельных мест до 350—450°С при холодных соседних участках может вызвать трещины или напряжения, ведущие к поломке детали во время эксплуатации. Температура подогрева деталей под наплавку зависит от многих факторов: состава основного и электродного металлов, формы детали, режима наплавки и требуемых свойств наплавленного металла. Чем больше склонность наплавленного металла к образованию трещин, тем выше должна быть температура предварительного подогрева, так как предупредить образование трещин другим способом невозможно.

Важно в процессе наплавки поддерживать температуру детали, равную температуре предварительного подогрева. В случае наплавки при больших токах (многоэлектродная наплавка, наплавка лентой) приток тепла в большинстве случаев достаточен и сопутствующий подогрев не производят даже при наплавке массивных деталей с развитой поверхностью теплоотдачи. Изделия малых размеров нагреваются дугой в такой степени, что предварительный подогрев не требуется, а часто даже возникает необходимость подстуживания детали. В тех же случаях, когда этого тепла недостаточно, производят сопутствующий подогрев.

Особое значение имеет скорость охлаждения после наплавки. От нее зависит вероятность образования холодных трещин. Кроме того, скорость охлаждения определяет структуру наплавленного металла, а значит твердость, износостойкость и другие свойства. При большой скорости охлаждения наплавленный слой может закалиться, что приведет к образованию трещин или затруднит механическую обработку наплавленного слоя.

Наиболее простую задачу представляет собой наплавка цилиндрических деталей большого диаметра (>200 мм). Ее можно производить на специализированных наплавочных установках и на переоборудованных соответствующим образом токарных станках. В зависимости от назначения детали выбирают нужную марку электродной проволоки и флюса. Общая толщина наплавленного слоя образуется несколькими слоями, полученными за один проход аппарата; обычно при каждом проходе наплавляется слой толщиной 1,5—4 мм. Помимо этого, учитывается припуск на обработку, который в зависимости от размеров детали и качества поверхности после наплавки составляет 1,5—4 мм.

Для определения количества слоев, которые нужно наплавить при заданном режиме, можно пользоваться номограммой, приведенной на рис. XI.23. По этой номограмме

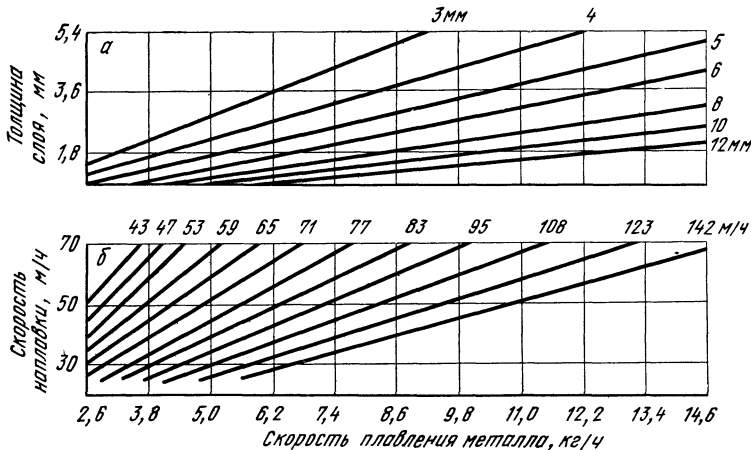


Рис. XI.23. Номограмма для определения числа слоев, наплаваемых на изделие (составлена для порошковой проволоки диаметром 3,5 мм):

а — зависимость толщины слоя от скорости плавления металла при различном шаге наплавки; б — зависимость скорости наплавки от скорости плавления металла при различной скорости подачи проволоки

определяется зависимость толщины слоя от скорости наплавки, скорости подачи проволоки и шага наплавки для любой порошковой проволоки массой 65—70 г/м.

Например, требуется восстановить ролик роляганга диаметром 250 мм. После механической обработки изношенного ролика его диаметр оказался равным 240 мм. Таким образом, надо наплавить слой толщиной 7 мм (с учетом припуска на механическую обработку, равного 2 мм). Из номограммы, приведенной на рис. XI.23, находим, что

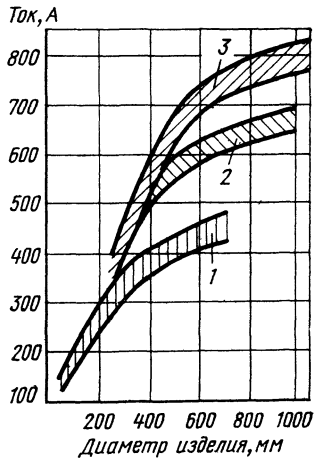


Рис. XI.24 Зависимость оптимальных диапазонов тока при наплавке тел вращения по винтовой линии от диаметра наплавляемого изделия:

1 — одним электродом диаметром 3—3,5 мм; 2 — одним электродом диаметром 4—5 мм; 3 — тремя электродами диаметром 3—3,5 мм

при наплавке ролика диаметром 250 мм со скоростью подачи проволоки 49 м/ч, скоростью наплавки 35 м/ч и шагом наплавки 6 мм толщина слоя равна 1,4 мм. Следовательно, для получения слоя толщиной 7 мм необходимо наплавить 5 слоев.

Для повышения производительности наплавки можно увеличить скорость подачи проволоки до 64 м/ч, если это не повлияет на качество наплавленного металла. При такой скорости подачи проволоки и неизменных остальных параметрах режима наплавки получается слой толщиной 2,25 мм. Наплавкой трех слоев получают общую толщину наплавленного металла, составляющую 6,75 мм; припуск на обработку при этом составляет 1,75 мм, что вполне допустимо.

При наплавке с целью восстановления размеров изношенных деталей химический состав наплавленного слоя мало отличается от состава основного металла детали, поэтому количество слоев с точки зрения химического состава не имеет существенного значения. При износостойкой наплавке количество слоев наплавленного металла значительно влияет на его состав.

Для определения параметров наплавки целесообразно пользоваться данными, приведенными на рис. XI.24—XI.26 и в табл. XI.37.

С помощью приведенных графиков можно определить, какие скорости подачи проволоки можно применять для получения качественной наплавки детали данного диаметра. Определенная скорость подачи проволоки принимается в зависимости от конкретных условий работы детали, ее

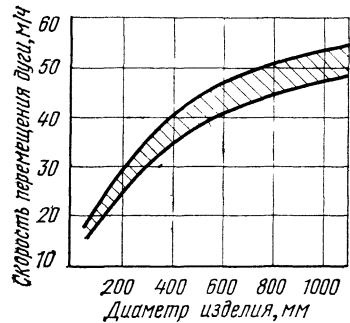


Рис. XI.25. Зависимость оптимальной скорости перемещения дуги при наплавке тел вращения по винтовой линии от диаметра наплавляемого изделия

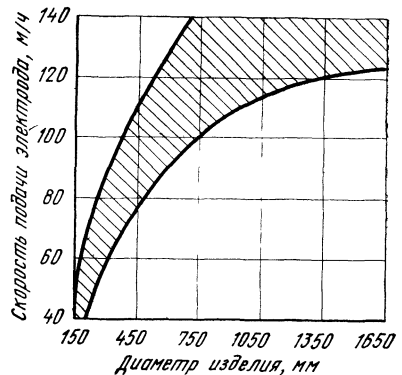


Рис. XI.26. Зависимость скорости подачи электродной проволоки от диаметра наплавляемого изделия

материала, заданных свойств наплавленного слоя и т. д. По табл. XI.37 в зависимости от выбранной скорости подачи электродной проволоки определяют оптимальную скорость, шаг и толщину наплавки. Для уменьшения степени разбавления наплавленного слоя основным металлом детали уменьшают шаг наплавки первого слоя и снижают ток, однако при этом для получения состава наплавленного металла, соответствующего составу электродной проволоки, необходимо наплавить не менее трех слоев. Первоначально износостойкий металл наплавляют слоем толщиной 6—8 мм, последующие слои по 4—5 мм.

Иногда возникает затруднение при наплавке у края цилиндрической детали; здесь возможно ссыпание флюса, стекание шлака и образование наплывов. Эти дефекты можно предотвратить двумя способами. При первом наплавку начинают, отступив

Таблица XI.37

Исходные данные для расчета технологических режимов механизированной наплавки

Скорость подачи электродной проволоки, м/ч	Сварочный ток, А, для проволоки		Скорость наплавки, кг, м/ч	Толщина наплавленного слоя, мм, при величине шага наплавки, мм						
	сплошного сечения диаметром 3,0 мм	порошковой диаметром 3,5 мм		3	4	5	6	8	10	12
43	220—240	260—280	25	4,2	3,2	2,6	2,1	1,7	1,3	—
			30	3,5	2,7	2,2	1,7	1,3	—	—
			40	2,7	2,0	1,5	1,3	—	—	—
49	240—260	280—300	25	—	3,6	2,8	2,3	1,8	1,5	—
			30	—	3,1	2,4	2,0	1,5	1,2	—
			40	3,1	2,3	1,8	1,1	—	—	—
56	290—320	320—340	30	—	3,5	3,1	2,3	1,7	1,3	—
			40	3,5	2,6	2,1	1,5	1,3	—	—
64	330—350	340—360	30	—	4,9	3,2	2,6	2,0	1,5	—
			40	4,0	3,1	2,3	1,9	1,4	1,2	—
73	360—380		30	—	—	3,6	3,0	2,2	1,8	1,4
			40	—	3,3	2,6	2,0	1,5	1,3	—
83	400—420		30	—	—	4,1	3,2	2,4	2,1	1,6
			40	—	3,8	3,0	2,4	1,8	1,4	1,3
95	420—440	440—460	30	—	—	—	3,8	2,8	2,2	1,9
			40	—	4,3	3,4	2,9	2,1	1,7	1,4
			50	—	3,5	2,8	2,3	1,7	1,3	1,2
108	460—500	480—500	30	—	—	—	4,4	3,2	2,6	2,5
			40	—	—	3,9	3,1	2,4	2,0	1,6
			50	—	4,1	3,1	2,6	2,0	1,6	1,3
123	210—550	520—560	40	—	—	4,4	3,6	2,7	2,2	1,8
			50	—	4,5	3,6	2,9	2,2	1,8	1,4
			60	—	3,9	3,0	2,4	1,8	1,4	1,3
142	510—610	580—630	40	—	—	5,2	4,2	3,6	3,1	2,6
			50	—	5,2	4,1	3,3	2,9	2,3	2,0
			60	—	4,4	3,4	2,8	2,3	2,0	1,5

Примечание. Толщина наплавленного слоя принята с учетом 10% угара металла.

на 20—25 мм от торца бочки; соответственно производят обточку детали перед наплавкой; при втором к торцам бочки приваривают выводные кольца, на которых начинают и заканчивают наплавку. Второй способ применяют реже.

Наплавка цилиндрических деталей малого диаметра (50—200 мм) вызывает затруднения из-за ссыпания флюса и стекания расплавленного металла. Для уменьшения длины ванны следует применять малый ток и

низкое напряжение. Скорость перемещения дуги (в данном случае частота вращения изделия) мало влияет на длину ванны, но при малой скорости облегчается удаление шлака и толщина слоя, наплавленного за один проход, увеличивается. Рекомендуемый режим наплавки под флюсом цилиндрических деталей приведен в табл. XI.38.

Для деталей малого диаметра (<100 мм) более целесообразно применять наплавку по винтовой линии самозащитными прово-

Таблица XI.38

Режим наплавки под флюсом цилиндрических деталей

Параметры	Диаметр детали, мм				
	200	160	120	90	60
Диаметр электродной проволоки, мм	2	2	2	1,6	1,2
Режим наплавки:					
ток А	220—260	200—240	170—200	150—180	110—130
напряжение, В	27—30	27—30	26—29	26—29	25—28
скорость, м/ч	28—32	24—28	20—24	16—20	14—18
Шаг наплавки, мм	4—5	4—5	4—5	4	4

Таблица XI.39

Рекомендуемые режимы вибродуговой наплавки деталей из стали 45

Параметры	Толщина наплавленного слоя, мм				
	0,3	0,7	1,1	1,5	2,5
Диаметр электродной проволоки, мм	1,6	1,6	2	2	2,5
Ток, А	120—150	120—150	150—210	150—210	150—210
Скорость наплавки, м/мин	2,2	1,2	1,0	0,6	0,3
Скорость подачи проволоки, м/мин	0,6	0,4	0,8	1,0	1,1
Расход охлаждающей жидкости, л/мин	0,2	0,4	0,5	0,6	0,7
Шаг наплавки, мм/об	1,0	1,3	1,6	1,8	2,0
Размах вибрации проволоки, мм	1,5	1,8	2,0	2,0	2,0
Угол подвода проволоки к детали, град	35	35	45	45	45

Примечание При обычно применяемых режимах вибродуговой наплавки напряжение на электродах 12—15 В, коэффициент расплавления 9—12 г/(А·ч), коэффициент наплавки 8—10 г/(А·ч), потери электродного материала на угар и разбрызгивание 11—15%, количество расплавленного металла 1,45—1,75 кг/ч, количество наплавленного металла 1,2—1,5 кг/ч, коэффициент перехода углерода в наплавленный металл 0,45—0,55, коэффициент перехода марганца 0,45—0,60.

локами либо наплавку в среде защитных газов. При среднем диаметре изделий (100—400 мм) наплавку выполняют самозащитной проволокой или проволокой под флюсом с поперечными колебаниями электрода, а при диаметре 400 мм и более — электродной лентой. При равных параметрах режима широкоослойная наплавка (многоэлектродная, лентой, поперечным колебанием электрода) дает более короткую сварочную ванну и меньшее проплавление основного металла. Наплавку внутренних поверхностей целесообразно выполнять самозащитной проволокой открытой дугой, поскольку при этом нет необходимости иметь сложные устройства для подачи и удаления флюса и исключается трудоемкая операция удаления шлаковой корки.

При восстановительной наплавке тел вращения малого диаметра успешно используют вибродуговую наплавку. Сравнительно небольшие тепловложения позволяют избежать деформации изделий. При вибродуговой наплавке в струе жидкости возможны дефекты в виде мелких пор и трещин. Разработаны и внедрены следующие разновидности вибродуговой наплавки: под флюсом, в среде защитных газов, водяного пара и в потоке воздуха. В табл. XI 39 представлены режимы вибродуговой наплавки для восстановления деталей из стали 45.

Наплавку конических поверхностей производят без затруднений, если образующая конуса наклонена по отношению к оси вращения изделия на угол не более 20°. В качестве примера И. И. Фрумин приводит схему наплавки ромбических калибров на поверхности прокатных валков. Наплавка

ромбического калибра начинается наложением валика по вершине угла (рис. XI 27). Далее наплавляют 2—3 слоя посередине калибра, и наконец, приступают к наплавке конических поверхностей, образующих наклонные стенки калибра. Наплавку всегда ведут снизу вверх, на подъем. Для наплавки ромбических калибров при горизонтальном положении оси вращения валика желательна также вертикального перемещения наплавочного аппарата.

В производственных условиях успешно осуществляют износостойкую наплавку конических поверхностей ручьев валков под углом до 45°, причем ширина конической поверхности обычно не превышает 150—200 мм. При наплавке калибра, образованного цилиндрическими и коническими поверхностями под углом до 65°, удовлетворительные результаты можно получить установкой валика в наклонном положении с таким расчетом, чтобы ось вращения находилась под углом 20° к горизонтали. После наплавки цилиндрической части поверхности ручья (электрод перемещается снизу вверх) наплавляют конические поверхности, расположенные под углом до 45°. Затем переворачивают валок другим концом к планшайбе и наплавляют противоположные конические поверхности.

Наплавка плоских кольцевых поверхностей осуществляется двумя способами: 1) многоослойной наплавкой при горизонтальном положении оси вращения и вертикальном положении наплавляемой поверхности; 2) наплавкой при вертикальном или наклонном положении оси вращения; наплавляемая поверхность при этом распо-

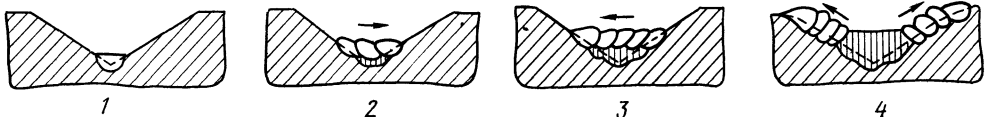


Рис. XI 27 Последовательные стадии (1—4) наплавки ромбического калибра прокатного валка

ложена горизонтально или под углом менее 20°.

При первом способе для предупреждения стекания металла и чрезмерного рассыпания флюса применяют асбестовый шнур, наматываемый на валок по мере подъема слоя по вертикальной стенке калибра (рис. XI.28). Однако трудно получить качественный наплавленный слой при высоте вертикальной стенки более 50—80 мм и не всегда удается избежать напылов и стекания металла. Этот способ целесообразен, таким

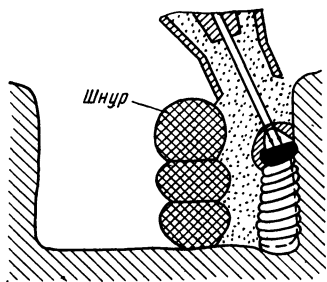


Рис. XI.28. Наплавка отвесной стенки ящичного калибра при горизонтальном положении оси вращения вала

образом, при небольшой высоте наплавляемого бурта и в тех случаях, когда нужно наплавить слой большой толщины, например при восстановлении реборд крановых колес. Менее эффективна наплавка вертикальных стенок ящичных калибров валков блюминга.

Наплавку при вертикальной или наклонной оси вращения производят на специализированных станках карусельного типа или с поворотной траверсой, позволяющей устанавливать изделия под любым углом (до 70°) к горизонтальной плоскости. Для того чтобы излишек флюса ссыпался самостоятельно, ось вращения должна быть наклонена под углом 60—70°. Наплавку начинают от угла и ведут по спирали по направлению к краю. Шаг спирали (скорость подачи электрода за один оборот изделия) выбирают в пределах от 4 до 10 мм в зависи-

Т а б л и ц а XI.40

Режимы трехэлектродной наплавки под флюсом порошковой проволокой диаметром 3,5 мм

Ток, А	Скорость подачи м/ч	Напряжение дуги, В	Скорость наплавки, м/ч
500—550	49	30—32	20—25
600—700	64	30—32	26—30
850—900	83	32—34	28—30

мости от размеров изделия и необходимой толщины наплавленного слоя. У краев для предупреждения стекания шлака и металла снижают напряжение дуги и увеличивают частоту вращения изделия. При таком способе наплавки можно получить хорошее формирование, любую толщину наплавленного слоя, а также минимальный припуск на обработку.

При наплавке плоских поверхностей, например защитных листов бункерных устройств, ножей для резки металла, ножей бульдозеров и других деталей, необходимо наплавить большую площадь при наименьшей глубине проплавления основного металла и минимальном короблении деталей. Простейший способ наплавки под флюсом — наплавка отдельных валиков на таком расстоянии друг от друга, чтобы не нужно было удалять шлаковую корку с каждого валика. Шлак удаляют со всех валиков сразу, затем наплавляют валики в свободных промежутках, чтобы получить по возможности ровную поверхность. При таком способе много времени затрачивается на рассыпание и удаление флюса. Провар основного металла получается глубокий, в результате чего отмечается значительное коробление изделий. Более совершенен способ, когда электроду сообщается поперечное возвратно-поступательное движение и в каждом крайнем положении совершается дополнительное движение электрода или изделия на шаг наплавки. Электрод при этом возвращается к краю наплавленной полосы до затвердевания

Т а б л и ц а XI.41

Режимы наплавки под флюсом электродной лентой

Сечение ленты, мм	Материал ленты	Режим наплавки			
		ток, А	напряжение дуги, В	скорость подачи электрода, м/ч	скорость наплавки, м/ч
0,5×30	08кп	500—550	32—34	50	6—10
0,5×40	08кп	600—650	32—34	44	8—12
0,5×40	08кп	950—1000	32—36	75	10—15
0,5×50	08кп	700—750	32—34	44	8—12
0,5×50	08кп	950—1000	32—36	57	10—15
0,5×70	08кп	800—850	32—34	32	8—12
0,5×70	08кп	1200—1300	32—36	50	10—12
0,5×100	12Х18Н9Т	900—950	32—34	50	8—12
0,6×65	12Х18Н9Т	500—550	30—32	43	8—10
1,0×50	БрАМц9-4	650—700	35—38	64	8—10
0,8×100	М-1	1200—1300	30—32	60	10—12

Таблица XI.42

Режимы электрошлаковой наплавки проволочными электродами

Параметры	Толщина наплавляемой детали, мм								
	30	70	90	150	200	250	300	340	450
Ток на один электрод, А	350—370	650—670	600—620	450—500	550—570	500—550	400—450	400—450	200—220
Напряжение на ванне, В	32—34	47—48	42—46	44—50	46—48	50—55	46—48	46—48	26—38
Число электродов, шт	1	1	2	2	2	2	3	3	3
Диаметр электрода, мм	2,5	2,5	3	3	3	3	3	3	3
Расстояние между электродами, мм . . .	—	—	50	65	90	125	110	110	50
Скорость поперечного движения электродов, м/ч	—	31—32	26—32	26—31	36—38	31—36	31—36	31—36	—
Скорость подачи электрода, м/ч	172—180	371—400	300—320	220—240	250—280	230—250	200—220	200—220	60—80
Зазор, мм	30—32	26—30	24—27	25—28	32—34	28—32	30—32	30—33	30—33
Скорость наплавки, м/ч	0,9—1	1—1,1	1,6—1,7	0,8—0,9	0,5—0,6	0,4—0,5	0,35—0,4	0,3—0,4	0,6—0,7
Глубина шлаковой ванны, мм	20—25	60—65	50—70	40—50	50—55	45—50	45—50	45—50	40—45
Сухой вылет, мм	40—45	90—95	60—80	60—80	60—70	60—70	60—70	60—70	50—70
Флюс	АН-8	АН-8	ФЦ-7	ФЦ-7	ФЦ-7	ФЦ-7	АН-8	АН-8	АН-8

Т а б л и ц а X I . 4 3

Режимы электрошлаковой наплавки пластинчатым электродом под флюсом ФЦ-7

Параметры	Толщина металла, мм		
	100	200	300
Ток на один электрод, кА	1—1,2	1—1,2	1,5—1,8
Напряжение на ванне, В	28—30	28—30	30—32
Число электродов, шт.	1	2	2
Сечение электрода, мм	10×90	10×90	10×135
Скорость наплавки, м/ч	0,5	0,5	0,45
Зазор, мм	28—30	29—31	30—31
Скорость подачи электрода, м/ч	1,6	1,6	1,6

Т а б л и ц а X I . 4 4

Режимы электрошлаковой наплавки плавящимся мундштуком

Параметры	Толщина металла, мм				
	120	160	200	300	1100
Число плавящихся мундштуков, шт.	1	1	1	2	6
Сечение мундштука, мм	70×14	126×12	160×10	110×12	137×12
Число проволок в мундштуке, шт.	2	2	3	2	3
Ток на мундштук, кА	1,3—1,6	1,2—1,8	1—1,8	0,7—1,1	0,8—1,0
Скорость подачи проволоки диаметром 3 мм, м/ч	200	171	171	171	131
Скорость наплавки, м/ч	1,1	0,6	0,5	0,5	0,5
Напряжение на ванне, В	34—35	37—45	32—33	30—38	35—40
Зазор, мм	30—32	35—40	40—44	40—42	38—40
Флюс	ФЦ-7	АН-8	АН-8	АН-8	АН-8

шлаковой корки. В зависимости от режима и вязкости шлака возможна наплавка полосы шириной до 400 мм без удаления шлаковой корки и насыщенного флюса. Глубина проплавления в данном случае может быть уменьшена по сравнению с наплавкой отдельными валиками, меньше затраты времени и на удаление шлаковой корки.

Более производительны многоэлектродная наплавка и наплавка электродной лентой (табл. XI.40 и XI.41). Наплавка лентой благодаря простой конструкции механизма подачи электрода весьма надежна.

Износостойкую наплавку плоских поверхностей целесообразно выполнять порошковой проволокой и лентой открытой дугой, сообщая электроду поперечные колебания с необходимым размахом. Так как в данном случае отсутствует шлаковая корка большой толщины, то размах колебаний электрода практически неограничен. Это обстоятельство, а также отсутствие затрат времени на удаление шлаковой корки и уборку флюса позволяют дополнительно повысить производительность наплавки. При наплавке с поперечными колебаниями электрода наплавляемая полоса может образовываться из общей ванны или из отдельно сформированных поперечных валиков. Наплавка с общей ванной применяется, когда следует наплавлять сравнительно узкие полосы (до 100 мм), так как при больших размерах сварочной ванны во избежание стекания жидкого металла наплавленную деталь необходимо устанавливать в строго горизонтальное положение. Кроме этого, особенно при наплавке чугуна на сталь, образуются трещины с большим раскрытием и неблагоприятной ориентацией по отношению к разрушающим нагрузкам. При необходимости наплавить за один проход широкие полосы целесообразна наплавка с формированием отдельных валиков.

Электрошлаковая наплавка плоских поверхностей может производиться при вертикальном, нижнем и наклонном положениях наплавляемой поверхности. Ее применяют при необходимости наплавки большого объема металла. В качестве электродного материала используют порошковую проволоку или проволоку сплошного сечения, а также прокат и литые прутки. Некоторые режимы электрошлаковой наплавки приведены в табл. XI.42—XI.44. В табл. XI.45 указано влияние каждого из элементов режима наплавки на параметры шва, исходя из условия постоянства остальных характеристик режима.

Наплавка тел вращения сложной формы (например, валков трубопрокатных станков) может быть выполнена качественно только при наличии специализированных станков. На рис. XI.29 показана схема наплавки ручья вала трубопрокатного стана. Ось электрода проходит через центр кривизны калибра, являющегося центром поворота вала. При наплавке электрод неподвижен, а валок вращается вокруг своей оси, угол наклона которой изменяется с такой скоростью, что за время одного оборота на-

Таблица XI.45

Влияние элементов режима наплавки на параметры шва

Параметры шва	Составляющие режима наплавки (изменение в сторону увеличения)									
	скорость подачи электрода до 200 м/ч, сила тока до 400 А	скорость подачи электрода более 200 м/ч, сила тока более 400 А	толщина металла на электрод	напряжение	скорость поперечного перемещения электрода	глубина шлаковой ванны	величина вылета электрода	величина зазора		
Глубина металлической ванны	Увеличивается	Увеличивается	Уменьшается	Незначительно увеличивается	Не изменяется	Незначительно уменьшается	Уменьшается	Не изменяется		
Ширина шва	»	Уменьшается	Незначительно уменьшается	»	Уменьшается	»	Не изменяется	Увеличивается		
Коэффициент формы шва	»	»	Увеличивается	»	Уменьшается	»	Незначительно увеличивается	То же		
Доля основного металла в металле шва	Незначительно уменьшается	»	Незначительно уменьшается	»	Уменьшается	»	Незначительно увеличивается	»		

Таблица XI.46

Режимы наплавки цилиндрических деталей малого диаметра

Параметры	Диаметр детали, мм							
	10	15	20	25	30	30	40	40
Толщина наплавленного слоя, мм	0,8	0,8	0,8—1,0	0,8—1,0	1,0	1,0	1,0	1—1,2
Шаг наплавки, мм	2,5—3	3,0	3,0	3,0	3,0	3—3,5	3—3,5	3,5
Диаметр электрода, мм	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	1,0	0,8	1,0
Величина смещения электрода с зенита, мм	3	3	3	5	5	8	8	8
Вылет электрода, мм	8	8	8	8	8	10	8	10
Скорость подачи, м/ч	175	190	250	235	200	150	200	150
Ток, А	75	80	95	90	85	95	90	95
Напряжение на дуге, В	17—18	17—18	18—19	18—19	18—19	19—20	18—19	19—20
Скорость наплавки, м/ч	40—45	40—45	40—45	40—45	35—40	35—40	30—35	30—35

плавляемый валок перемещается на величину шага наплавки.

Если профиль изделия состоит из сочетания различных поверхностей (цилиндрических, конических, сферических и др.), то наплавку их ведут путем комбинированно-

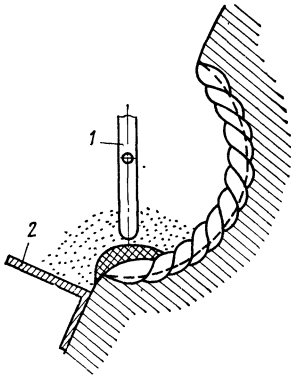


Рис. XI.29. Схема наплавки круглого ручья на специализированном станке (центр кривизны ручья является также центром, вокруг которого поворачивается ось вращения вала):

1 — центр; 2 — флюсоудерживающее кольцо из кровельного железа

го движения электрода вдоль оси изделия и поворотов изделия. При этом практически удается качественно наплавлять детали любой формы, кроме глубоких врезных ручьев некоторых валков.

При наплавке деталей сложной формы большое значение имеют возможность непосредственного наблюдения за дугой и простота управления ею. Поэтому, несмотря на ряд технических преимуществ наплавки под флюсом, отдают предпочтение наплавке самозащитными проволоками и лентами или в среде защитных газов.

Наплавку в среде углекислого газа выполняют на постоянном токе чаще всего при обратной полярности. Выполнение наплавки на постоянном токе прямой полярности ухудшает устойчивость горения дуги и формирования шва, увеличивает раз-

брызгивание наплавленного металла. В табл. XI.46 приведены режимы наплавки цилиндрических изделий малого диаметра.

При многослойной наплавке деталей малого диаметра возможен чрезмерный нагрев изделия (до 600°С), что ухудшает процесс горения дуги и формирование наплавленного валика. Для устранения этих явлений рекомендуется уменьшить диаметр электродной проволоки и величину тока наплавки, а также увеличить подачу газа. Величину напряжения на дуге U рекомендуется выбирать в зависимости от тока I в следующих пределах:

I , А	50—60	60—80	80—100	100—120
U , В	17—19	18—20	18—20	19—20

Продолжение

I , А	120—140	140—160	160—200	200—250
U , В	20—22	21—23	22—24	23—27

Продолжение

I , А	250—300	300—400	400—500
U , В	25—30	28—34	30—34

Особенности технологии наплавки различных сплавов в значительной степени определяются химическим составом наплавленного металла. Поэтому рассмотрим технологию наплавки при различных типах наплавленного металла в соответствии с классификацией МИС (см. табл. XI.3).

Нелегированные или низколегированные стали с содержанием углерода менее 0,4% (тип А) в качестве наплавленного металла используют главным образом для восстановления размеров деталей и для образования подслоя при последующей наплавке износостойкими сплавами. Типичные составы наплавленного металла: 15ХГ2С, 20Х2Г2М, 25ХЗГ2, 08Г, 08ГС, 15Г2С; способы наплавки следующие: ручная дуговая, механизированная под флюсом и в среде защитных газов. При наплавке на изделия из среднеуглеродистой стали во избежание появления кристаллизационных трещин следует добиваться минимального проплавления и тщательно регулировать скорость охлаждения. Повышенная скорость охлаждения вызывает образование мартен-

ситных участков в околосварочной зоне и наплавленном слое, пониженная скорость охлаждения приводит к образованию перлита, что уменьшает износостойкость наплавленного слоя. Массивные детали при наплавке обычно подогревают до 200—250°С; при наплавке небольших деталей для подогрева достаточно тепла дуги.

Металл типа В рекомендуется для наплавки деталей, испытывающих абразивное изнашивание в сочетании с интенсивными динамическими воздействиями. Его используют при восстановлении и упрочнении посадочных мест различных валов, а также деталей ходовой части гусеничных машин. Типичные составы наплавленного металла: 45Х5Г, 70Х3МН, 80Х4СГ. Основной трудностью при наплавке металла этого типа является повышенная склонность его к образованию кристаллизационных и холодных трещин. Поэтому рекомендуется дополнительный подогрев перед наплавкой до 350—400°С, позволяющий в большинстве случаев избежать появления трещин. Если наплавленный металл подлежит механической обработке, то изделие отжигают; при этом твердость снижается до HRC20—25. После механической обработки следует закалка на твердость HRC50—60.

Аустенитный высокомарганцевый металл типа С (типичный представитель — сталь типа 110Г13Л) обычно наплавляют на изделия из стали такого же состава, работающие при изнашивании и больших ударных нагрузках. Структура наплавленного металла — аустенит. Твердость после наплавки обычно не превышает HB180—220. Характерной особенностью такого наплавленного металла является способность к упрочнению при холодной деформации благодаря появлению мартенсита по плоскостям скольжения. Твердость в деформированной зоне возрастает до HB550. Указанные свойства (пластичность сердцевин и высокая твердость на рабочей поверхности) могут быть получены лишь при условии образования при наплавке структуры аустенита и обязательного воздействия на рабочую поверхность ударных нагрузок и давлений, способных вызвать пластическое деформирование. При медленном охлаждении после наплавки происходит распад аустенита и выделение по границам зерен карбидов цементитного типа. Такой наплавленный металл хрупок, склонен к трещинам и отколам. Выделение карбидов происходит и при нагреве. Поэтому металл типа С не рекомендуется для работы при повышенных температурах. Для обеспечения аустенитной структуры наплавленного металла процесс наплавки сталей этого типа следует вести с минимальным тепловложением: малые ток и напряжение дуги, узкие валики, повышенная скорость наплавки, периодическое прекращение процесса и изменение места наплавки. При этом скорость охлаждения оказывается достаточной для получения чистой аустенитной структуры. Металл типа С наиболее целесообразно наплавлять открытой дугой перешоковой самозащитной проволокой. При этом обеспечивается более

быстрое охлаждение валиков, чем при наплавке под флюсом. Иногда наплавленный металл дополнительно легируют никелем (3—4%); это позволяет увеличить устойчивость аустенита.

При наплавке хромоникелевого аустенитного металла (тип D) на изделия из углеродистой стали важно обеспечить минимальную долю основного металла и минимальное содержание углерода в наплавленном слое, особенно в тех случаях, когда необходима повышенная стойкость против межкристаллитной коррозии. Поэтому здесь широко распространена широкоослойная наплавка под флюсом электродной лентой. Так, металлкерамическую ленту марки ЛС-08Х21Н9Г применяют для наплавки под флюсом АН-26 фланцев, патрубков и сосудов химической и нефтехимической аппаратуры.

Для повышения износостойкости деталей часто применяют высоколегированные стали: хромистые типа Е и хромовольфрамонадиевые (быстрорежущие) типа F. Типичные составы наплавленного металла: У12В13Х15Ф, 80В18Х4Ф, У12Х12Н2, Х12М, Х12ВФ и др. Эти сплавы широко применяют для наплавки на изделия, работающие при абразивном изнашивании в сочетании с ударными нагрузками. Их с помощью порошковых проволок под флюсом или открытой дугой часто наплавляют на штамповый и режущий инструмент. Сплавы типа Е и F при наплавке на изделия из средне- и низколегированных сталей склонны к образованию кристаллизационных и холодных трещин; поэтому наплавку следует проводить с минимальным проплавлением, с предварительным и сопутствующим подогревом (до 400—500°С для быстрорежущих сталей), после наплавки следует медленное охлаждение.

Твердость наплавленного металла с содержанием 1,5—2,0% С и 12—14% Cr сравнительно невелика (HRC40—44), что объясняется наличием в структуре большого количества остаточного аустенита. Твердость можно увеличить высоким отпуском при 500—550°С (до HRC55—60). Для облегчения механической обработки наплавленные изделия подвергают отжигу. Его выполняют по изотермическому режиму: нагрев до 870—900°С, выдержка 1—2 ч; охлаждение с печью до 700°С и выдержка при этой температуре 5—8 ч; дальнейшее охлаждение на воздухе. Твердость после такого отжига составляет HRC25—29. Закалку производят на первичную или вторичную твердость с последующим отпуском по режимам, применяемым при термической обработке сталей типа X12.

Высокохромистые специальные чугуны (тип G) являются наиболее распространенным типом наплавленного металла, используемого для упрочнения деталей, испытывающих абразивное, газо- и гидроабразивное изнашивание. Более высокой износостойкостью обладают заэвтектические чугуны, содержащие в структуре первичные карбиды хрома типа Cr₇C₃. Дополнительное легирование высокохромистого чугуна

бором существенно повышает его абразивную износостойкость, но снижает ударостойкость. Высокохромистые чугуны используют для наплавки зубьев экскаваторов, ножей бульдозеров, деталей загрузочных устройств доменных печей, торфобрикетного инструмента и др.

При наплавке высокохромистых чугунов образуется большое количество трещин; предотвратить их образование, особенно при наплавке крупных деталей, очень трудно. Поэтому в большинстве случаев детали эксплуатируются с трещинами в наплавленном слое. Поскольку эти трещины чаще всего не переходят в основной металл и мало влияют на абразивную износостойкость и общую работоспособность детали, этот дефект часто считается допустимым. Тем не менее при гидро- и газоабразивном изнашивании трещины, расположенные вдоль потока абразивных частиц, являются очагами разрушения наплавленного слоя. Холодные трещины появляются при температуре ниже 300°С, преимущественно при 20—150°С, причем скорость охлаждения на температуру образования трещин практически не влияет. Для уменьшения вероятности образования холодных трещин наплавку следует производить на основной металл или подслей с минимально возможным пределом текучести. Предварительный подогрев деталей до 400—600°С и последующее замедленное охлаждение в печи позволяют устранить холодные трещины, но такая технология применима лишь для деталей небольшого размера и простой формы.

Высокохромистые чугуны обладают высоким сопротивлением абразивному изнашиванию при заэвтектической структуре. Поэтому при наплавке их на изделия из низкоуглеродистой стали следует стремиться к минимальной доле основного металла; иначе наплавленный слой из-за разбавления основным металлом будет содержать мало хрома и углерода и приобретает доэвтектическую или эвтектическую структуру с пониженной износостойкостью.

Наплавку деталей сложной формы и небольших размеров выполняют шланговыми полуавтоматами самозащитными порошковыми проволоками. При наплавке этими проволоками лучшие результаты по формированию валиков и уменьшению доли основного металла достигаются при поперечном колебании электрода с размахом 20—40 мм и вылете электрода 40—70 мм. Ток выбирают в зависимости от размеров и формы детали, чаще всего равный 300—350 А, но возможна наплавка и на токах до 500 А. Ток постоянный обратной полярности. При наплавке на переменном токе возрастают потери на разбрызгивание.

Хромовольфрамовые теплостойкие стали (тип N) используют для наплавки деталей, подверженных воздействию высоких удельных усилий и теплосен. Наплавку осуществляют штучными электродами, сплошной и порошковой проволокой, металлокерамической лентой. Наибольшее распространение получила наплавка порошковыми проволоками ПП-3Х2В8 и ПП-25Х5ФС

под флюсом АН-20 применительно к восстановлению и упрочнению валков горячей прокатки. Для предупреждения образования трещин, снижения остаточных напряжений и получения оптимальной структуры наплавленного металла осуществляют предварительный подогрев до температуры 350—400°С. Режим наплавки: ток 300—350 А, напряжение на дуге 28—38 В, скорость наплавки 36—42 м/ч, шаг 6—8 мм. После наплавки необходимо замедленное охлаждение в утепленном коробе, а для массивных деталей — отпуск в печи при 520—540°С и охлаждение вместе с печью.

Наплавку деталей сложной формы и глубоких внутренних поверхностей выполняют самозащитной порошковой проволокой. Наиболее частым дефектом при этом являются поры в наплавленном слое, что связано с несоблюдением режима наплавки. Наплавка открытой дугой порошковой проволокой требует строгого соблюдения рекомендуемых для данной проволоки режимов наплавки, особенно соблюдения заданного напряжения дуги. При повышении напряжения дуги ухудшаются условия защиты, наплавленный металл обогащается азотом и появляются поры.

Кобальтовые сплавы с хромом и вольфрамом (тип N), так называемые стеллиты, способны сохранять твердость при высоких температурах, стойки против коррозии и эрозии, износостойки при трении металла по металлу. Жаропрочность этим сплавам придают присадки хрома (25—35%) и вольфрама (3—30%). Важным компонентом является и углерод, образующий с вольфрамом и хромом карбиды, повышающие сопротивление абразивному изнашиванию. Кобальтовыми сплавами наплавляют клапаны двигателей внутреннего сгорания, уплотнительные поверхности паровой арматуры сверхвысоких параметров, матрицы для прессования цветных металлов и сплавов. При наплавке следует стремиться к минимальному переходу железа из основного металла в наплаваемый. Наплавленный металл склонен к образованию холодных и кристаллизационных трещин, поэтому наплавку проводят с предварительным, а иногда и с сопутствующим подогревом деталей.

Наплавку осуществляют литыми прутками газовым пламенем, а также покрытыми электродами. Более рационально применение плазменно-порошковой наплавки. При этом доля основного металла в наплавленном не превышает 10%; заданный химический состав наплавленного металла достигается уже в первом слое. Плазменно-порошковую наплавку выполняют при следующем режиме: ток дуги прямого действия 180—220 А; ток косвенной дуги 70—90 А; скорость наплавки 2—4 м/ч; подача порошка 2—3,5 кг/ч; расход плазмообразующего, транспортирующего и защитного (аргон) газов соответственно 1,5—2; 7—9 и 15 л/мин; размах и количество колебаний горелки соответственно 20—40 мм и 45—60 кол/мин. При существующих конструкциях горелок производительность наплавки может быть повышена до 6—8 кг/ч,

Т а б л и ц а X I . 4 7

Режимы механизированной наплавки

Вид наплавочного материала	Диаметр, размеры сечения электрода, мм	Ток, А	Напря- жение, В	Скорость наплав- ки, 1×10^{-3} м/с	Типовой коэффи- циент на- плавки, г/(А·ч)
Порошковая проволока: самозащитная (АН-125, У10Х4Г2Р, АН-105, АН-106 и др.) под флюсом (АН-131, 110Г13 и др.)	2,5	200—250	22—24	6—8	20—23
	2,8	220—300	22—25	6—8	20—23
	3,0	300—350	24—28	6—8	20—23
	3,6	380—400	28—32	6—8	20—23
	2,5	210—280	22—24	6—8	15—17
	2,8	200—350	22—25	6—8	15—17
	3,0	350—400	24—28	6—8	15—17
	3,6	320—420	28—32	6—8	15—17
Порошковая лента: самозащитная (АН-101 и др.) под флюсом (У40Х38ГЗРТЮ, У30Х30ГЗТЮ, У25Х25Г3Ф2РН и др.)	(21—28)×4	800—850	30—35	5—7	20—28
	45×4	900—1000	30—35	4—5	20—28
	45×4	1000	26—28	3—4,4	23—30
Спеченная лента (70Х3МН, 20Х10Г10Т, У10Х7ГР и др.)	(0,8—1,2)×25	200—600	28—33	4,4—8	30—36
	(0,8—1,2)×45	360—900	28—33	4,4—8	30—36
	(0,8—1,2)×60	480—1000	28—33	4,4—8	30—36
	(0,8—1,2)×75	≥ 600	28—33	4,4—8	30—36
	(0,8—1,2)×90	≥ 900	28—33	4,4—8	30—36

П р и м е ч а н и е. Для данных режимов механизированной наплавки используют постоянный ток обратной полярности.

тогда как при ручной наплавке штучными электродами она составляет 1,5—2 кг/ч. В качестве основного металла при наплавке кобальтовых сплавов служат хромоникелевые нержавеющие стали, жаропрочные сплавы на никелевой основе, низколегированные стали.

Никелевые сплавы с хромом и бором (тип Q_a) сохраняют высокую твердость при нагреве до 600—700 °С, обладают жаростойкостью до 950 °С и хорошей коррозионной стойкостью в борной, хромовой, уксусной и других кислотах. Их применяют для наплавки и металлизации плунжеров водных и кислотных насосов, уплотнительных поверхностей арматуры для паропроводов, выпускных клапанов дизельных двигателей, прессформ для стекла и т. д. Применяют преимущественно плазменно-порошковую наплавку. Плазменную наплавку с присадкой порошка ПГ-ХН80СР2 производят без подогрева. При наплавке с присадкой порошков ПГ-ХН80СР3 и ПГ-ХН80СР4 для предупреждения трещин необходим предварительный подогрев соответственно до 320—380 и 380—450 °С. Режим плазменно-дуговой наплавки такой же, как и для кобальтовых сплавов типа N (см. выше), но в связи с более низкой температурой плавления присадочных порошков ток дуги прямого действия устанавливается на 20—25 % ниже.

Никелевые сплавы с молибденом (тип Q_b) обладают высокой жаропрочностью, хорошей стойкостью против термической усталости в условиях большого числа теп-

лосмен, мало склонны к образованию трещин. Используют их для наплавки контактных поверхностей конусов и чаш доменных печей (сплав хастеллой С). Близок по составу к этому типу сплав никонель, успешная наплавка которого решена с помощью металлокерамической ленты ЛМ-ХН70ГБМТ. Наплавку выполняют под флюсом АН-28.

Карбидные сплавы (тип Р) благодаря высокому содержанию твердых карбидовольфрама отличаются особо высокой стойкостью против абразивного изнашивания. Этими сплавами наплавляют буровой инструмент, детали режущих органов землеройных машин, детали загрузочных устройств доменных печей. Карбидные композиции характерны тем, что они не имеют строго определенного химического состава и при их формировании карбид вольфрама не кристаллизуется из расплава, а вводится в сплав-связку в виде заранее приготовленных зерен нужного размера и формы. Износ карбидных композиций протекает, как правило, избирательно — матрица сплава изнашивается быстрее и выступающие зерна карбидов воспринимают на себя основную нагрузку.

Технология и техника наплавки карбидных композиций должны обеспечивать введение в сварочную ванну частиц износостойкой фазы определенного размера и формы, причем эти частицы должны в минимальной степени растворяться в сплав-связке и не претерпевать нежелательных превращений в результате температурного

воздействия сварочного цикла. Обеспечить такие условия при дуговой наплавке плавящимся электродом в полной мере не удается. Более полно указанные свойства карбидных композиций в настоящее время реализуются при таких сравнительно низкотемпературных процессах, как индукционная и газопламенная наплавка, а также при пропитке зерен литого карбида вольфрама легкоплавким сплавом с использованием печного нагрева. Перспективно применение плазменной наплавки.

В табл. XI.47 приведены типовые режимы механизированной наплавки деталей различными материалами.

12. Технология ручной наплавки

Подготовку деталей к ручной наплавке производят так же, как и к механизированной. В подготовку входят вырубка на-

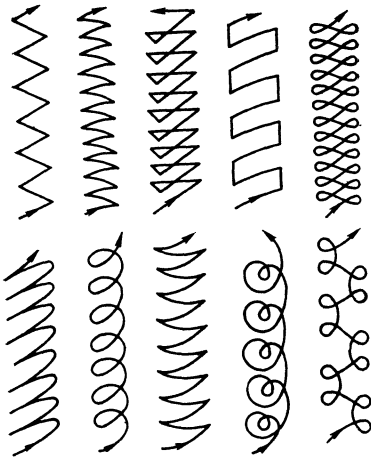


Рис. XI.30. Различные способы движения электрода при наплавке широким валиком

ружных дефектов, обезжиривание, крепление детали струбинами и предварительный подогрев для предотвращения деформации, покрытие пазов, канавок и отверстий, не подлежащих наплавке, медными или графитовыми вставками и др. Помимо этого, в подготовку входит изготовление приставных планок и колец для вывода начала и конца наплавляемого валика, медных пластин для удержания зернообразного твердого сплава, жидкого металла и шлака. В эту же работу входит центровка наплавляемых деталей для последующей механической обработки их на токарных станках.

При наплавке металлическим электродом для образования наплавленного валика электроду сообщают сложное движение (рис. XI.30). Рекомендуется во время наплавки электрод наклонять под углом 15—20°. При вертикальном положении электрода жидкий металл и шлак затекают вперед и попадают на еще нерасплавленный металл детали; это значительно ухудшает

сплавление основного и электродного металлов. Характер перемещения электрода поперек наплавленного валика определяется шириной валика. Узкие валики (шириной менее 1,5 диаметра электрода) образуются при прямолинейном перемещении электрода в направлении наплавки. Объем наплавленного металла в этом случае невелик. Металл охлаждается быстро и в нем остаются газы и шлаки. Для устранения этого дефекта наплавку производят более широкими валиками, образуемыми при поперечном колебании электрода. Такой прием увеличивает прогрев валика и замедляет охлаждение сварочной ванны; это уменьшает возможность появления непроваров, шлаковых включений и пор.

Качество наплавки выше при ширине валика, составляющей 2,5 диаметра электрода. Для этого амплитуда поперечного колебательного перемещения электрода должна составить 1,5—2,0 диаметра его. При таком перемещении валик более плоский, что рационально для деталей с небольшим износом.

Длина дуги должна быть как можно короче и поддерживаться постоянной в процессе наплавки. Обрыв дуги при смене электрода или в процессе наплавки сопровождается образованием кратера — места скопления неметаллических включений, в котором возникают трещины. Поэтому повторное зажигание дуги производят на основном металле, затем возвращаются на шов и заваривают кратер, после чего продолжают наплавку. По окончании наплавки электрод держат неподвижно до самопроизвольного обрыва дуги или сильно укорачивают дугу вплоть до частых коротких замыканий, что обеспечивает полное заплывание кратера. Валики накладывают так, чтобы каждый последующий перекрывал на $\frac{1}{2}$ — $\frac{1}{3}$ ширины предыдущий. Припуск на механическую обработку должен составлять 2—3 мм, однако необходимо, чтобы впадины между валиками находились выше линии обработки поверхности после наплавки.

Значительное влияние на качество наплавки оказывает величина тока. При повышенном токе процесс наплавки активизируется и наплавленная поверхность получается ровной. Однако при этом возможны перегрев и пережог основного металла наплавляемой детали, в результате чего может уменьшиться срок ее службы. При недостаточном токе наблюдаются непровары. Величина тока в значительной мере зависит от диаметра электрода. Режимы ручной дуговой наплавки деталей металлическими электродами представлены в табл. XI.48.

Наплавка угольным электродом имеет ограниченное применение. Она может проводиться с подачей присадочной проволоки в дугу или с предварительным помещением присадочного материала на наплавляемую поверхность. Чаше других этот метод применяют для наплавки зернообразных твердых сплавов. В этом случае для улучшения провара и уменьшения степени обгорания электрода применяют

Таблица XI.48

Режимы ручной наплавки

Марка электрода	Диаметр электрода, мм	Ток, А	Род тока	Типичный коэффициент наплавки, г/(А·ч)	
				постоянный	переменный
ОЗН-300, ОЗН-350, ОЗН-400 ОМГ, ОМГ-Н	4	170—220	Постоянный обратной полярности и переменный	8,2—8,6	8,2—8,6
	5	210—240		9—9,2	9—9,2
	4	120—140			
	5	160—180			
ЭН-60М	4	110—140	Постоянный обратной полярности	8,9—9,0	8,9—9,0
	5	140—180			
НЖ-2, ЦН-5 НЖ-3, Ш-16	4	130—160	Постоянный обратной полярности и переменный	13	13
	5	160—200		11—13	11—13
	4	130—160			
	5	160—200			
ЦН-7 ЦН-4 ЭНР-62, ЦИ-2У, ЦИ-1М	4	140—160	То же	11—13	11—13
	5	160—200		10,5—13,0	10,5—13,0
	4	110—130		11,5—12,0	11,5—12,0
	5	140—160		11,5—12,0	11,5—12,0
12КН/ЛИВТ	4	150—160	Постоянный обратной полярности	8,1—8,3	8,1—8,3
	5	200—210			
ЦС-1	6	180—200	Постоянный прямой полярности	—	—
	7	200—220			
ВКН/ЛИВТ Т-590, Т-620	4	140—150	Постоянный обратной полярности и переменный	6,5	6,5
	5	190—200		6,5	6,5
	4	200—220		8,5	8,5
	5	250—270		8,5	8,5
ЦН-2, ЦН-6 ЦН-3 ЦН-8	4	120—140	Постоянный обратной полярности	12,2	10,4
	5	180—200		10—12	10—12
	4	120—140		10—12	10—12
	5	170—200		10—12	10—12
	4	120—140		10—12	10—12
5	170—200	10—12	10—12		

Таблица XI.49

Режимы наплавки дугой зернообразных твердых сплавов

Наименование сплава	Толщина детали, мм	Диаметр электрода, мм	Длина дуги, мм	Сварочный ток, А	
				постоянный	переменный
Вокар	≤10	8—10	3—5	140—150	160—180
	>10	12—18	3—5	160—200	180—240
Сталинит и ВИСХОМ-9	3—5	8—10	4—8	80—100	90—120
	6—15	10—12	4—8	120—140	140—160
	>16	16—20	4—8	160—180	180—230
	≤10	10—12	4—6	160—190	190—210
Боридная смесь БХ и КБХ	>15	12—15	4—5	170—210	220—250

прямую полярность. Величину сварочного тока устанавливают в зависимости от толщины детали в месте наплавки, диаметра угольного электрода и типа зернообразного твердого сплава (табл. XI.49).

Наплавка при высокой плотности тока вызывает перегрев наплавленного металла и распад твердого раствора, а также снижение твердости вследствие увеличения доли основного металла в наплавленном и распада карбидов вольфрама, хрома, марганца. Наплавка же при пониженной плотности тока может привести к несплавлению основного и наплавляемого металлов, к отслаиванию и выкрашиванию наплавленного слоя.

Толщина слоя наплавки твердыми сплавами сталинит и ВИСХОМ-9 при ударных нагрузках не должна превышать 2,5—3 мм, типа вокар 3—4 мм и боридной смесью 3—3,5 мм. При большей толщине наплавленный металл хрупкий, возможность его выкрашивания увеличивается. Толщина слоя твердого сплава, наносимого на поверхность детали за один проход, не должна превышать 1,5—2 мм.

У деталей, изготовленных из легированных сталей, для лучшего сплавления основного металла с наплавленным первый слой наплавляют обычными металлическими электродами с основным покрытием, а последующие — твердым сплавом. Твердые сплавы наплавляют в нижнем положении во избежание стекания жидкого металла на горизонтально расположенную плоскость детали. Большие поверхности наплавляют зернообразным твердым сплавом за несколько приемов.

На толстых деталях, которые проходят горячую гибку (например, ножи грейферов), следует наплавлять только те участки, которые после гибки остаются плоскими. Сгибы следует наплавлять позже и не зернообразным сплавом, а электродами с соответствующей обмазкой. Дело в том, что температура плавления зернообразного сплава зачастую ниже температуры плавления стали, поэтому наплавленный слой может оплавиться в печи или в горне во время нагрева под гибку. При толщине деталей до 14 мм гибку можно выполнять при температуре нагрева 700—800 °С, не влияющей на качество наплавки.

Такие детали, как решетка с узкими шейками между отверстиями, скребки, у которых наплавляются торцовые кромки, наплавляют зернообразным сплавом невозможна, так как пламя дуги выдувает шихту. В этом случае наплавку выполняют электродами с соответствующим покрытием.

Для увеличения производительности ручной дуговой наплавки рекомендуется применять наплавку пучком электродов, металлическим электродом с присадочным прутком, трехфазной дугой, электродами больших диаметров и с повышенным коэффициентом наплавки.

Сущность способа наплавки пучком электродов состоит в том, что в пучок соединяют 2—6 электродов, затем связывают их проволокой и прихватывают ого-

ленные концы между собой. Дуга горит поочередно на всех электродах, перемещаясь с электрода на электрод по мере их оплавления; поэтому электроды нагреваются меньше, что дает возможность увеличить ток. При наплавке пучком электродов не требуется дополнительное сварочное оборудование, существенно увеличивается производительность наплавочных работ, повышается коэффициент использования сварочного поста. Основными недостатками этого метода являются необходимость специальной подготовки электродов и возможность наплавки только горизонтально расположенных поверхностей.

Способ наплавки деталей металлическим электродом с присадочным прутком заключается в том, что наплавщик правой рукой производит наплавку, а левой рукой вводит присадочный пруток в зону дуги. Для ускорения плавления присадочного прутка наплавщик время от времени прижимает его кромку к кромке электрода; при этом возникает дополнительная дуга между присадочным прутком и изделием. Диаметр присадочного прутка обычно на 1—2 мм больше диаметра электрода; плотность тока по сравнению с обычной наплавкой увеличивается на 15—20%. При наплавке металлическим электродом с присадочным прутком производительность наплавочных работ увеличивается на 30—40%, более полно используется тепло сварочной дуги, увеличивается количество одновременно плавящегося металла, появляется возможность дополнительного легирования наплавленного металла за счет присадочного прутка.

Наплавка трехфазной дугой осуществляется от трехфазного или двух однофазных трансформаторов. Наиболее распространена наплавка двумя параллельными и изолированными один от другого электродами. Электроды зажимают в специальный двухфазный электрододержатель, через который подводят к ним сварочный ток от двух фаз. Третья фаза подключается к детали. Трехфазная дуга горит более устойчиво, чем однофазная. Все три ее однофазные дуги находятся в общем факеле (две дуги горят между каждым электродом и изделием, одна — между электродами), взаимно влияя одна на другую. Ценной особенностью способа наплавки трехфазной дугой является возможность раздельного регулирования сварочного тока в каждой фазе. Уменьшение тока на детали и увеличение его на электродах позволяют получить минимальное проплавление основного металла и наибольшее количество расплавленного.

В табл. XI.50 приведены режимы наплавки трехфазной дугой при двух регуляторах тока.

В целях обеспечения перемещения жидкого металла и шлака из-под основания сварочной дуги в сторону наплавленного валика угол наклона электродов изменяют в пределах 60—70°. Преимуществом способа наплавки трехфазной дугой является увеличение производительности на 100—120% и коэффициента наплавки на 10—15%.

Таблица XI.50

Режимы наплавки трехфазной дугой при двух регуляторах тока

Марка электрода	Диаметр электрода, мм	Сварочный ток, А		Коэффициент наплавки, г/(А ч)	Потери металла на угар и разбрызгивание, %	Количество наплавленного металла за 1 ч горения дуги, кг/ч
		в каждом электроде	в изделии			
С меловым покрытием	2	140—150	235—250	7,8	17,1	2,05
	5	180—190	300—320	8,1	17,5	2,76
	6	210—220	355—370	8,2	16,3	3,26
ОММ-5	4	150—170	250—290	9,6	16,8	2,94
	5	200—230	340—390	9,7	19,1	3,85
	6	260—290	440—490	10,1	18,4	5,10
ЦМ-7	4	160—180	270—305	11,0	12,4	3,40
	5	220—240	370—405	11,5	13,9	5,05
УОНИ13/45	4	170—190	290—320	10,8	5,4	3,50
	4	130—140	225—240	9,9	9,2	2,50
	5	160—180	275—305	9,7	9,8	3,00
ОЗННС-1	4	130—150	225—260	8,7	23,0	2,25
	5	160—180	275—305	8,6	24,0	2,75

13. Источники питания наплавочных агрегатов

При наплавке на переменном токе в качестве источников питания дуги применяют сварочные трансформаторы, при наплавке на постоянном токе — полупроводниковые выпрямители и электромеханические преобразователи. При электродуговой наплавке, учитывая технологические преимущества постоянного тока, более широко применяют выпрямители и преобразователи, при электрошлаковой наплавке — сварочные трансформаторы. Для ручной наплавки широко используют и источники переменного, и источники постоянного тока.

Устойчивость процесса наплавки зависит от внешней характеристики источника питания — зависимости напряжения на его зажимах от тока нагрузки. Каждая внешняя характеристика соответствует определенному положению регулирующих элементов источника питания и может быть падающей, пологопадающей, жесткой и возрастающей. В зависимости от используемого способа регулирования режима наплавки и получения падающей внешней характеристики различают трансформаторы с нормальным и повышенным магнитным рассеянием. У первых трансформаторов благодаря тому, что вторичная обмотка наматывается непосредственно поверх первичной, весь магнитный поток, создаваемый первичной обмоткой, охватывает и вторичную.

Принципиальная конструктивная схема трансформаторов типа СТЭ с отдельной реактивной катушкой-дросселем типа РСТЭ приведена на рис. XI.31,а. Из-за малого магнитного рассеяния, а следовательно, и индуктивного сопротивления обмоток трансформатора внешняя характеристика собственно трансформатора жесткая. Для регулирования режима наплавки

и получения падающей внешней характеристики в цепь последовательно с дугой включают отдельную реактивную катушку-дроссель. Индуктивное сопротивление дросселя изменяется регулированием воздушного зазора в ярме его сердечника путем плавного перемещения подвижного пакета. При уменьшении зазора индуктивное сопротивление дросселя возрастает, а сварочный ток уменьшается; при увеличении зазора сварочный ток повышается. Недостатком источников питания этого типа является неустойчивая работа при наплавке на малых токах, когда имеет место вибрация подвижного пакета дросселя, вызываемая значительными электродинамическими усилиями. Эти усилия возникают при замыкании дугового промежутка в моменты перехода капли расплавленного металла с электрода в сварочную ванну.

На рис. XI.31,б показана принципиальная конструктивная схема сварочных трансформаторов типа СТН и ТСД. Трансформаторы этого типа, как и типа СТЭ, имеют нормальное магнитное рассеяние, однако дроссель для регулирования режима наплавки и получения падающей внешней характеристики выполнен на совмещенном ярме с магнитопроводом трансформатора. К преимуществам трансформаторов этого типа относятся меньшие габариты и масса по сравнению с трансформаторами типа СТЭ двухкорпусного исполнения. Однако они не лишены недостатков, присущих трансформаторам с отдельным дросселем. Трансформаторы типа СТН предназначены для ручной дуговой наплавки и сварки и снабжены винтовым механизмом с рукояткой для перемещения подвижного пакета дросселя.

Трансформаторы типа ТСД рассчитаны для питания автоматических и полуавтоматических установок и снабжены электро-механическим приводом для дистанционно-

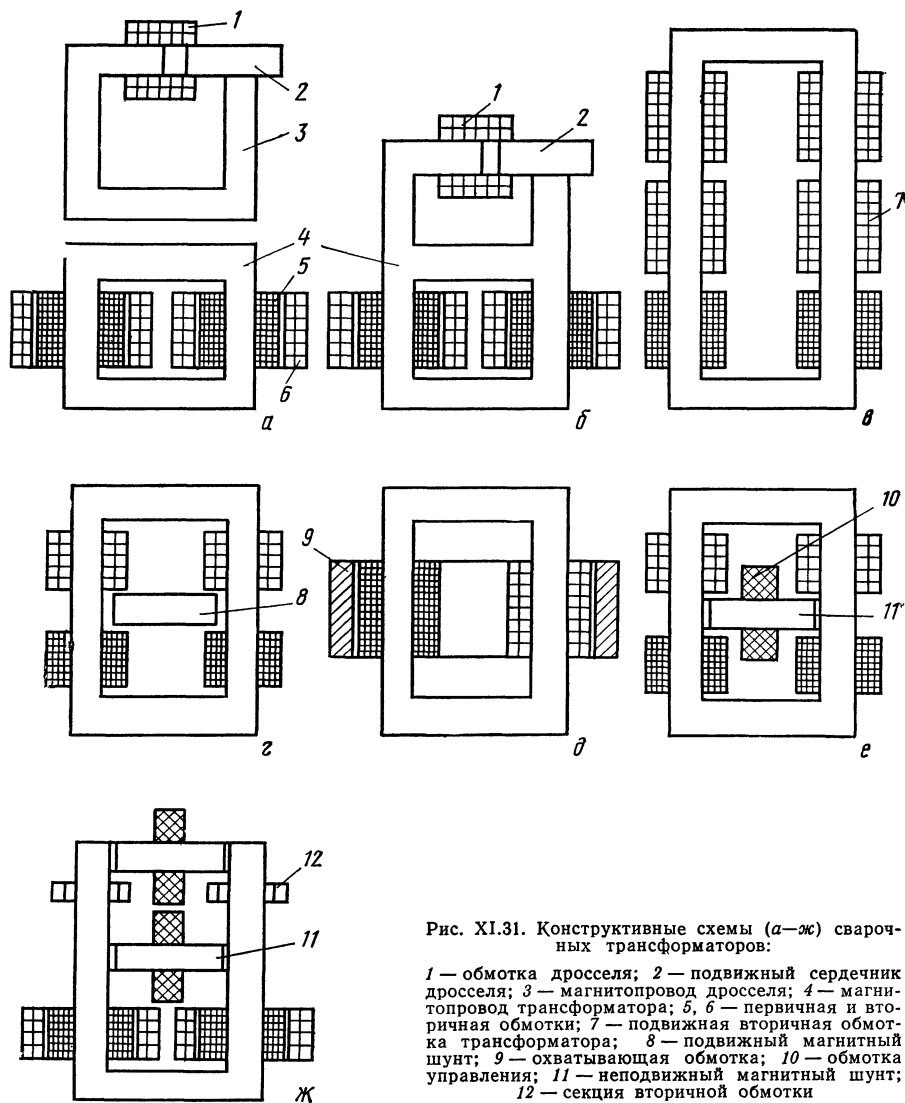


Рис. XI.31. Конструктивные схемы (а-ж) сварочных трансформаторов:

1 — обмотка дросселя; 2 — подвижный сердечник дросселя; 3 — магнитопровод дросселя; 4 — магнитопровод трансформатора; 5, 6 — первичная и вторичная обмотки; 7 — подвижная вторичная обмотка трансформатора; 8 — подвижный магнитный шунт; 9 — охватывающая обмотка; 10 — обмотка управления; 11 — неподвижный магнитный шунт; 12 — секция вторичной обмотки

го регулирования режима наплавки. Сварочные трансформаторы с повышенным магнитным рассеянием, как правило, имеют разнесенные обмотки. Это приводит к тому, что часть магнитного потока первичной обмотки замыкается, помимо контура, вторичной обмоткой, создавая так называемый поток рассеяния. Эти трансформаторы выпускаются нескольких модификаций, различающихся по способу регулирования режима.

К достаточно распространенному типу трансформаторов с повышенным магнитным рассеянием относятся трансформаторы типа ТС-ТД (см. рис. XI.31, в). У трансформаторов этого типа за счет изменения потока рассеяния при перемене расстояния между первичной и вторичной обмотками регулируется режим наплавки и обеспечивается падающая внешняя характеристика.

Существенным преимуществом трансформаторов этого типа по сравнению с трансформаторами типов СТЭ, СТН-ТСД является значительное снижение усилий, действующих на подвижные узлы системы регулирования режима трансформатора. Подвижная обмотка в трансформаторах типа ТС-ТД перемещается вручную. При разведении обмоток сварочный ток уменьшается, при сближении увеличивается. Предусмотрена возможность переключения катушек вторичной обмотки с последовательного соединения на параллельное. Это позволяет расширить диапазон регулирования сварочного тока.

Следующим типом трансформаторов с повышенным магнитным рассеянием являются трансформаторы типа СТАН-СТШ и трансформатор ТС-350, принципиальная конструктивная схема которых показана

Таблица XI.51

Техническая характеристика трансформаторов, применяемых при электродуговой наплавке

Тип трансформатора	Напряжение, В		Сварочный ток, А		Потребляемая мощность, кВт	К. п. д., %	Коэффициент мощности	Габаритные размеры, мм	Масса, кг	Завод-изготовитель
	номинальное	холостого хода	номинальный	пределы регулирования						
<i>Трансформаторы с нормальным магнитным рассеянием и реактивной катушкой</i>										
ТСД-500-1	40	80	500	200—600	48,5	85	0,55	950×818×1215	420	Завод электросварочного оборудования, г. Вильнюс
ТСД-1000-4	42	69 и 78	1000	400—1200	78	87	0,62	950×818×1215	510	
ТСД-2000-2	53	72 и 84	2000	800—2200	186	89	0,64	1050×900×1300	675	
<i>Трансформаторы с увеличенным магнитным рассеянием и подмагничиваемым магнитным шунтом</i>										
ТФД-1001	44	68—71	1000	400—1200	82	87	—	1200×230×1200	740	То же
ТФД-1601	60	95—105	1600	600—1800	182	88	—	1200×830×1200	1000	
<i>Трансформаторы с увеличенным магнитным рассеянием и подвижными катушками</i>										
ТД-300	30	61—79	300	60—380	19,4	86	0,51	640×490×715	137	Электромашиностроительный завод, г. Коканд и завод «Искра», г. Первоуральск
ТД-304	35	61—79	300	60—350	19,4	87	0,60	640×490×885	157	
ТД-500	30	61—76	500	90—650	32	87	0,53	720×580×850	210	
<i>Трансформаторы с ярмовым рассеянием</i>										
ТСМ-250	25	60	250	92—250	14,5	77	0,55	480×360×400	32	Завод средств автоматизации и управления, г. Киев
ТСМ-500	40	68	500	—	—	77	—	650×560×580	130	Завод электроагрегатов, г. Новосибирск

на рис. XI.31, г. В этих трансформаторах увеличение магнитного рассеяния создается за счет подвижного магнитного шунта, помещенного между стержнями трансформатора. При выдвижении магнитного шунта за пределы магнитопровода рассеяние уменьшается, что приводит к снижению индуктивного сопротивления обмоток трансформатора и увеличению сварочного тока.

Принцип регулирования режима за счет подмагничивания шунта заложен в основу конструктивной схемы трансформаторов типа ТДФ (см. рис. XI.31, е), предназначенных для питания дуги при механизированной сварке и наплавке под флюсом. При увеличении тока подмагничивания магнитное сопротивление шунта возрастает, поток рассеяния уменьшается и сварочный ток увеличивается.

На рис. XI.31, ж показана принципиальная конструктивная схема трансформаторов с регулируемой магнитной коммутацией (ТРМК). У этих трансформаторов вторичная обмотка секционирована. Большая часть ее витков (60—70%) расположена, как у трансформаторов с нормальным рассеянием, а около 30—40% витков находятся между верхним и средним ярусами трансформатора. Положительная особенность этих трансформаторов — отсутствие подвижных частей; это повышает надежность их работы.

Определенное распространение получили облегченные малогабаритные трансформаторы типа ТСМ-250 и ТСП-1. Они относятся к группе трансформаторов с повышенным магнитным рассеянием. Режим регулируется ступенчато путем включения дополнительных витков. Плавная регулировка внутри каждой ступени производится намоткой от 1 до 5 витков сварочного провода вокруг корпуса трансформатора (см. рис. XI.31, д).

Для питания установок электродуговой наплавки наиболее широко применяются однофазные понижающие трансформаторы с воздушным охлаждением, имеющие падающую или пологопадающую внешнюю характеристику. Основные параметры этих трансформаторов представлены в табл. XI.51.

При электрошлаковой наплавке применяют однофазные или трехфазные трансформаторы с водяным или воздушным охлаждением и жесткой внешней характеристикой. Режим этих трансформаторов регулируется ступенчато. Техническая характеристика трансформаторов, применяемых при электрошлаковой наплавке, представлена в табл. XI.52.

При наплавке на постоянном токе в качестве источника питания наиболее широко применяют выпрямители. Они состоят из трансформатора и блока вентилях. Выпрямители подразделяют на однопостовые с падающими, жесткими, пологопадающими и универсальными характеристиками и многопостовые с жесткими характеристиками. В сварочных выпрямителях применяют селеновые или кремниевые вентили, собранные по трехфазной мостовой или шестифазной схеме выпрямления.

Выпрямители типа ВД имеют падающие внешние характеристики, создаваемые силовым трехфазным трансформатором с повышенным магнитным рассеянием. Регулирование режима в этих выпрямителях смешанное. При соединении обмоток трансформатора по схеме «звезда — звезда» — диапазон малых токов, при соединении по схеме «треугольник — треугольник» — диапазон больших токов. Плавная регулировка внутри каждого диапазона обеспечивается изменением расстояния между первичными и вторичными обмотками трансформатора. Эти выпрямители используют при ручной наплавке и механизированной наплавке под флюсом.

Выпрямители с пологопадающей характеристикой типа ВС укомплектованы трансформаторами с нормальным магнитным рассеянием. Режим регулируется переключением числа витков первичной и вторичной обмоток трансформатора. Эти выпрямители имеют дополнительный дроссель, включенный в цепь. Выпрямители типа ВС используют при механизированной наплавке под флюсом, в защитном газе, самозащитной порошковой проволокой. Выпрямители модели ВС-300, помимо этого, применяют и при ручной электродуговой наплавке.

Выпрямители типа ВДГ с пологопадающими характеристиками снабжены трансформатором с нормальным магнитным рассеянием и дросселем насыщения, рабочие обмотки которого включены в плечи выпрямительного блока. Регулирование напряжения выпрямителя смешанное: ступенчатое — переключением числа витков вторичных обмоток трансформатора и плавное — подмагничиванием верхнего и среднего яра. Модель ВДГ-302 используют при ручной наплавке и механизированной наплавке в среде защитного газа, а модель ВДГ-601 — только при механизированной наплавке.

Выпрямители типа ВСЖ с пологопадающими внешними характеристиками укомплектованы трансформаторами с регулируемой магнитной коммутацией. Регулирование напряжения смешанное: ступенчатое — переключением числа витков вторичных обмоток трансформатора и плавное — подмагничиванием верхнего и среднего яра. Скорость нарастания тока в цепи регулируется секционированным дросселем. Выпрямитель ВСЖ-303 применяют при механизированной наплавке в защитном газе, а ВСЖ-1600 — при наплавке под флюсом, в защитном газе, самозащитной порошковой проволокой и лентой.

Универсальные сварочные выпрямители типа ВСУ имеют жесткие и крутопадающие характеристики. Режим этих выпрямителей регулируется также ступенчато переключением числа витков первичных обмоток трансформатора и дросселем насыщения. Переход с жестких характеристик на падающие выполняется переключателем, соединяющим рабочие обмотки дросселя насыщения последовательно.

Выпрямители типа ВДУ также являются универсальными. Они состоят из силового трехфазного трансформатора и выпрями-

Таблица XI.52

Техническая характеристика трансформаторов, применяемых при электрошлаковой наплавке

Тип трансформатора	Число фаз	Охлаждение	Сварочный ток, кА	Напряжение, В	Пределы регулирования напряжения, В	Число ступеней регулирования напряжения	Потребляемая мощность, кВт А	Габаритные размеры, мм	Масса, кг
ТШС-600-3	3	Воздушное	0,6	54	38—62	18	100	1160×1010×1382	1160
ТШС-1000-1	1	»	1	56	38—62	18	56	380×690×1150	510
ТШС-1000-3	3	»	1	56	38—62	18	170	1470×900×1715	1400
ТШС-3000-1	1	Водяное	3	46	13—46	10	138	950×706×780	600
ТШС-3000-3	3	»	3	56	8—63	48	500	1360×1335×1505	2200
ТШС-10 000-1	1	»	10	36	28—41	4	410	1370×1300×900	1050
ТШН-15-1	1	»	15	—	20—65	13	980	1680×1310×1940	2850
ТШП-10-1	1	»	10	72	40—72	4	724	1740×1100×1840	3050
ТШП-15-3	3	»	15	30	14—50	10	1370	1450×1300×1300	3250
ТШП-20-1	1	»	21	36	21—54	10	760	1800×1050×1380	3100
ТРМК-3000-1	1	Воздушное	3	42	31—57	3	1900	1060×1040×1050	1100

Примечание Все трансформаторы, кроме модели ТШС-1000-3, поставяет опытный завод Института электросварки им. Е. О. Патона; поставщиком модели ТШС-1000-3 является завод электротермического оборудования (г. Каховка).

тельного блока, собранного из тиристорov по шестифазной схеме с уравнительным реактором. Режим регулируется изменением угла открытия тиристорov выпрямительного блока. Модели ВДУ-305, ВДУ-504 и ВДУ-504-1, имеющие падающую и жесткую характеристики, применяют при ручной наплавке, а также при механизированной наплавке под флюсом и в защитном газе. Модели ВДУ-1001, ВДУ-2001 и ВДУ-1601 используют только при механизированной наплавке.

Многопостовые выпрямители снабжены силовым трансформатором с нормальным магнитным рассеянием и выпрямительным блоком. Внешняя характеристика этих выпрямителей жесткая. Ток на каждом посту выпрямителей типа ВКСМ и ВДМ регулируется при помощи балластных реостатов типа РБ, а на каждом посту выпрямителей типа ВМГ — при помощи балластных реостатов типа РБГ и разделительных стабилизирующих дросселей. Техническая характеристика выпрямителей представлена в табл. XI.53.

Преобразователи, применяемые при наплавке на постоянном токе, состоят из генератора постоянного тока и электродвигателя переменного тока, расположенных в общем металлическом корпусе. Промышленность выпускает преобразователи с падающими внешними характеристиками, предназначенные для электродуговой сварки и наплавки автоматической под флюсом, полуавтоматической под флюсом и ручной (ПС, ПСО, ПД); генераторы с жесткими внешними характеристиками, предназначенные для автоматической и полуавтоматической сварки и наплавки в защитных газах (ПСГ); универсальные с жесткой и падающей внешними характеристиками, предназначенные для сварки и наплавки под флюсом и в защитных газах (ПСУ). В этих преобразователях необходимую внешнюю характеристику получают путем переключения обмоток или регулирующих устройств. Наибольшее распространение получили преобразователи с падающими внешними характеристиками, серийное производство которых освоено на большинстве отечественных заводов электросварочного оборудования. Техническая характеристика преобразователей представлена в табл. XI.54.

14. Наплавочные аппараты

Механизированную наплавку осуществляют с помощью обычных сварочных аппаратов или специализированных полуавтоматов и автоматов. К основным узлам полуавтоматов относятся механизм подачи проволоки, шкаф управления с электронизмерительной и пускорегулирующей аппаратурой, горелка с рукавом для подачи электродной проволоки, а также устройство для защиты зоны дуги, конструкция которого зависит от вида защиты. В полуавтоматах для наплавки и сварки под флюсом на держателе установлена воронка для засыпки флюса вручную (ПШ-5) либо флюс в держатель

подается из отдельного бункера при помощи сжатого воздуха (ПДШМ-500). Флюс подается по отдельной резиновой трубке либо по рукаву вместе с электродной проволокой. Полуавтоматы для наплавки в защитном газе комплектуются баллоном для газа, редуктором, осушителем, газовым клапаном и рукавом для подачи газа.

В полуавтоматах механизирована операция подачи электродной проволоки. Для ее осуществления используют следующие типы механизмов: толкающий, тянущий (ПШП-10) и толкающе-тянущий (ПДА-300). Остальные операции, необходимые для осуществления наплавки, выполняются вручную.

Полуавтоматы, таким образом, сочетают в себе преимущества автоматов с маневренностью электрододержателя для ручной наплавки. Различают полуавтоматы для наплавки под флюсом, в среде защитного газа, открытой дугой порошковой самозащитной проволокой. Более широко полуавтоматы применяют для наплавки в защитном газе и открытой дугой самозащитной проволокой. Полуавтоматы можно классифицировать и по диаметру используемой проволоки — для проволоки малого (0,5—1,4 мм) и большого (>1,6 мм) диаметров, и по характеру перемещения в процессе наплавки — стационарные, переносные или передвижные.

Стационарные полуавтоматы имеют различные механизмы подачи проволоки и пульт управления. Масса одновременно заряжаемой проволоки и механизма подачи ее у стационарных полуавтоматов может достигать 100 кг. У переносных полуавтоматов легкие механизмы подачи проволоки; масса электродной проволоки, намотанной на кассету, невелика. Механизм подачи проволоки и кассета могут размещаться в портативном ящике. Полуавтоматы этой группы достаточно транспортабельны и маневренны. Большинство выпускаемых промышленностью полуавтоматов (типов А-547У, ПДПГ-500, А-1230М и др.) имеет переносные механизмы подачи, которые успешно используют в стационарных и передвижных полуавтоматах. Передвижные полуавтоматы могут быть двух исполнений: с легкими механизмами подачи, свободно отделяющимися от других узлов (А-765), либо установленными на тележках (А-1197) и смонтированными совместно с источником питания и баллоном с углекислотой на платформе с колесами. Передвижные полуавтоматы рассчитаны на перекачивание их с одного места на другое. Пульт управления этих полуавтоматов устанавливается стационарно на рабочем месте в некотором отдалении от механизма подачи проволоки рядом с источником питания или монтируется в него. Такое размещение узлов полуавтомата затрудняет регулирование или контроль режима наплавки.

Большинство полуавтоматов имеет скорость подачи проволоки от 60 до 900 м/ч и рассчитано на наплавку и сварку токами до 500 А. Техническая характеристика наиболее распространенных полуавтоматов представлена в табл. XI.55.

Автоматическую наплавку осуществляют с помощью автоматов для электродуговой

Таблица XI.53

Техническая характеристика выпрямителей, применяемых при наплавке

Тип выпрямителя	Ток, А		Напряжение, В		Число ступеней регулирования напряжения	Потребляемая мощность, кВт А	К. п. д., %	Габаритные размеры, мм	Масса, кг	Завод-изготовитель
	номинальный	пределы регулирования	рабочее	холостого хода						
ВД-101	125	20—125	25	65—68	—	9	—	1125×745×836	170	—
ВД-301	315	45—315	32	65—68	—	24	—	1200×800×850	230	Завод электросварочного оборудования, г. Вильнюс
ВД-502	500	50—500	40	80—90	—	42	—	810×550×1062	355	Завод электросварочного оборудования, г. Тбилиси
ВС-200	150	30—200	30	21—40	5	—	70	—	190	—
ВС-300	300	30—300	30	20—40	24	22,5	70	560×720×965	250	Завод средств автоматизации и управления, г. Киев
ВС-400	400	55—400	—	23—46	—	—	—	1040×805×1500	300	То же
ВС-500	500	50—500	40	20—45	27	31	75	770×600×1150	350	»
ВС-600	600	60—600	40	24—52	27	31	75	1000×840×1200	450	Завод шахтной автоматики, г. Днепропетровск
ВС-1000	1000	50—1000	17—48	28—63	4	75	78	880×700×1375	600	—
ВДГ-302	315	50—315	16—38	—	3	18	75	1015×748×953	275	Электротехнический завод г. Симферополь
ВДГ-601	630	100—700	18—66	90	—	24	—	1250×900×1155	585	Завод электросварочного оборудования, г. Вильнюс
ВСЖ-303	315	50—315	18—50	18—50	—	16	75	710×550×955	280	Завод средств автоматизации и управления, г Киев
ВСЖ-1600	1600	—	15—65	26—95	—	160	—	1050×850×1800	1200	Опытный завод ИЭС им. Е. О. Патона
ВСУ-500	500	90—550	20—40	52—68	—	63	—	1186×953×1017	420	—
ВДУ-305	315	50—315	16—38	—	—	23	—	—	—	Электромашзавод, г. Коканд

ВДУ-504	500	100—500	18—50	72—78	—	40	—	1100×940×816	400	Завод «Электрик» им. Н. М. Шверника, г. Ленинград То же » » » »
ВДУ-1001	1000	300—1000	24—66	24—66	—	105	—	1800×1100×880	900	
ВДУ-1201	1250	300—1250	24—66	100	—	—	—	1350×800×1250	780	
ВДУ-1601	1600	500—1600	24—66	26—66	—	165	—	950×1150×1850	950	
ВДМ-1001	1000	—	60	—	—	74	88	865×1020×685	420	
ВДМ-1601	1600	—	60	70	—	118	—	1500×1050×820	700	
ВКСМ-1000-1	1000	—	60	70	—	74	—	1300×825×808	450	
МГ-5000	5000	—	30—60	68	—	317	—	1500×1150×1685	2150	Опытный завод ИЭС им. Е. О. Патона То же

В

Т а б л и ц а XI.54

Техническая характеристика преобразователей, применяемых при наплавке

Тип преобразователя	Сварочный ток, А		Напряжение, В		Потребляемая мощность, кВ·А	Габаритные размеры, мм	Масса, кг	Тип генератора	Завод-изготовитель
	номинальный	пределы регулирования	рабочее	холостого хода					
ПС-1000	1000	300—1000	44	50—90	14	1465×770×810	1600	СГ-1000-II	—
ПСУ-500	500	16—500	40	40	20	1055×580×920	540	ГСУ-800	—
ПД-305	305	40—350	32	85	10,5	845×537×1200	280	—	Завод «Искра», г. Первоуральск
ПД-501	500	125—500	40	58—86	28	1020×650×1085	540	ГСО-500	Завод электросварочного оборудования, г. Тбилиси
ПСГ-500	500	60—500	40	40	20	1050×560×1015	460	ГСГ-500-1	Завод электросварочного оборудования, г. Вильнюс
ПСО-315	315	100—315	32	80	17	1225×485×780	372	ГСО-315М	Завод «Искра», г. Первоуральск

Таблица XI.55

Техническая характеристика полуавтоматов для наплавки

Тип полуавтомата	Диаметр электродной проволоки, мм	Номинальный сварочный ток, А	Скорость подачи электродной проволоки, м/ч	Источник питания	Габаритные размеры механизма подачи, мм	Масса механизма подачи, кг	Завод-изготовитель
<i>Полуавтоматы для наплавки под флюсом</i>							
ПШ-5-1	1,6—2,0	630	80—600	—	440×300×340	20	—
ПШ-54	2,0—2,0	500	80—600	—	330×280×325	23	—
<i>Полуавтоматы для наплавки в защитных газах плавящимся электродом</i>							
А-547У	0,8—1,2	300	100—340	ВС-300	350×118×245	6	Завод средств автоматизации и управления, г. Киев
А-825М	1—1,2	250	120—620	ВСЖ-303	900×660×420	20	Завод порционных автоматов, г. Киев
А-1230М	0,8—1,2	315	140—670	ВДГ-301	64×280×130	11	Завод электросварочного оборудования, г. Каховка
А-1503	1,6—3,0	630	90—930	ПСТ-500	960×680×560	25	Завод «Искра», г. Первоуральск
ПДГ-301	0,8—1,2	300	180—720	ВДГ-302	450×240×275	6	—
ПДГ-305	0,8—1,4	315	120—1200	ВДГ-302	362×284×153	13	Завод «Электрик», г. Ленинград
ПДГ-502	1,2—2,0	500	120—1200	ВДУ-504-1	904×660×434	13	Завод электросварочного оборудования, г. Кадиевка
ПДГ-601	1,2—2,5	630	120—1200	ВДГ-601	904×660×434	27	Завод «Искра», г. Первоуральск
<i>Полуавтоматы для наплавки под флюсом и в защитных газах</i>							
А-1035	1,6—3,5	450	58—580	ВДУ-504	900×660×420	25	—
А-1187П	1,6—3,0	500	90—900	ВДУ-504	960×660×560	35	—
<i>Полуавтоматы для наплавки самозащитной проволокой открытой дугой</i>							
А-765	1,6—3,0	450	58—582	ПСГ-500	760×500×550	52	Завод «Искра», г. Первоуральск
А-1234М	1,6—2,0	350	106—428	ПСГ-500	364×290×130	10	—

Таблица XI.56

Техническая характеристика аппаратов для электродуговой наплавки

Тип аппарата	Защитная среда	Размеры электрода, мм		Номинальный сварочный ток, А	Скорость подачи электрода, м/ч	Скорость наплавки, м/ч	Габаритные размеры, мм	Масса, кг
		провода (диаметр), мм	лента (ширина), мм					
А-384МК	Флюс	3—5	20—100	1000	28,5—225	14—110	650×850×1600	135
АБСК	»	2—6	—	300—1200	28—220	14—110	760×710×1750	160
А-1406	Флюс, углекислый газ, без защиты	2—5	—	1000	50—500	—	320×980×1690	250
А-1408	Углекислый газ, без защиты	1,6—3	—	500	50—500	—	620×1200×1020	170
А-1409	Флюс, без защиты	1,6—3	—	300	50—500	—	700×1395×1720	230
А-874Н	Флюс	2—7	15—100	1000	5—90	5—116	1100×810×2000	285
А-580М	»	1—3	—	400	48—410	12—40	925×1200×1250	84
А-985	»	3—5	—	1000	17—230	—	450×800×2320	345
А-1640	Флюс, без защиты	3—5	15—20	1000	30—200	—	2570×800×850	325

Примечание. Аппараты типа А-985 и А-1640 поставляет опытный завод Института электросварки им. Е. О. Патона АН УССР, остальные аппараты — завод электросварочного оборудования (г. Каховка).

локи по выходе из подающих роликов выталкиваются при подаче конца нового мотка, так что наплавку можно вести длительно без перерыва дуги. Для крепления катушек с проволокой предусмотрены специальные кронштейны.

электрошлаковой наплавки кернов клещевых кранов, центров токарных станков, пуансонов и других деталей с торцевой рабочей поверхностью. Аппарат представляет собой комплектный агрегат, работающий по принципу наплавки электродом большого сечения.

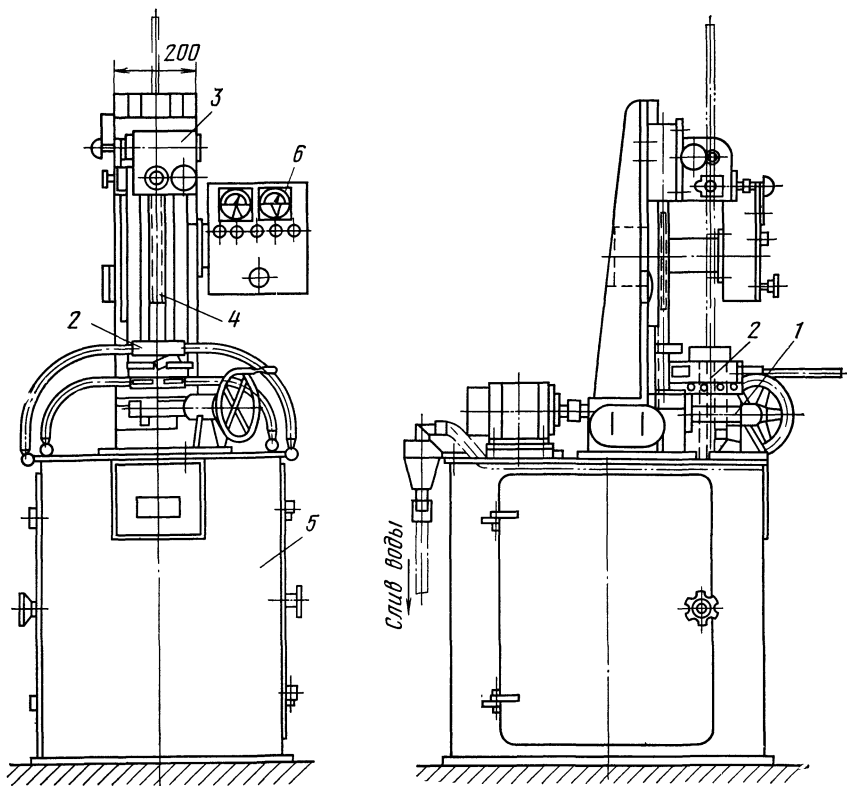


Рис. XI.33. Аппарат А-578М для электрошлаковой наплавки

Ленточная приставка также рассчитана на крепление вместо нормального правильного механизма и мундштука на головке аппарата А-384. Приставка обеспечивает надежную подачу ленты толщиной от 0,4 до 1 и шириной от 20 до 100 мм. Ширина наплавленного валика приблизительно равна ширине ленты. Режим наплавки выбирают в зависимости от ее размеров. Скорость перемещения аппарата при наплавке ленточным электродом должна быть в пределах от 4 до 12 м/ч.

Получили широкое распространение и другие модификации наплавочных аппаратов, а также однодуговые тракторы (табл. XI.56 и XI.57).

Иногда наплавку производят с помощью сварочных подвесных головок (табл. XI.58).

Автоматы для электрошлаковой наплавки содержат механизм подачи одной или нескольких проволок, стержней или электродов другого профиля, а также формирующие устройства — водоохлаждаемые кристаллизаторы. Примером является аппарат А-578М, разработанный в Институте электросварки им. Е. О. Патона для торцевой

Наплавляемая заготовка устанавливается вертикально в зажимном приспособлении 1 (рис. XI.33). Наплавка происходит в полости, образованной заготовкой и стенками охлаждаемого водой медного разъемного кокиля 2, конструкция которого зависит от формы и размеров наплавляемой заготовки. В качестве электродов используют стальные прутки из стали 3Х2В8Ф диаметром 14—20 мм. Пруток зажимают в электрододержателе 4; по мере расплавления он подается в шлаковую ванну подающим механизмом 3; скорость подачи изменяют с помощью сменных шестерен. Аппарат смонтирован на небольшой сварной станине 5, внутри которой размещено электрооборудование. Он комплектуется пятикнопочным пультом управления. 6. Техническая характеристика применяемых в настоящее время аппаратов для электрошлаковой наплавки представлена в табл. XI.59.

Сведения об аппаратах для плазменной наплавки приведены в табл. XI.60.

Автомат для плазменной наплавки состоит из плазматрона с механизмами перемещения, систем подачи плазмообразующего газа и

Таблица XI.57

Техническая характеристика однодуговых тракторов, используемых для наплавочных работ

Параметры	УТ-1200	УТ-1250-1	УТ-1500	УТ-2000	УТ-2000М-1	ССГ-3	МАГ-2	ОГРЭС
Допустимый сварочный ток, А	300—1200	300—1250	300—1500	300—2000	300—2000	300—1000	300—1100	300—700
Диаметр сварочной проволоки, мм	3—6	2,5—6	3—6	3—8	3—8	3—6	3—5	3—5
Скорость подачи проволоки, м/ч	19—100	30—180	36—288	36—288	33—276	30—180	54—162	≤180
Способ настройки на заданную скорость подачи проволоки*	ЭДШ	МВ	МВ	МВ	МВШ	МВ	ЭД	ЭД
Скорость наплавки, м/ч	6—83	13—83	10—80	10—320	10—84	10—60	15—90	15—50
Способ настройки на заданную скорость наплавки*	СШ	МВ	МВ	МВШ	МВ	МВ	ЭД	ЭД
Вертикальная настройка, мм	—	150	170	—	390	30	—	85
Масса флюса в бункере, кг	9	9	9	9	9	8	—	2,5
Масса, кг:								
проволоки, заряжаемой в катушку	8—12	10	10	8—12	18	6	12	9
трактора без флюса и проволоки	135	44	75	130	80	32	81	70
Число электродвигателей	2	2	2	2	2	1	2	2
Электродвигатель головки:								
тип	УМ-22 коллекторный	Асинхронный	МАФ асинхронный	ДТЭФ асинхронный	ДТЭФ асинхронный	Асинхронный	—	—
частота вращения, мин ⁻¹	950—2250	2800	1450	1450	1450	2800	—	—
мощность, Вт	55	75	100	100	250	100	—	—

* СШ — сменными шестернями; МВ — механическим вариатором; МВШ — механическим вариатором и сменными шестернями; ЭД — изменением частоты вращения электродвигателя; ЭДШ — изменением частоты вращения электродвигателя и парой сменных шестерен.

Таблица XI.58

Техническая характеристика сварочных подвесных головок для однодуговой наплавки

Параметры	А-80	СГ-6	УСА-2	А	АБ	АГЭ-25	АГЭ-4	АГЭ-5-2	Б	Г	В
Допустимый сварочный ток, А	350-1000	300-1500	500-1000	350-2000	350-2000	≤1500	500-2000	≤1200	300-1300	300-2000	600-3000
Диаметр сварочной проволоки, мм	5—6	5—6	5—6	2—6	2—6	≤8	4—12	≤6	3—6	3—8	6—10
Скорость подачи проволоки, м/с	10—28	6—45	4—33	8—63	12—42	14—42	14—42	14—42	5—28	10—80	8—33
Поперечное корректирование, мм	±30	±75	±100	±75	±75	±30	±30	±20	—	±75	—
Наклон мундштука к вертикали, град:											
поперек шва	±45	±45	±35	±45	±45	—	—	—	—	—	—
вдоль шва	—	45—60	—	60	60	—	—	—	—	—	—
Вертикальная настройка, мм	160	200	230	—	200	—	—	200	—	—	—
Правильный механизм	Нет	Есть	Нет	Есть	Есть	Есть	Есть	Есть	Нет	Есть	Есть
Копирное устройство	»	Нет	Есть	»	»	»	Нет	»	Есть	Нет	»
Способ настройки на заданную скорость подачи проволоки*	СР	СШ	СР	СШ	СШ	А(ТУ)	А	А	ЭДШ	МВ	МВ
Электродвигатель:											
тип	—	Асинхронный	—	—	—	Постоянного тока	ГБТ-454	УМ-22	ДТЭФ	И-194	—
частота вращения, мин ⁻¹	—	1400	1460	1450	1450	600	—	—	2250	1450	1450
мощность, Вт	—	100	100	100	100	70	70	65	55	100	250

* СР — сменными роликами; СШ — сменными шестернями; А (ТУ) — автоматически (тиратронное управление); А — автоматически; ЭДШ — изменением частоты вращения электродвигателя и парой сменных шестерен; МВ — механическим вариатором.

Таблица XI.59

Техническая характеристика аппаратов для электрошлаковой наплавки

Параметры	A-645M	A-1304	A-550	A-578M
Сварочный ток, кА	3	3	3	1,2
Диаметр или сечение электрода, мм	3	6	200×20	20
Число электродов, шт.	6	4	1	1
Скорость подачи электродов, м/ч	60—150	14—306	6,8—10	0,82—8
Габаритные размеры, мм	380×440× ×550	500×400× ×800	350×675× ×2400	1100×1730× ×680
Масса, кг	35	45	650	520

Примечание. Поставщиками аппаратов являются опытный завод Института электросварки им. Е. О. Патона и завод электросварочного оборудования (г. Каховка).

Таблица XI.60

Техническая характеристика автоматов для плазменной наплавки

Параметры	A-1299M	A-1105	A-1756
Расход присадочного порошка, кг/ч	0,2—15	0,5—12	10—12
Расход газа, л/мин	20—36	6—12,5	25
Номинальный сварочный ток, А	500	300	300
Частота колебаний плазматрона, мин ⁻¹	8—80	8—87	—
Габаритные размеры, мм	100×750×2120	—	1100×800×740
Масса, кг	260	—	120

Примечания: 1. Поставщиком автоматов является опытный завод ИЭС им. Е. О. Патона.
2. Защитная среда — аргон.

наплавочного материала, пускорегулирующей аппаратуры и блока источника питания.

15. Средства нагрева

Результаты наплавочных работ в значительной мере определяются термическим режимом процесса наплавки. Создаваемый при наплавке термический режим зависит от выбора средств нагрева. Действительно, наиболее радикальными средствами предупреждения образования трещин в наплавленном слое являются предварительный подогрев детали и соблюдение постоянного теплового режима в процессе наплавки. При любом способе нагрева нужно выдержать главное условие — добиться сквозного прогрева всего сечения детали или его большей части до требуемой температуры. В качестве средств нагрева широко применяются газовые горелки, газовые и электрические печи, а также индукторы промышленной частоты различных конструкций.

Нагревательные печи применяют для предварительного нагрева деталей и термической обработки после наплавки. Газовые горелки и индукторы применяют также для сопутствующего подогрева с целью поддержания постоянной температуры детали в процессе наплавки. Для деталей, наплавля-

емых сталью 3Х2В8Ф, температура предварительного подогрева обычно составляет 370—400°С; для деталей, наплавляемых сталью 30ХГСА, 200—250°С. При наплавке небольших деталей (крановых колес, ножей блюминга и др.) сквозной нагрев достигается применением газовых горелок или в печах различной конструкции. Массивные прокатные валки газовыми горелками нагревают редко.

На большинстве металлургических заводов (Коммунарский, Макеевский, им. Петровского, им. Дзержинского и др.) применяют индукционный нагрев в индукторах различных конструкций. Одна из таких конструкций представлена на рис. XI.34, а технические данные пяти индукторов такой конструкции — в табл. XI.61.

В индуктор входят катушка из медных трубок, магнитопровод из пластин трансформаторного железа, каркас из алюминиевых секторов и клеммная доска. Индукторная катушка состоит из двух секций, концы которых выведены на клеммную доску. Медная трубка катушки является токоведущей. Внутри нее циркулирует охлаждающая вода.

Каждая из двух секций и вся катушка в собранном виде изолируются стеклолакотканью, пропитанной глифтальевым лаком. Магнитопроводы расположены радиально и закреплены подвижно в специальных обой-

Т а б л и ц а X I . 6 1

Основные технические данные индукторов

Тип	Основные размеры (см. рис. XI. 34), мм					Число витков	Диаметры нагреваемых деталей, мм	Потребляемый ток, А
	А	Б	В	Г	Д			
1	430	520	730	630	365	52	250—400	350
2	650	610	940	630	470	44	450—630	450
3	860	730	1150	630	575	44	650—820	550
4	1030	820	1320	630	660	44	820—1000	650
5	1260	900	1550	630	775	44	1050—1200	650

мах на каркасе индуктора. При установке в индуктор изделий разного диаметра магнитопроводы соответственно перемещаются в своих обоямах. При этом необходимо обеспечить минимальный воздушный зазор между нагреваемым изделием и магнитопрово-

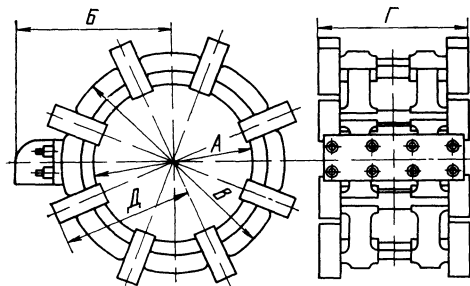


Рис. XI 34. Индуктор для нагрева деталей (размеры см. табл. XI.61)

дом. С увеличением этого зазора увеличивается и продолжительность нагрева детали. Так, продолжительность нагрева валка массой 5 т до температуры 350—400° С составляет 2 ч. Тяжелые валки массой 15—30 т нагревают в стенде из трех индукторов за 7—8 ч. Продолжительность нагрева не всегда одинакова и зависит от температуры окружающего воздуха.

Индукторы питаются от сети переменного тока напряжением 220 В. Для безопасности один из питающих кабелей должен быть заземлен. При включении одновременно трех индукторов они могут быть соединены по схеме «звезда» или «треугольник» с напряжением соответственно 380 или 220 В. Ток, потребляемый индуктором не постоянен и зависит от многих факторов: типа индуктора, размера и магнитной проницаемости материала нагреваемой детали, сопротивления подводящего кабеля от трансформаторной подстанции до индуктора, зазора между магнитопроводом и поверхностью детали и от ряда других причин. Величины потребляемого тока для индукторов разных размеров представлены в табл. XI.61.

При работе индукторов рассматриваемой конструкции колебания тока допускаются в

пределах $\pm 10\%$, а $\cos \varphi$ — от 0,4 до 0,6. Коэффициент полезного действия составляет 0,25—0,3. Однако для большинства деталей металлургического оборудования, особенно при нагреве прокатных валков, индукционный метод предпочитают другим способам нагрева, так как, во-первых, он обеспечивает сквозной равномерный прогрев детали и, во-вторых, позволяет нагревать деталь или поддерживать заданную температуру в процессе наплавки. Кроме того, индукционный способ нагрева обеспечивает лучшие условия труда наплавщиков, чем другие способы.

При необходимости перемещения индуктора вдоль оси нагреваемого изделия его обычно устанавливают на тележку, конструкция которой может быть различной в зависимости от конкретных условий.

Для предварительного подогрева и термической обработки прокатных валков на Коммунарском, Макеевском и других металлургических заводах применяют низковольтные электрические печи. Печь состоит из полузаглубленной в пол металлоконструкции, футерованной огнеупорным кирпичом (рис. XI.35). Источником питания является сварочный трансформатор ТШС-3000-3. Внутренняя поверхность печи выполнена в виде цилиндра. Плоскость разреза печи горизонтальна и проходит через ось цилиндра. Крышка съемная. Нагревательные элементы из проволоки Х20Н10Г6Т диаметром 3 мм равномерно расположены по цилиндрической поверхности.

Для термической обработки больших конусов и чаш доменных печей наиболее целесообразно применять шахтные электрические печи сопротивления конструкции Коммунарского отдела сварки ДонНИИ-чермета. Эта печь представляет собой заглубленную стальную цилиндрическую конструкцию, футерованную огнеупорным кирпичом, и съемную крышку со сферическим сводом. В кольцевых углублениях внутренней вертикальной футеровки печи установлены три секции нагревательных элементов.

Помимо указанного выше оборудования, для выполнения наплавочных работ применяют манипуляторы, устройства для крепления и перемещения наплавочных автоматов, горизонтальные и вертикальные вращатели.

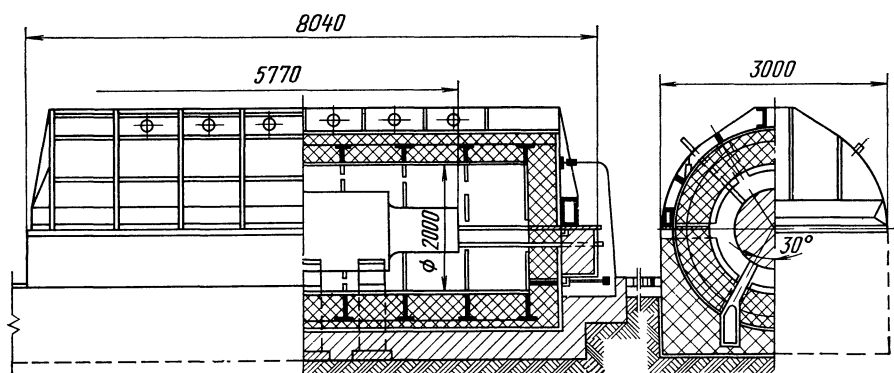


Рис. XI.35. Электродуговая печь для нагрева валков под наплавку и термическую обработку

Для газопорошковой наплавки деталей различной конфигурации самофлюсующимися сплавами используют специальные горелки например, горелку типа ГАЛ-4-72 конструкции ЦНИИТмаша).

16. Установки для автоматической наплавки

Наплавочная установка представляет собой комплекс оборудования, необходимого для осуществления процесса механизированной наплавки. В состав установки входят один или несколько наплавочных автоматов с источниками питания и пускорегулирующей аппаратурой, а также механические устройства для перемещения наплавочных автоматов и наплавляемого изделия. Наиболее широко применяют установки для электродуговой наплавки под флюсом, в защитных газах, открытой дугой самозащитными по-

рошковыми проволоками. Установки для вибродуговой, электрошлаковой и плазменной наплавки в настоящее время имеют ограниченное применение.

Установки для наплавки могут быть универсальными и специализированными. Универсальные установки обычно комплектуют на базе токарных станков либо стандартными манипуляторами. Наиболее распространены установки типов ВМ (УМН-4), БМ (УМН-10) и А(Р-901). Их техническая характеристика представлена в табл. XI.62. Установки этих типов предназначены для наплавки тел вращения и плоских деталей: листопрокатных и сортопрокатных валков с неглубокими калибрами, валков обжимных станов, крановых колес, тормозных шкивов, роликов рольгангов прокатных станов и листопрямильных машин, малых конусов и клапанов доменных печей, плунжеров гидросистем, ножей для резки горячего и холодного металла и др. Установки типов ВМ, БМ и А

Т а б л и ц а XI.62

Техническая характеристика универсальных наплавочных установок

Параметры	ВМ(УМН-4)	БМ(УМН-10)	А(Р-901)
Диаметр планшайбы, мм	600	1200	1500
Предельные размеры наплавляемых тел вращения, мм:			
диаметр	1000	2000	1800
длина	3000	4500	6500
Предельные размеры наплавляемых плоских деталей, мм:			
длина	1500	1500	—
ширина	750	750	—
Предельная масса наплавляемых деталей, кг:			
в центрах	4000	10 000	30 000
в планшайбе	1000	4000	—
на столе	1000	1000	—
Частота вращения планшайбы, мин ⁻¹	0,1—0,8	0,1—0,75	—
Скорость перемещения тележки на шаг наплавки, мм/мин	0,9—13,5	0,9—13,5	1,5—22
Скорость наплавки плоских деталей, м/ч	5,4—84	5,4—84	4,5—66,5
Маршевая скорость перемещения тележки, м/мин	1,3	1,3	—
Скорость наклона шпинделя, град/мин	42	14	—

в настоящее время промышленностью не выпускаются. Обычно их комплектуют наплавочными автоматами типа А-384МК и А-985.

Примерами специализированных установок являются вальценаплавочные, а также установки для наплавки конусов и чаш загрузочных устройств доменных печей.

На Коммунарском металлургическом заводе валки листовых станков наплавляют на специально оборудованном станке с высотой центров 1000 и межцентровым расстоянием 6500 мм. Станок допускает наплавку валков диаметром до 1500 мм и массой до 50 т. На этом станке можно наплавлять и валки блюминга. Для обеспечения необходимой минимальной частоты вращения шпинделя станок оборудован дополнительным редуктором привода и двигателем мощностью 4,5 кВт. Задняя бабка снабжена жесткой пружиной, компенсирующей осевое удлинение валка при нагревании.

Вместе с суппортом станка при одновременном вращении наплавляемого валка двигаются укрепленные на траверсе четыре наплавочных аппарата А-384МК, каждый из которых закреплен на независимой тележке. С помощью тележки любой аппарат можно свободно перемещать вручную по направляющим траверсы. Это позволяет в любой момент при необходимости вывести из работы один из аппаратов. Тележка аппарата снабжена двумя ходовыми роликами и одним опорным верхним, удерживающим ее от опрокидывания. Штурвал, расположенный на удлиненной оси одного из роликов тележки, служит для ручного перемещения тележки с наплавочным аппаратом вдоль бочки валка. Тормозной маховик, вал которого проходит через трубчатый вал штурвала, служит для фиксации аппарата в необходимом положении вдоль оси валка.

Четыре наплавочных аппарата удалены один от другого на 700 мм таким образом, чтобы при движении суппорта каждый аппарат наплавлял одну четвертую часть бочки валка. После этого включается реверс и суппорт с аппаратами движется в обратном направлении, т. е. наплавляется второй слой. Такая схема наплавки позволяет вдвое увеличить производительность установки по сравнению с применявшейся ранее схемой, при которой одновременно работали два установленных рядом аппарата.

Установка приспособлена для наплавки порошковой проволокой большого диаметра (6 мм), а также цельнотянутой проволокой и лентой. Удаление шлаковой корки механизировано и производится с помощью скребков, укрепленных на поддоне для сбора флюса и шлаковой корки, который установлен на суппорте станка и перемещается вместе с ним. Нерасплавленный флюс улавливают для последующего использования с помощью специальных воронок.

Для наплавки крановых колес, тормозных шкивов и других аналогичных деталей на металлургических заводах применяют различные установки: Р-834, УК-1200 и др. Механизированную наплавку крановых колес ведут, как правило, одним электро-

дом, используя один из двух способов: по винтовой линии и по замкнутому кольцу. При первом способе наплавку осуществляют на наплавочных установках, снабженных манипулятором-вращателем и самоходной тележкой, несущей наплавочный автомат. Подача на шаг осуществляется перемещением тележки с аппаратом; скорость перемещения устанавливают подбором сменных шестерен. При этом двигатель механизма перемещения тележки постоянно включен в течение всего процесса наплавки, а самоходная тележка перемещается по специальной раме, установленной вдоль оси наплавляемого изделия.

При втором способе с помощью специальной электрической схемы обеспечивается кратковременное включение двигателя механизма перемещения тележки для передвижения автомата на один шаг, после чего тележка останавливается и наплавку осуществляют по кольцу до полного оборота изделия, а затем цикл автоматически повторяется.

Обычно наплавку колес осуществляют по кольцевой линии вместо винтовой. Основными преимуществами этого способа являются значительное упрощение механизма перемещения наплавочного аппарата, отсутствие громоздкой самоходной тележки, значительно меньшая металлоемкость установки, кратковременный режим работы двигателя тележки, большая надежность в работе.

Коммунарским металлургическим заводом совместно с Институтом электросварки им. Е. О. Патона разработана и внедрена в производство специализированная наплавочная установка типа УК-1200 для наплавки крановых колес. Входящий в комплект этой установки универсальный сварочный манипулятор УСМ-1200 грузоподъемностью 1,2 т снабжен бесступенчатым электрическим регулированием. Наплавку ведут по кольцевой линии со смещением электрода на шаг после каждого полного оборота изделия.

На металлургическом заводе им. Дзержинского разработана и внедрена специализированная установка иной конструкции для наплавки крановых колес. Одновременно с этим разработан технологический процесс наплавки колес диаметром до 1200 мм. Колеса могут наплавляться как на осях, так и после распрессовки.

Установка (рис. XI.36) состоит из станка, предназначенного для крепления и вращения кранового колеса, наплавочной головки А-384МК, механизмов продольной подачи и подъема сварочной головки, механизма для просева и подачи флюса в бункер и вытяжного (вентиляционного) устройства.

Электродвигатель 1 передает вращение на гидравлический вариатор 2, имеющий передаточное число $i=100 \div 2000$. От вариатора через двухступенчатый редуктор 3 с передаточным числом $i=22$ и пару шестерен с внутренним зацеплением 4 вращение передается непосредственно шпинделю станка. Задняя бабка может перемещаться по станине станка, обеспечивая расстояние между центрами до 1300 мм. Наплавляемое

колесо 5 зажимают сменными конусами шпинделя и задней бабки. Размеры конуса определяются отверстием в ступице колеса. На суппорте станка 9 устанавливают подъемную колонку 7, на которой крепят стандартную наплавочную головку 8 типа А-384МК. Механизм подъема 6, состоящий

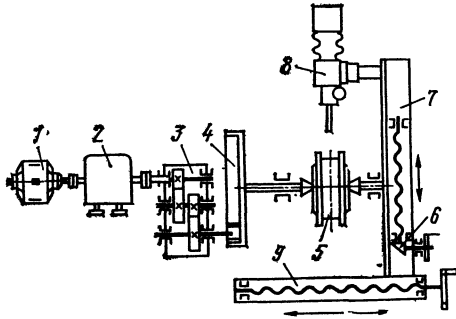


Рис. XI.36. Установка для наплавки крановых колес

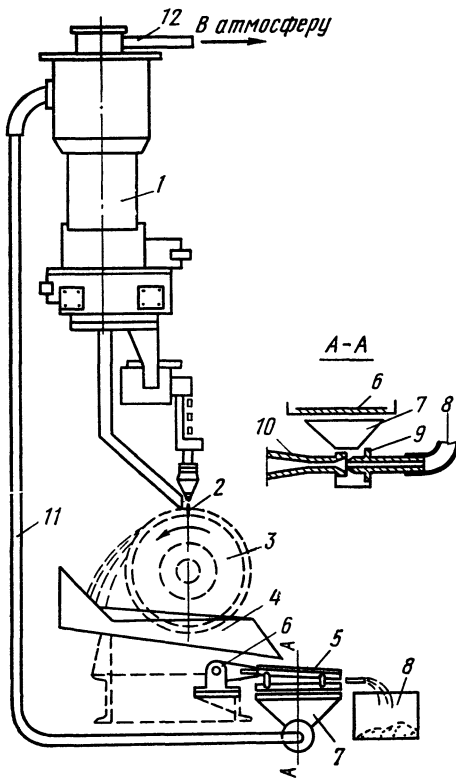


Рис. XI.37. Схема пневматической подачи флюса в бункер наплавочной установки

из маховика, конических шестерен и винта, осуществляет подъем головки 8 в вертикальном направлении на величину до 400 мм.

Отсев и транспортировку флюса в бункер наплавочного агрегата производят с помощью устройства, схема которого представлена на рис. XI.37. Флюс и отходы (шлак) из бункера через цилиндр 1 подаются под электрод 2 и при вращении на-

плавляемой детали 3 ссыпаются в наклонный желоб 4, откуда самотеком поступают на вибрационное сито 5. Механизм 6, приводящий в движение вибрационное сито, состоит из эксцентрикового вала с тягами, соединенного муфтой непосредственно с электродвигателем мощностью 1 кВт и частотой вращения 930 мин⁻¹. Флюс отсеивается в бункер пневмоподачи 7, а шлаки самотеком скатываются в короб 8. Из бункера 7 флюс поступает в эжекционную коробку. В эту же коробку через эжекционную головку 9 подается сжатый воздух под давлением 5—6 ат. Под действием сжатого воздуха флюс проталкивается в горловину 10 и по трубе 11 выталкивается в бункер наплавочной головки. Отсюда флюс самотеком вновь попадает в зону наплавки. Труба 12, через которую удаляется пыль, выведена за задние цеха.

Институт электросварки им. Е. О. Патона разработал серию станков для механизированной наплавки деталей машин. Среди этих станков заслуживают внимания станки следующих типов: У-485 — для наплавки деталей типа валов (включая шлицы) в горизонтальном положении; У-425 — для наплавки тел вращения, плоских деталей и внутренних поверхностей, снабженный манипулятором, позволяющим поворачивать ось вращения детали в пределах ±90° от горизонтали; У-441 — для наплавки внутренних поверхностей цилиндрических деталей. Техническая характеристика этих станков представлена в табл. XI.63.

Широко распространены вальцenaплавочные станки серии КЖ, разработанные Институтом электросварки им. Е. О. Патона и выпускаемые Ново-Краматорским заводом тяжелых металлорежущих станков. Станки этой серии позволяют осуществить наплавку валков со сложной поверхностью и обеспечить наплавленный слой требуемой толщины с минимальными припусками на механическую обработку. Так, станок типа КЖ-34А применяют для электродуговой наплавки валков сортопрокатных станков с диаметром бочки 250—850 и длиной до 2400 мм; типа КЖ-9704 — для электродуговой наплавки валков блюмингов, слябингов, заготовочных и рельсо-балочных станков длиной 4000—7000 и диаметром бочки 700—1400 мм; типа КЖ-50 — для электродуговой наплавки валков пилигримовых станков длиной до 1680 и диаметром бочки 740 мм; типа КЖ-9707 — для электродуговой наплавки крупных пилигримовых валков длиной 1860—2460 и диаметром бочки до 1200 мм.

Станки серии КЖ оснащены копировальным устройством (рис. XI.38), позволяющим наплавлять калибры сложного профиля при горизонтальной оси вращения валков независимо от их массы и размеров. Принцип действия копировального устройства заключается в дифференцировании движения наплавочной головки в горизонтальном и вертикальном направлениях соответственно профилю копира, воспроизводящего форму наплавляемого ручья. От электродвигателя движение через редуктор передается дифференциальному механизму, который обесп-

Т а б л и ц а X I . 6 3

Техническая характеристика станков для механизированной наплавки

Параметры	У-485	У-425	У-441
Диаметр наплавляемой детали, мм:			
наружный	25—150	40—800	До 500
внутренний	—	100—500	55—300
Максимальная длина детали, мм	2000	1200	500
Диаметр проволоки, мм:			
сплошной	0,8—1,8	2—4	0,8—1,6
порошковой	2—2,8	2,5—5	2—2,8
Диаметр катанки, мм	—	6—8	—
Ширина ленты, мм	—	15—70	—
Скорость подачи электрода, м/ч	24—240	24—240	24—240
Скорость наплавки, м/ч	20—60	20—60	20—80
Шаг наплавки, мм	2—12	3—20	2—12
Тип аппарата	A-1246	A-1235	A-1266
Сварочный ток, А	≤600	≤1000	≤400
Источник сварочного тока	BC-600	BC-1000	BC-600
Способ наплавки:			
под флюсом	+	+	—
открытой дугой	+	+	+
Габаритные размеры, мм	2330×520× ×1120	2700×1665× ×3150	2300×1000× ×1935
Масса, кг	860	1860	1190

печивает перемещение сварочной головки по горизонтали и вертикали. Наплавка по копиру значительно облегчает труд наплавщика и уменьшает необходимый припуск на механическую обработку.

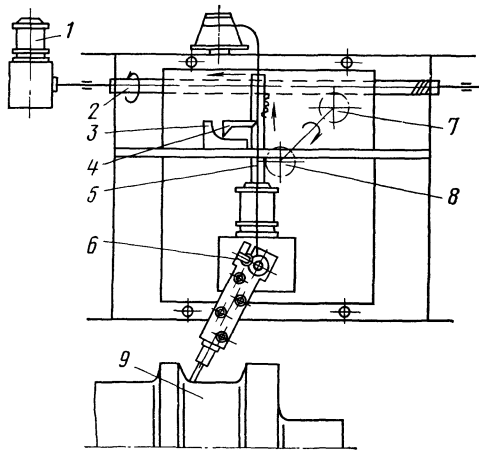


Рис. XI.38. Кинематическая схема копирующего устройства:

1 — электродвигатель; 2 — червячный вал; 3 — копир; 4 — палец копира; 5 — рейка; 6 — наплавочная головка; 7 — червячное колесо; 8 — зубчатое колесо; 9 — прокатный валок

Для наплавки рабочих поверхностей конусов и чаш грузозащитных устройств доменных печей предназначена установка У-125М. На установке наплавляют конусы и чаши диаметром до 7000 мм и массой 50 т. Установка (рис. XI.39) состоит из манипулятора грузоподъемностью 50 т, неподвижного портала, каретки с рабочей площадкой,

наплавочного аппарата с источником питания и других электромеханических устройств. При укладке наплавляемого изделия на манипулятор планшайба устанавливается в горизонтальное положение, изделие закрепляется винтовыми зажимами и наклоняется в положение, в котором его образующая занимает горизонтальное положение, наиболее удобное для проведения наплавки.

Установка снабжена программирующим устройством, сохраняющим постоянный режим наплавки по мере перемещения наплавочного автомата вдоль образующей конуса и непрерывного изменения диаметра наплавляемой окружности. Наплавка может производиться под флюсом или открытой дугой сплошной и порошковой проволокой или лентой. Наилучшие результаты получают при использовании двухдугового наплавочного автомата А-1640, позволяющего осуществить наплавку открытой дугой порошковой лентой в внутренней защите. Наплавочный аппарат А-1640 комплектуется двумя выпрямителями типа ВДУ-1601.

Наплавку конусов и чаш засыпных аппаратов можно выполнять и на опытной установке УНК-3 конструкции Коммунарского отдела сварки ДонНИИчермета.

Установка состоит из роликowego вращателя, опорной станины с устройством для регулирования угла наклона наплавляемого изделия, колонны с поворотной консолью, наплавочного автомата с источником питания, рабочей площадки, задней опорной бабки, тележки. Вдоль поворотной консоли перемещается тележка наплавочного аппарата. Для выполнения электродуговой наплавки установку оснащают наплавочным аппаратом А-1640, а для выполнения элект-

рошлаковой наплавки — семиэлектродным автоматом со шнековым дозатором. При электродуговой наплавке образующую изделие располагают горизонтально.

Для электрошлаковой наплавки композиционными сплавами малых конусов доменных печей применяют опытную установку УНК-2. В ее состав входят манипулятор УСМ-5000, оснащенный дополнительным редуктором для обеспечения необходимых

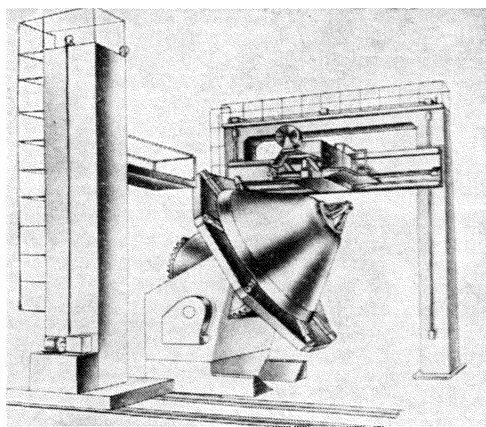


Рис. XI 39 Установка У-125М для механизированной наплавки конусов

скоростей электрошлаковой наплавки, тележка, автомат для электрошлаковой наплавки на базе автомата А-1304 со шнековым дозатором и водоохлаждаемым кристаллизатором, сварочный трансформатор ТШС-3000-3, стенд с кассетами электродной проволоки и пульт управления.

17. Наплавка агломерационного оборудования

К числу деталей агломерационного оборудования, подлежащих упрочнению или восстановлению наплавкой, относятся лопатки и прилегающие к ним плоскости основного и покрывающих дисков рабочего колеса эксгаустеров, валки и била дробилок, броневые плиты по тракту перемещения шихтовых материалов и др

Детали рабочего колеса эксгаустера

Изнашивание деталей рабочего колеса эксгаустера происходит в результате абразивного действия твердых частиц, взвешенных в потоке отсасываемого газа. Износ лопаток наблюдается со стороны входа потока в месте прилегания их к основному диску. В этих местах образуются сквозные свищи, расположенные вдоль лопаток и плавно сужающиеся в направлении потока. Известны случаи, когда такие свищи полностью перерезают лопатку, что приводит к отрыву покрывающего диска и аварийной остановке эксгаустера

Основной диск изнашивается в местах прилегания к нему полок лопаток. В теле диска образуются выемки, сечение которых уменьшается в направлении от входа к выходу потока. Наиболее интенсивному износу подвержена часть диска, заключенная между лопатками и ступицей. Вследствие одновременного действия двустороннего потока газов износ вызывает резкое утонение тела диска и снижение его прочности. Покрывающий диск изнашивается в местах прилегания тыльной стороны лопатки с увеличением выработки к выходу потока. Наблюдались случаи образования свищей на периферийных участках покрывающих дисков. Входящий поток газа изнашивает также ступицу и защитное кольцо вала.

Изношенные поверхности основного и покрывающих дисков восстанавливают путем ручной наплавки выработанных участков электродами ЦЛ-11 или полуавтоматической наплавки в защитном газе с последующей шлифовкой наплавленных участков. Режим полуавтоматической наплавки: ток 110—120 А, напряжение 18—20 В, скорость подачи электродной проволоки 160 м/ч, расход CO_2 10—12 л/мин, вылет электрода 10—12 мм. Наплавку производят сварочной проволокой Св-08Г2С диаметром 1 мм.

Лопатки рабочих колес эксгаустеров упрочняют несколькими методами. Один из них — газопорошковая наплавка слоем толщиной 2 мм с помощью горелки типа ГАЛ-4-72 порошками из сплавов ПГ-СР2, ПГ-СР3 и ПГ-СР4 по ГОСТ 21448—75 производства Торезского завода наплавленных твердых сплавов. Наплавливают полку, крепящуюся к основному диску, полосу вдоль полки и входную кромку. Другой метод — индукционная наплавка лопаток с использованием токов высокой частоты. На поверхность наносят слой порошковой шихты заданного состава (обычно зерна тугоплавких соединений — релит или твердые сплавы типа ВК и ТК, порошок из сплава ПГ-СР4, буры в смеси с флюсом АН-348А), после чего с помощью индикатора нагревают ее до полного расплавления шихтового материала. При расплавлении шихты металлическая ее часть опускается на дно ванны, а шлак всплывает на поверхность, образуя защитную корку. После охлаждения наплавленной детали шлак отделяют без затруднений. Эффективность наплавки по описанной технологии для повышения срока службы лопаток подтверждена опытом Коммунарского и Новолипецкого металлургических заводов.

Применяют и электроискровое легирование наиболее изнашиваемых участков лопаток. При его осуществлении при искровом разряде в воздушной среде под действием выпрямленного пульсирующего тока происходит полярный перенос материала электрода (анода) на изделие (катод). Перенесенный материал электрода легирует металл детали и, соединяясь химически с диссоциированным в разряде атомарным азотом воздуха, углеродом и материалом детали, образует диффузионный износостойкий слой. При этом на упрочненной поверх-

ности появляются сложные химические соединения, высокостойкие нитриды и карбонитриды, а также закалочные структуры. Эти процессы происходят при высокой температуре, достигающей в зоне разряда 10 000—11 000° С. В качестве материала для упрочнения применяют остатки твердосплавных пластин металлорежущего инструмента из сплавов типа ВК и ТК. Осуществляют электроискровое легирование с помощью установки ЭФИ-25, обеспечивающей производительность процесса до 2—3 см²/мин при потребляемой мощности 1,6 кВт. Ток находится в пределах 60—110 А, толщина упрочненного слоя достигает 200 мкм, твердость поверхности превышает НРС 70.

Еще один метод повышения стойкости лопаток — применение биметаллического листа с износостойким плакирующим слоем. Такой лист получают методом горячей прокатки гакетов. Толщина основного металла из стали 30ХГСА составляет 6,5 мм, толщина плакирующего слоя из стали типа У15Х7МФ 2,5 мм, общая толщина биметаллического листа 8 мм. Лопатки из этого листа закаливают с температуры 940—970° С (охлаждение при закалке — сжатый воздух). Твердость после закалки НРС 62—64, прочность сцепления при испытании образцов на срез — не ниже 18 кгс/мм². Сверление отверстий в полках лопаток производят сверлами с твердосплавной режущей частью, а резку — с помощью плазменной дуги. По данным Коммунарского металлургического завода, стойкость рабочего колеса, оснащенного биметаллическими лопатками, повышается в три раза (по сравнению с неупрочненными лопатками).

Била дробилок

Измельчение шихтовых материалов обычно производят с помощью молотковых и роторных дробилок. Как правило, била (молотки) дробилок подвержены ударно-абразивному изнашиванию. Применяют несколько методов наплавки бил. Одним из них является торцовый метод наплавки с помощью установки на базе наплавочного автомата А-1004. Отличительными особенностями автомата являются изготовление трубчатой электродной проволоки, заполнение ее порошкообразной шихтой с одновременной подачей в зону дуги, возможность выполнения многорядной многослойной наплавки поверхностей сложной формы с полностью автоматизированным циклом рабочих перемещений в плоскости наплавки,

Т а б л и ц а X I.64

Режимы электрошлаковой наплавки бил

Параметры	Наведение шлаковой ванны	Наплавка, стадии		
		первая	вторая	третья
Ток, кА	2,6—3,0	2,8—2,5	2,4—1,8	1,8—1,5
Напряжение, В	32	32	32	32
Глубина шлаковой ванны, мм	40	40	40	30
Продолжительность, мин	3—5	6—8	6—8	3—4

высокая производительность процесса. В качестве наплавочного материала используют стальную ленту 0,5×20 мм, составляющую в дальнейшем оболочку трубчатой проволоки, обеспечивающей получение в наплавленном слое сплава типа Т-620. Диаметр трубчатой проволоки 7 мм, наплавку производят под флюсом АН-8. Твердость наплавленного металла НРС 55—60, высота наплавленного слоя 30 мм. Источник питания дуги — сварочный выпрямитель ВС-1000. Режимы наплавки: ток 950—1000 А, напряжение 36—40 В, скорость подачи проволоки 290—300 м/ч, скорость перемещения каретки 25—30 м/ч, число слоев три, продолжительность наплавки одного била 2;5—3 мин. Срок службы бил за счет такой наплавки увеличивается в 2—3 раза.

Получил распространение метод восстановления и упрочнения бил электрошлаковой наплавкой. При восстановлении наплавляют изношенные била из стали 110Г13Л, при упрочнении наплавку производят на заготовку из стали 45. Электрошлаковую наплавку бил производят в водоохлаждаемом кристаллизаторе на установке А-550, дополнительно оборудованной устройством для крепления двух электродов — неплавящегося и плавящегося. Форма кристаллизатора должна соответствовать геометрическим очертаниям рабочей части бил. Режимы электрошлаковой наплавки бил представлены в табл. XI.64. В качестве плавящегося электрода применяют литые пластины размерами 25×100×800 мм из высокохромистого чугуна (поставщик — Торезский завод наплавочных твердых сплавов). Твердость наплавленного металла составляет НРС 53—57. Стойкость бил, наплавленных по этой технологии, в 2—3 раза превышает стойкость новых бил, отлитых из стали 110Г13Л.

Эффективна ручная наплавка бил молотковых дробилок электродами типа Х-5 (ГОСТ 10051—75). В условиях дробления торфа в молотковых дробилках срок службы бил за счет применения электродов этого типа (в наплавленном слое — высокохромистый борсодержащий заэвтектический чугун) увеличивается в 3—3,5 раза (по сравнению с билами, наплавленными электродами Т-590).

Бандажи коксодробилок

Для измельчения поступающего в шихту кокса на агломерационных фабриках используют четырехвалковые дробилки, у которых две пары валков: черновые — верхние

и чистовые — нижние. Чистовые валки для получения тонкого помола периодически протачивают резами при помощи суппорта непосредственно в рабочей клетке. Валки обычно изготавливают сборными со сменными рабочими бандажами, надетыми на ступицу с горячей посадкой. Стойкость кованых бандажей из стали 40X составляет 7 сут. В результате интенсивного абразивного изнашивания на рабочей поверхности образуются кольцевые выемки. Твердость нижних валков, подвергаемых периодической проточке, должна ограничиваться показателем, обеспечивающим их удовлетворительную обрабатываемость. Верхние валки не подвергают проточке, поэтому их твердость не ограничивают.

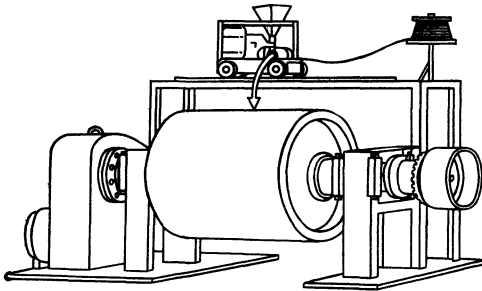


Рис. XI.40. Стенд для наплавки валков коксодробилки

Высокую твердость бандажа можно получить термической обработкой или наплавкой твердыми сплавами. Высокая твердость, достигнутая закалкой, снижается в результате нагрева бандажа при горячей посадке на ступицу. Кроме того, термическая обработка не дает возможности восстановить бандаж при появлении глубокой местной выработки рабочей поверхности.

До внедрения механизированной наплавки изношенные бандажи верхних валков устанавливали вручную наплавкой при помощи электродов ЦС-1. Этот процесс трудоемок, непроизводителен и дорог. Длительность наплавки одного бандажа составляла 22—25 ч. Стойкость восстановленного бандажа 30 дней. Опыт показал, что наиболее рациональной схемой механизированной наплавки бандажей является схема наплавки по кольцевой линии с импульсным перемещением автомата после каждого полного оборота изделия.

Механизированную наплавку валков коксовой дробилки производят либо непосредственно в рабочей клетке, либо на специальном стенде (рис. XI.40), установленном возле дробилок (в этом случае нет необходимости снимать буксы с валков). Применяют одновременно две технологические схемы наплавки: непосредственно в рабочей клетке коксодробилки порошковой проволокой с внутренней защитой и на специальном стенде порошковой проволокой под слоем флюса.

При наплавке валков непосредственно в клетке применяют порошковую проволоку с

внутренней защитой типа ПП-У15Х12М и ПП-У20Х12ВЗФ-О, а при наплавке под флюсом на отдельной установке — порошковую проволоку типа ПП-У25Х25Н4С4 (наплавленный металл соответствует сплаву сормайт 1). Два последних сплава обеспечивают удовлетворительную стойкость (25—35 сут).

Для наплавки валков непосредственно в рабочей клетке спроектирована установка, состоящая из самоходного двухэлектродного наплавочного автомата, аппаратного ящика и датчика автоматических импульсов, включающего концевые выключатели, смонтированные в отдельном корпусе, укрепленном над муфтой выходного вала редуктора привода, и включаемые при помощи кулачка, расположенного в муфте. В качестве источника питания использованы два сварочных преобразователя ПС-500, соединенных параллельно.

Для наплавки бандажей вне дробилок применяют указанные выше аппарат и стенд (см. рис. XI.40). У стенда предусмотрены две опоры, в которые устанавливают буксы валка. Привод вращения валка состоит из редуктора и двигателя. Над валком на кронштейнах укреплена путевая дорожка, по которой перемещается аппарат. Наплавку осуществляют также кольцевыми валиками; заданный шаг наплавки обеспечивается импульсным датчиком. Ток при наплавке проволокой диаметром 3,5 мм составляет 380—500 А, напряжение дуги 26—30 В, скорость наплавки 42 м/ч.

Буксы вкладышей валков коксовых дробилок изнашиваются в результате трения сферических поверхностей обеих деталей. Внутреннюю сферическую поверхность букс наплавляют проволокой 30ХГСА диаметром 2 мм механизированной наплавкой под флюсом АН-348А. Деталь устанавливают в манипуляторе универсальной сварочной установки Р-834 или ВМ с наклоном оси под углом 20°. Материал детали — сталь марки 35Л, масса 116 кг. После каждого напавленного витка наплавщик корректирует положение электрода по сферической поверхности детали нажатием на пульте управления кнопки перемещения аппарата по вертикали. Шлак от корки отделяется легко, формирование напавленного металла хорошее. Режим наплавки: ток 150—200 А, напряжение 28—30 В, скорость подачи проволоки 83 м/ч, шаг наплавки 7 мм.

18. Наплавка доменного оборудования

Основными деталями доменного оборудования, подлежащими наплавке, являются большой и малый конусы загрузочного устройства доменной печи, чаша, клапаны, броневые плиты рудных течек и приямков.

Конусы и чаша

В настоящее время применяют два технологических процесса наплавки больших конусов и чаш: 1) двухдуговую автоматическую наплавку открытой дугой порошковой

Таблица XI.65

Режимы двухдуговой наплавки конуса и чаши

Параметры	Промежуточный и защитный поясы		Контактный пояс	
	конус	чаша	конус	чаша
Сила тока, А	700—800	700—800	650—750	650—750
Напряжение, В	28—32	28—32	28—32	28—32
Скорость наплавки, м/ч	40—55	40—55	32—42	32—42
Шаг наплавки, мм	10—14	10—14	9—10	9—10
Смещение с зенита, мм	20—100	0—50	65—120	65—120
Размах колебаний, мм	300—400	300—400	Ширина контактного пояса	
Расстояние между электродами, мм	60—100	100—150	40—100	50—130
Вылет электрода, мм	40—60	40—60	35—45	35—45
Источник питания	ВС-1000 ВСЖ-1600 ВДУ-1601	ВС-1000 ВСЖ-1600 ВДУ-1601	ВСЖ-1600 ВДУ-1601 ВС-1000	ВС-1000 ВСЖ-1600 ВДУ-1601

Примечание. В таблице приведен режим наплавки для одной дуги; режим наплавки второй дугой аналогичен приведенному.

проволокой с внутренней защитой; 2) печную наплавку композиционными сплавами. В стадии испытаний находятся два других метода — индукционная и электрошлаковая наплавки композиционными сплавами.

Электродуговая наплавка открытой дугой разработана в Институте электросварки им. Е. О. Патона для наплавки порошковой лентой карбидохромовыми сплавами с никелем, а также другими материалами на основе тугоплавких соединений. Наплавку производят на установках типа У-50, У-75, У-125М и УНК-3. Установки укомплектованы двухдуговыми аппаратами А-1640 и сварочными выпрямителями типа ВДУ-1601 и ВСЖ-1600. Технология непрерывной широкоослойной наплавки с расположением валиков вдоль образующей обеспечивает более благоприятную ориентацию трещин в наплавленном слое, чем технология обычной наплавки по винтовой линии. В этом случае возникающие в наплавленном слое трещины ориентированы преимущественно поперек направления запыленного газового потока и не являются очагами изнашивания.

На конусе и чаше наплавке подвергают контактный, промежуточный и защитный поясы. Контактный пояс должен обеспечить герметичность в сопряжении конуса с чашей, однако тепловые деформации вследствие неравномерного распределения температуры в подконусном пространстве неизбежно вызывают образование зазоров в этом сопряжении. Устремляющийся в зазоры запыленный газовый поток разрушает контактную поверхность. Промежуточный пояс изнашивается под действием газового потока, образующегося при нарушении плотности сопряжения контактных поверхностей конуса и чаши, а также под действием сыпавшейся шихты. Изнашивание защитного пояса происходит за счет абразивного действия падающей на конус шихты и ее перемещения по поверхности конуса при его открывании. Толщина наплавленного слоя в зоне контактного поя-

са чаши и конуса обычно составляет 9 мм, а ширина — для конуса 280—380, для чаши 130—260 мм (в зависимости от их диаметра). Промежуточный пояс у конуса имеет толщину наплавленного слоя 16, а у чаши 10 мм; ширина промежуточного пояса чаши и конуса составляет 200 мм. Толщина наплавленного слоя защитного пояса конуса 16, а ширина 400 мм.

Для наплавки контактного пояса применяют порошковую ленту ПЛ-АН111, обеспечивающую наиболее высокое сопротивление газообразованию изнашиванию. Для наплавки промежуточного и защитного поясов используют порошковую ленту ПЛ-АН101. В этом случае могут применяться также порошковые ленты ПЛ-АН102 и ПЛ-АН171. Режимы наплавки больших конусов и чаш приведены в табл. XI.65.

Установленный на наплавочной установке конус с горизонтальным расположением образующей наплаваемого пояса с помощью газовых горелок нагревают до 100—150°С, после чего наплавляют промежуточный и защитный поясы. Затем производят первую термическую обработку по режиму: посадка в печь при температуре 200—250°С, нагрев до 620—650°С со скоростью 40—50°С/ч, выдержка при этой температуре в течение 8—10 ч, охлаждение с печью до 150°С со скоростью 40—50°С/ч и далее на воздухе. Термически обработанную деталь подвергают механической обработке — проточке под наплавку контактного пояса. После наплавки контактного пояса производят вторую термическую обработку по такому же режиму, а затем шлифовку.

На окончательно обработанном контактном поясе допускают сетку трещин, если раскрытие их не превышает 0,5 мм. Скопление мелких пор диаметром менее 1,5 мм должно иметь площадь не более 300 мм². Общее число таких скоплений на контактном поясе не должно превышать 25.

Печная наплавка контактных поясов

больших конусов и чаш композиционным сплавом релит-мельхиор обеспечивает наибольшую износостойкость деталей, однако в связи с дефицитностью наплавляемого материала и трудоемкостью процесса не получила широкого распространения.

Для наплавки слоя композиционного материала на поверхность конуса 1 (рис. XI.41) его заключают в литой или сварной кожух 4 из листовой стали. В образовавшийся зазор засыпают и утрамбовывают зерна износостойкого материала 5 (карбиды вольф-

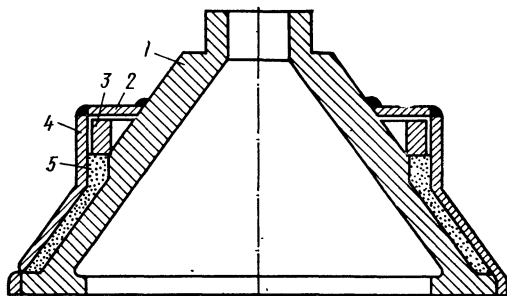


Рис. XI.41. Схема наплавки конуса композиционным сплавом

рама, хрома, титана и другие твердые соединения), сверху загружают куски сплава-связки 3 (мельхиора или других сплавов), плотно приваривают кольцевую крышку 2 и нагревают в термической печи до температуры, на 100—120°С превышающей температуру плавления (сплава-связки (1100—1200°С).

До выполнения этих работ тщательно очищают наплавляемую поверхность конуса и внутреннюю поверхность кожуха от окалины и загрязнений. Толщина стенок кожуха должна превышать толщину наплавляемого слоя в 3—4 раза. Кроме того, по окружности конуса у основания и в верхней части приваривают упоры, высота которых равна толщине наплавляемого слоя. При подготовке износостойкого материала зерна релита смешивают обычно в смесителе при следующем соотношении фракций: 0,18—0,28 мм 25%; 0,25—0,35 мм 25%; 0,35—0,55 мм 50%. Количество мельхиора составляет 45—50% от массы релита. После приварки крышки к кожуху и конусу тщательно проверяют плотность швов и отсутствие прососов газа. Кроме того, к крышке приваривают стальную цельнотянутую трубу для вывода газов при прокаливании.

Перед установкой формы с конусом в термическую печь подину печи выкладывают кирпичом, насыпают постель из магнезитового или шамотного порошка и проверяют горизонтальность. Термический режим наплавки зависит от формы и размеров наплавляемых деталей. Так, подготовленные к наплавке конус и чашу загружают в термическую печь и нагревают до 400°С со скоростью 50°С/ч, выдержка при этой температуре 1 ч. Затем заваривают открытый конец трубки и с той же скоростью нагревают до 1150°С. После одночасовой выдержки при

этой температуре конус или чашу со скоростью 100°С/ч охлаждают до 700°С, а затем со скоростью 50°С/ч — до 450°С. При этой температуре осуществляется 24-ч старение сплава-связки, после чего изделие со скоростью 50°С/ч охлаждают до 100°С, а затем на воздухе.

В процессе выдержки изделия в форме при 1150°С перегретый расплав мельхиора легко заполняет промежутки между зернами релита, смачивая их, а также поверхность наплавляемой детали и формы с образованием прочного диффузионного соединения. После охлаждения детали механической обработкой удаляют кожух до обнажения наплавленного слоя, форма поверхности которого точно соответствует форме внутренней поверхности кожуха. Возможность обеспечения заранее заданной качественной поверхности наплавленной детали с требуемой точностью размеров и формы является одним из преимуществ наплавки композиционными сплавами по сравнению с другими методами, не обеспечивающими формирование гладкой поверхности наплавленного слоя.

В настоящее время наиболее распространен метод печной наплавки малых конусов. Технология ее осуществления аналогична описанной выше технологии наплавки больших конусов. Стойкость малых конусов, наплавленных этим методом, на большинстве заводов весьма высока. Начинают применяться и другие методы — индукционная и электрошлаковая наплавка композиционными сплавами с различным химическим составом сплава-связки.

Седла и крышки клапанов

Наплавку седел и крышек уравнительных клапанов осуществляют несколькими методами. Один из методов — наплавка (их на установках типа ВМ или УМН-4 в подогретом (до температуры 370—400°С) состоянии. Детали устанавливают на планшайбе манипулятора в горизонтальном положении. Наплавляют три слоя проволокой марки ПП-3Х2В8 под флюсом АН-20. Режим наплавки первого слоя: напряжение дуги 28—32 В, ток 360—380 А, скорость подачи электродной проволоки 73 м/ч, скорость наплавки 50 м/ч, шаг наплавки 6 мм; последующих слоев: напряжение 28—32 В, ток 440—460 А, скорость подачи электродной проволоки 95 м/ч, скорость наплавки 60 м/ч, шаг наплавки 6 мм. Наплавленные детали клапана непосредственно после наплавки нагревают до 400°С и после выдержки охлаждают со скоростью 60—100°С/ч. Контактные поверхности шлифуют. Толщина наплавленного слоя составляет 2—3 мм, твердость HRC 51—52.

В последние годы разработана и начинает применяться технология электродуговой автоматической наплавки уравнительных клапанов порошковой проволокой типа У15Р5С2ГЗ на основе карбида бора. Эта проволока предназначена для наплавки открытой дугой. Перед наплавкой деталь нагревают до температуры 250°С, после наплавки производят отпуск при температуре

400°С в течение 2 ч с последующим замедленным охлаждением в печи. Режим наплавки: ток 300—350 А, напряжение 27—28 В, скорость наплавки 30 м/ч, скорость подачи проволоки 123 м/ч, шаг наплавки 6—7 мм, толщина наплавленного металла 7—8 мм, наплавку производят в три слоя. Твердость наплавленного металла достигает НРС 59—61. Срок службы уравнильных клапанов, наплавленных этим методом, значительно увеличивается.

Наиболее распространена печная наплавка деталей клапанов композиционным сплавом релит-мельхиор. При наплавке крышки на деталь устанавливают одноразовую оснастку в виде литого стакана и цилиндрической обечайки, которые приваривают к детали плотным швом. В образовавшуюся полость помещают зерна релита и кусочки мельхиора, после чего накрывают стальным кольцом. Аналогичную оснастку используют и для наплавки седла клапана. Подготовленные таким образом детали помещают в печь, стремясь обеспечить при этом строго горизонтальное положение торцовых поверхностей. Режим наплавки: загрузка деталей при температуре печи 500°С, нагрев до 1150°С со скоростью 200°С/ч, выдержка при этой температуре в течение 1 ч, охлаждение с печью до 420—450°С, выдержка 24 ч, дальнейшее охлаждение на воздухе. Механическая обработка деталей клапана состоит из срезающей оснастки на токарном станке и шлифовки наплавленных поверхностей.

Броневые плиты

Броневые плиты рудных течек и прямиков работают в условиях интенсивного изнашивания. Требования к однородности наплавленного слоя и к его чистоте для подобных деталей минимальны. На первое место выдвигаются высокая производительность процесса наплавки, дешевизна и доступность применяемых материалов. Обычно для указанной цели применяют наплавку чугуной лентой. При наплавке чугуной лентой требуется автоматическое регулирование напряжения дуги, так как толщина ленты, ее структура и скорость плавления неравномерны. Это приводит к неустойчивому режиму наплавки, особенно при низких напряжениях дуги, если лента подается в дугу с постоянной скоростью. Для удовлетворительного формирования наплавленного валика необходимо использование аппарата, автоматически поддерживающего постоянное напряжение дуги. Для выполнения указанных работ можно использовать выпускаемые промышленностью аппараты АДС-1000-2 и А-384МК с несложной перделкой.

Питание дуги возможно постоянным и переменным током. Оптимальная плотность тока составляет 14—16 А/мм², коэффициент наплавки в зависимости от структуры и ширины ленты — от 12 до 15 г/(А·ч). При наплавке под флюсом АН-28 лентой толщиной 0,7 и шириной 70 мм оптимальный режим наплавки: ток 750—800 А, напряжение дуги 19—21 В, скорость перемещения дуги 9—

12 м/ч; при таком режиме образуется валик шириной 66—68 мм с глубиной провара 0,5—1 и высотой 3—4 мм. Расход флюса составляет 0,5—0,6 кг на 1 кг наплавленного металла.

Многослойная наплавка чугуна вызывает снижение твердости нижних слоев до НРС 38—40 вследствие их отжига и частичной графитизации. Износостойкость наплавленного отбеленного чугуна в 3—3,5 раза выше, чем конструкционной стали, и только на 10—15% уступает износостойкости сталинита, наплавленного угольным электродом. Производительность наплавки чугуна в 10 раз выше, чем ручной наплавки сталинита.

19. Наплавка прокатного оборудования

Из деталей оборудования прокатных цехов наплавке подвергают прокатные валки, ножи для резки металла, ролики рольгангов и правильных машин, керны клещевых кранов, крановые колеса, тормозные шкивы, плунжеры гидросистем.

Валки обжимных станов

При наплавке валков обжимных станов (в основном блюмингов и слябингов) припуск на механическую обработку весьма большой. Поэтому, помимо требования высокой износостойкости, материал наплавленного слоя должен хорошо обрабатываться резанием.

Вариант I наплавки валков блюмингов состоит в следующем. Глубокие кольцевые выточки, проточенные для полного удаления трещин, заплываются наиболее дешевой и доступной проволокой Св-08 диаметром 5 мм. Сработанный слой валка наплавляют проволокой из стали 30ХГСА диаметром 3,5—4 мм, основной рабочий слой толщиной 5 мм — проволокой ПП-3Х2В8 диаметром 3,6 мм и последний технологический слой толщиной 3 мм — снова проволокой из стали 30ХГСА. Режимы наплавки валков блюминга для разных электродных проволок представлены в табл. XI.66. Наплавкой последнего слоя проволокой из стали 30ХГСА улучшают условия захвата металла валками и повышают обрабатываемость валка резанием. Подогрев валков под наплавку осуществляют индукторами или в специальной печи.

Иногда нижние слои калибров наплавляют проволокой из стали 30ХГСА, затем 3—4 слоя — проволокой из стали 5Х4ВЗФ и, наконец, 3—4 верхних слоя — вновь проволокой из стали 30ХГСА. Подогрев под наплавку производят на специальном стенде, оборудованном тремя индукторами диаметром 1200 мм. Температура предварительного подогрева 360—400°С. При такой системе наплавки стойкость валка обуславливается износом дна калибра, в то время как при наплавке сталью 30ХГСА калибры изнашивались в основном по ширине. Изменение системы наплавки привело к резкому увеличению стойкости валков.

Более рационален вариант II, при котором валки наплавляют дисперсионно твер-

Т а б л и ц а Х 1.66

Режимы наплавки валков блюминга

Параметры	Марка проволоки					
	Св-08А	Св-30ХГСА	ПП-3Х2В8	Св-30ХГСА	Св-08А	ППК-104
	Вариант I			Вариант II		
Диаметр проволоки, мм	5	4	3,6	4	4	3,6
Число слоев, шт.	2	1	2	2	1	3
Ток, А	550—600	320—350	300—320	320—350	370—420	350—400
Напряжение, В	30—32	30—32	28—30	30—32	30—32	30—32
Скорость, м/ч:						
наплавки	22	22	22	22	30	30
подачи проволоки . . .	56	56	73	56	83	83

деющей сталью, твердость которой непосредственно после наплавки невелика, а после термической обработки (старения) значительно повышается; при этом существенно увеличивается износостойкость валков. Для наплавки слоя дисперсионно твердеющей стали применяют порошковую проволоку 15ХЗМФ (ППК-104). Твердость валка непосредственно после наплавки такой проволокой составляет НВ320—370; это обеспечивает удовлетворительную обрабатываемость резанием. В результате 15-ч отпуска при 560 °С твердость валка за счет дисперсионного твердения повышается до НВ460; это приводит к существенному увеличению износостойкости. Режимы наплавки валков блюминга по варианту II приведены в табл. Х1.66. Подогрев валка при наплавке подслоя проволокой Св-08А не превышает 200—250 °С, а при наплавке рабочего слоя проволокой ППК-104 400 °С.

Валки листовых станов

Стальные валки листовых станов наплавляют сплошной электродной проволокой или лентой, порошковой проволокой, спеченной электродной лентой. Легирование наплавленного металла осуществляют через электродный материал или же через керамический флюс. Для повышения производительности процесса применяют многодуговую наплавку, а также наплавку ленточным электродом или порошковой проволокой большого сечения: 6 мм и более. Наплавку производят на переоборудованных вальцетокарных станках. Нагрев валков осуществляют индукторами промышленной частоты или в электропечах.

Для наплавки валков листовых станов чаще всего применяют порошковую проволоку ПП-3Х2В8. Лучшие результаты получаются при использовании проволоки ПП-АН132, обеспечивающей в наплавленном слое состав типа 3ХЗВ2М2ФС. Твердость поверхности при этом достигает НВ560. Наплавку целесообразно производить на четырехдуговой установке, оснащенной автоматами А-985 и выпрямителя-

ми ВСЖ-1600 (по одному на каждый автомат). Высокая производительность на такой установке обеспечивается при применении проволоки диаметром 6 мм. Режим наплавки представлен в табл. Х1.67. После наплавки валки подвергают отпуску при температуре 500 °С с выдержкой в течение 16 ч. Скорость охлаждения с температуры отпуска не должна превышать 6 °С/ч. Стойкость валков, наплавленных проволокой ПП-АН132, в 1,5—2 раза превышает стойкость валков, наплавленных проволокой ПП-3Х2В8.

Т а б л и ц а Х 1.67

Режимы наплавки листопрокатных валков

Параметры	Марка проволоки	
	ПП-3Х2В8	ПП-АН132
Ток, А	360—600	580—670
Напряжение, В	30—35	31—36
Скорость, м/ч:		
наплавки	35—45	42—47
подачи проволоки . . .	83—108	60—90

Применяют также электрошлаковую наплавку чугунных валков с гладкой бочкой электродом-трубой и электрошлаковую наплавку стальных валков в токоподводящем кристаллизаторе с присадкой дроби. Однако из-за ряда недостатков эти методы пока имеют ограниченное применение. Начинает использоваться наплавка валков спеченной лентой марок ЛС-5Х4В3ФС и ЛС-5Х4В2М2ФС под пемзovidным флюсом АН-60.

Валки сортопрокатных станов

Для наплавки валков сортопрокатных станов наиболее широко применяют порошковые проволоки ПП-3Х2В8, ПП-25Х5ФМС и цельнотянутую проволоку Пп-30ХГСА. При наплавке проволокой ПП-3Х2В8 по-

Таблица XI.68

Режимы наплавки ножей для горячей резки

Параметры	Марка проволоки (ленты)			
	ПП-3Х2В8	ПП-3Х2В8	ПП-АН132	ЛС-5Х4В2М2ФС
Способ наплавки	Трех-электродная		Одноэлектродная	
Диаметр проволоки (ширина ленты), мм .	3,6	3,6	6	30
Марка флюса	АН-20С	АН-20С	АН-20С	АН-60
Ток, А	850—900	300—350	750—800	650—700
Напряжение, В	30—32	30—32	32—34	30—32
Скорость, м/ч:				
наплавки	20	20	20	12
подачи электрода	73	73	73	—
Число слоев	3	3	3	3
Толщина слоя, мм	2,5	2,5	2,5	—

верхность вала изнашивается медленно, однако быстро растрескивается и выкрашивается. Металл, полученный в результате наплавки проволокой ПП-25Х5ФМС, обладает высокой износостойкостью, сопротивлением термической усталости, теплоустойчивостью, хорошей обрабатываемостью резанием, поэтому за счет его использования стойкость валков увеличивается в 1,5—2 раза (по сравнению с валками, наплавленными проволокой ПП-3Х2В8). Наплавку сортопрокатных валков производят, как правило, на установках типа КЖ-34 с поворотной траверсой. Это необходимо для наклона вала в положение, удобное при наплавке вертикальных стенок калибров.

Ножи для горячей резки

С помощью ножей для горячей резки режут раскат толщиной до 300 мм при температуре 750—1100 °С в потоке стана. Материал ножа должен сохранять высокие твердость и прочность при температурах до 750—850 °С и обладать высоким сопротивлением термической усталости. Перед наплавкой ножи нагревают до 400 °С в индукторе или печи. Затем их укладывают на стол горизонтально-фрезерного или другого специально приспособленного для этой цели станка с регулируемой скоростью возвратно-поступательного движения. В отдельных случаях ножи устанавливают неподвижно, а наплавочному автомату сообщают необходимую скорость и диапазон возвратно-поступательного движения относительно ножа. Режимы наплавки ножей для горячей резки различными материалами представлены в табл. XI.68.

После наплавки ножи подвергают отпуску при температуре 400 °С; охлаждение после отпуска медленное. Твердость ножей после термической обработки составляет HRC45—49. Иногда после окончательной механической обработки наплавленные кромки ножей подвергают электроискровой легированию на установке ЭФИ-25. Ширина упрочненной полоски на каждой кромке составляет 10—12 мм.

Ролики рольгангов

Конструкции роликов рольгангов на крупных металлургических заводах разнообразны. Длина их достигает 3500, диаметр 400 мм. В процессе эксплуатации на поверхности бочки ролика образуются канавки, глубина которых достигает 20 мм. Изнашиванию роликов способствуют высокие температуры транспортируемого металла (900—1050 °С) и его скорость (до 9 м/с).

Восстановление и повышение износостойкости роликов рольгангов методом механизированной наплавки производят на универсальных установках УМН-4 и УМН-10. Для наплавки используют проволоку из стали 30ХГСА; часто применяют порошковую проволоку ПП-3Х2В8. В редких случаях при значительных температурных воздействиях для наплавки роликов применяют малоуглеродистую проволоку, обеспечивающую состав типа 08Х20Н10Г6 в наплавленном металле. Режимы наплавки приведены в табл. XI.69.

На некоторых заводах осуществляют наплавку роликов в потоке стана без их демонтажа в период останова стана на плановый ремонт. Для этого используют портативную переносную установку.

Ролики листопрямильных машин

Цилиндрическая поверхность роликов листопрямильных машин изнашивается в результате трения о стальной лист. Ремонт изношенных роликов состоит в наплавке цилиндрической рабочей поверхности износостойкими сплавами. Обычно рабочие ролики наплавливают проволокой ПП-3Х2В8 диаметром 3,6 мм под флюсом АН-20. Наплавку ведут в центрах универсальных наплавочных установок по винтовой линии. Режим наплавки: ток 300 А, напряжение 30 В, скорость наплавки 25 м/ч, скорость подачи электродной проволоки 43 м/ч. Наплавленные ролики после шлифовки имеют твердость HB450—500. Стойкость наплавленных рабочих роликов значительно превосходит стойкость новых.

Таблица XI.69

Режимы наплавки роликов рольгангов

Параметры	Марка проволоки			
	Нп-45	Нп-30ХГСА	ПП-3Х2В8	Св-08Х20Н10Г6
Диаметр проволоки, мм	5	3,5	3,6	3,5
Марка флюса	АН-348А	АН-348А	АН-20	АН-22
Ток, А	600—650	400—450	300—310	500—550
Напряжение, В	28—36	30—36	25—30	30—36
Скорость, м/ч: перемещения наплавляемой поверх- ности	40—46	46—52	32—42	32—42
подачи пр волоки	48—54	60—66	58—64	58—64

Опорные ролики наплавляют электродной проволокой Нп-30ХГСА под флюсом АН-348А и обрабатывают на токарных станках. Твердость наплавленного слоя достигает НВ230—240. Наплавку ведут без предварительного подогрева.

Станины рабочих клетей прокатных станов

Восстановление изношенных посадочных мест станин ручной наплавкой требует выполнения трудоемкой ручной шлифовки наплавленного металла. Наплавка лежачим пластинчатым электродом значительно сокращает затраты времени на ремонт и позволяет получить гладкую наплавленную поверхность, нуждающуюся лишь в небольшой зачистке. Перед наплавкой станину устанавливают в положение, при котором наплавляемая поверхность располагается горизонтально. Специально подготовленный электрод в виде пластины размером 350×68×6 мм соответствующего химического состава укладывают на наплавляемую поверхность, предварительно покрытую слоем флюса толщиной 3—5 мм. Один конец пластины закорачивают на наплавляемую поверхность, другой соединяют с электрододержателем, находящимся под положительным потенциалом. На пластину насыпают слой флюса толщиной 15—20 мм и накрывают прижимной плитой. Наплавку производят при токе 800—1000 А и напряжении 23—28 В под флюсом АН-348А. Источником питания является выпрямитель типа ВС-1000. Длительность наплавки одного посадочного места 3 мин.

Барaban волоцильного стана

Поскольку барабан изготавливают из чугуна с отбеленной поверхностью, предварительно нужно снять отбеленный слой и наплавить промежуточный слой толщиной 3 мм малоуглеродистой проволокой Св-08, а затем порошковой проволокой ПП-3Х2В8. Наплавку производят без предварительного подогрева по следующему режиму:

	Слой 1	Слой 2 и 3
Проволока	Св-08	ПП-3Х2В8
Напряжение, В	28—32	28—30
Ток, А	380—400	450

Продолжение

Скорость подачи электродной проволоки, м/ч	73	95
Скорость наплавки, м/ч	40	35
Шаг наплавки, мм	6	6

Цилиндр гидравлического механизма прокатного стана

Внутренняя поверхность цилиндра длиной 650 и внутренним диаметром 150 мм из стали марки 15 цементирована. Износ рабочей поверхности цилиндра характеризуется увеличением зазора в сопряжении цилиндр — плунжер. Внутреннюю поверхность цилиндра наплавляют открытой дугой порошковой проволокой с внутренней защитой марки ПП-У25Х17Т. Режим наплавки: ток 200—220 А, напряжение 20—24 В, скорость наплавки 20 м/ч, скорость подачи проволоки 56 м/ч, число слоев 1—2. Ось вращения цилиндра наклонена под углом 15°. Перед наплавкой деталь подогревают до 250 °С, а после наплавки медленно охлаждают в песке. Твердость наплавленной поверхности НВ450—500.

Полумуфта главного привода прокатного стана

В полумуфте предусмотрено внутреннее отверстие диаметром 750 и длиной 820 мм. Наплавку этого отверстия выполняют на универсальной установке в планшайбе передней бабки с горизонтальной осью изделия проволокой 30ХГСА диаметром 3,5 мм под флюсом АН-348А. Предварительный подогрев до 250 °С осуществляют с помощью газовой горелки. Длинный изогнутый наклонный мундштук подводит электрод и флюсопровод на всю глубину отверстия. Вместе с мундштуком в отверстие вводят лампочку низковольтного освещения. Шлаковая корка легко скалывается удлиненным зубилом. Наплавку начинают с края отверстия, расположенного у планшайбы, и ведут к выходу. Режим наплавки: ток 300—320 А, напряжение 28—30 В, скорость наплавки 20 м/ч, скорость подачи электродной проволоки 90 м/ч.

Тормозные шкивы

Небольшие шкивы диаметром 250—500 мм наплавляют без предварительного подогрева, так как вполне достаточно тепла, выделяемого дугой. Крупные шкивы диаметром 750 мм и более перед наплавкой подвергают нагреву до 200—250° С.

Применяемая для наплавки шкивов проволока марки Нп-30ХГСА диаметром 3—4 мм в сочетании с флюсом АН-348А позволяет восстановить геометрическую форму детали и несколько повысить стойкость рабочей поверхности против истирания. Более высокую износостойкость приобретают шкивы, наплавленные проволокой ПП-3Х2В8 диаметром 3,5 мм под флюсом АН-20. Высокая твердость наплавленной поверхности в этом случае (НВ450) затрудняет обработку восстановленного шкива на токарном станке. Достаточно высокой стойкостью характеризуются шкивы, наплавленные проволокой Нп-20Х13. Шкивы наплавляют в планшайбе манипулятора при следующем режиме: ток 300—350 А, напряжение 30—32 В, скорость наплавки 25 м/ч, скорость подачи проволоки 64 м/ч. Срок службы наплавленных шкивов выше, чем подвергнутых закалке.

Крановые колеса

Обычно наплавке подвергают колеса с изношенной поверхностью качения, утоненными или обломанными ребрами, трещинами или выкрошенным рабочим слоем. Износ происходит одновременно по двум направлениям: уменьшается диаметр беговой дорожки и утоняется ребро колеса. Поэтому при восстановлении наплавляют цилиндрическую часть колеса, а также вертикальную стенку реборды.

Перед наплавкой рабочую поверхность колес протачивают для снятия образовавшейся окалины. Для наплавки используют электродную проволоку Нп-65Г или Нп-30ХГСА диаметром 3,5 мм и флюс АН-348А. Высота наплавки в зависимости от степени износа колеса колеблется в пределах от 2 до 30 мм. Реже применяют проволоку Св-30Х10Г10Т. Более рационально применение проволоки Нп-30ХГСА с предварительным подогревом колеса до 300° С. Предварительный подогрев колеса перед наплавкой уменьшает скорость охлаждения наплавленного металла и околошовной зоны, разность температур наплавленного металла и изделия, способствует уменьшению напряжений, возникающих в наплавленном колесе.

Колеса наплавляют по винтовой или кольцевой линии с автоматическим смещением электрода на шаг после каждого полного оборота изделия. В первом случае наплавку производят на универсальных наплавочных установках типа УМН-4 и УМН-10.

Наплавку крановых колес производят и специально разработанной проволокой типа 20Х2Г2НМ (ППК-300). При ее применении стойкость колес значительно выше, чем при использовании проволоки Нп-30ХГСА.

Наплавку проволокой ППК-300 выполняют на постоянном токе обратной полярности под флюсом АН-348А по режиму: ток 350—400 А, напряжение 30—32 В, скорость подачи проволоки 73 м/ч, скорость наплавки 25—30 м/ч, шаг наплавки 6—10 мм, вылет электрода 35 мм, смещение с зенита 20 мм. Твердость колеса, наплавленного проволокой ППК-300, составляет НВ300—360 (при твердости колеса, наплавленного проволокой Нп-30ХГСА, равной НВ200—250).

20. Наплавка штампов

К металлу, наплавленному на прессовые и молотовые штампы, предъявляют те же требования, что и к обычным штамповым материалам и монометаллическому инструменту: достаточно высокие теплостойкость, износостойкость, разгаростойкость и т. п. Кроме того, предъявляют и ряд специфических требований: достаточную технологичность в процессе наплавки, хорошую обрабатываемость при изготовлении и отделке гравюры, возможность исключить термическую обработку после наплавки, отсутствие дефицитных легирующих элементов, низкую стоимость и др.

Наибольшее распространение получила ручная электродуговая наплавка штампов. В табл. XI.70 представлены химический состав и твердость металла, полученного в результате наплавки штампов электродами различных марок. Электроды, применяемые для наплавки штампов, в зависимости от системы легирования можно разделить на шесть групп. Электроды групп I и II позволяют получать достаточно высокую износостойкость рабочей поверхности при эксплуатации штампов до температуры 400° С и не содержат большого количества вольфрама и других дефицитных легирующих элементов. Основу легирования электродов этих групп составляют хром и марганец. Хром образует прочные карбиды, оказывает заметное влияние на дисперсность получаемой структуры, повышает твердость, прочность и сопротивление износу. Марганец наиболее значительно повышает твердость и прочность наплавленного металла. Стимулирующее влияние марганца на рост зерна ослабляется хромом.

Металл, наплавленный электродами I группы, имеет низкое содержание углерода и легирующих элементов, поэтому его твердость после наплавки невысока (кроме ЦН-4). Штампы после наплавки и отпуски удовлетворительно обрабатываются резанием. Основные области применения этих электродов — восстановление малонагруженных молотовых и высадочных штампов, а также наплавка подслоя под более легированные и дорогие электроды.

Металл, наплавленный электродами II группы, имеет повышенное содержание углерода и хрома. Твердость после наплавки превышает НRC50, поэтому наплавленные штампы отжигают (температура отжига от 740 до 860° С, твердость после отжига НRC21—28). После обработки резанием производят закалку с отпуском (темпера-

Таблица XI.70

Химический состав и твердость наплавленного различными электродами металла (во 2—3-м слое)

Группа	Марка электрода	Химический состав, % (средний)										Твердость HRC	
		C	Si	Mn	Cr	Ni	W	Mo	V	Co	Другие элементы		
I	ОЗШ-1	0,18	1,2	1,0	1,0	—	—	0,8	—	—	—	—	34—40
	ОЗШ-1В	0,16	1,2	1,5	1,1	—	—	0,8	—	—	—	—	32—37
	ЦН-4	0,32	0,3	6,0	—	—	—	—	—	—	—	—	45—50
	ЦШ-2	0,45	0,2	2,0	1,0	0,4	—	—	—	—	—	—	≤40
II	ЦШ-4	0,5	—	0,2	—	1,1	—	—	—	—	—	—	≤32
	ЭН-60М	0,8	1,1	0,8	2,8	—	—	0,5	—	—	—	—	58—60
	ЦШ-3	0,7	—	0,4	3,0	—	—	—	—	—	—	—	≤50
	Ш-7	0,6	0,2	0,3	2,3	—	—	—	—	—	—	—	50—54
III	УОНИ-13/НЖ	0,22	0,7	0,7	12	—	—	—	—	—	—	—	45—51
	ЭЖ-3	0,35	0,6	0,6	12	0,6	—	—	—	—	—	—	≤49
	НЖ-3	0,35	2,0	2,0	12	—	—	—	—	—	—	—	≤51
	2Х13	0,20	0,5	0,5	13	0,6	—	—	—	—	—	—	≤50
IV	Ш-16	0,35	1,3	0,45	12	3,0	—	—	0,8	—	—	—	38—44
	Т-546А	1,25	1,0	0,4	7,0	—	—	—	—	—	1,3 Ti	—	52—56
	Т-540	1,6	—	—	8,0	—	—	—	—	—	0,3 Ti	—	45—50
	Т-590	3,2	2,2	1,2	25	—	—	—	—	—	1,5 B	—	58—62
V	Т-620	3,2	2,2	1,2	23	—	—	—	—	—	1,2 Ti; 1B	—	57—60
	ЦС-1	3,0	3,5	1,5	28	—	—	—	—	—	—	—	48—54
	ЦШ-1	0,3	0,2	0,4	3,0	4,0	—	—	—	—	—	—	43—49
	ЦИ-1М	0,75	0,4	0,4	4,2	—	18	—	1,2	—	—	—	48—52
VI	ЦИ-2У	0,9	0,45	0,45	4,3	—	9,0	—	2,3	—	—	—	48—52
	ОЗИ-1	0,8	0,4	0,7	4,6	—	17	—	1,2	—	—	—	52—58
	ОЗИ-2	0,6	0,3	0,5	2,5	—	10	—	0,6	—	—	—	54—58
	ОЗИ-3	0,8	—	—	3,6	—	1,2	3,5	1,0	—	—	—	55—60
	ВСН-6	0,15	1,4	0,65	15	—	13	—	1,7	—	—	—	45—57
	ОЗИ-4	≤0,1	1,3	0,1	3,0	—	6,5	5,0	0,8	15	—	—	38—45
ОЗИ-5	≤0,1	1,0	0,5	2,0	—	10,0	9,0	0,8	18	—	—	50—55	

тура закалки 780—900°С, температура отпуска 200—400°С, твердость HRC50—58). Electroды II группы применяют для восстановления средненагруженных крупных молотовых и пресовых штампов. Electroды I и II групп имеют хорошие сварочно-технологические свойства и низкую стоимость; эксплуатационные свойства наплавленного ими металла приближаются к свойствам среднелегированной штамповой стали марок 5ХНМ, 5ХНВ, 7Х3 и т.п.

Electroды III группы обеспечивают получение высоколегированного наплавленного металла с повышенным содержанием хрома. Основное назначение electroдов III группы — наплавка режущих кромок обрезных штампов. Твердость штампов после наплавки electroдами III группы высокая, поэтому их следует отжигать (температура нагрева под отжиг 860°С, твердость после отжига HRC15—18). После обработки резанием эти штампы подвергают закалке и отпуску (температуры нагрева под закалку и отпуск соответственно 860 и 400°С, твердость после отпуска HRC44—48). Electroды III группы также обладают высокими сварочно-технологическими свойствами, стоимость их сравнительно невелика. Основным отличием наплавленного ими металла является повышенная износостойкость при нагреве.

Electroды IV группы применяют лишь для наплавки участков штампов, работающих с повышенным износом и без ударных

нагрузок (штампы выдавливания и вытяжки на гидравлических прессах и т.п.). Эти electroды склонны к образованию трещин, поэтому наплавку производят не более чем в 1—2 слоя. Наплавленный металл не поддается отжигу, поэтому его можно обрабатывать только абразивным инструментом или электрофизическими методами. Из-за повышенной хрупкости и склонности к выкрашиванию наплавленного металла в процессе эксплуатации эти electroды можно рекомендовать лишь для наплавки штампов малоответственных подготовительных переходов и заготовительных ручьев.

Electroды V группы применяют для изготовления наплавленных штампов горячего деформирования широкой номенклатуры в тех случаях, когда преследуют цель повышения их стойкости. Electroды марок ЦШ-1, ЦИ-2У и ОЗИ-2 обеспечивают получение высоколегированного (с повышенным содержанием вольфрама) наплавленного металла, близкого по составу к стали марки 3Х2В8Ф, electroды марок ЦИ-1М и ОЗИ-1 — к стали марки Р18. Наилучшие сварочно-технологические и эксплуатационные свойства наплавленного металла обеспечивают electroды марки ОЗИ-3; теплоустойчивость достигает 750°С, а стоимость вследствие низкого содержания вольфрама ниже, чем у electroдов других марок этой группы.

Технологический процесс изготовления наплавленных штампов состоит из подго-

товки заготовки, ее подогрева до температур 300—600°С, наплавки и замедленного охлаждения. Затем производят отжиг при температурах 860—900°С (твердость после отжига HRC23—33), обработку резанием и закалку с отпуском (температура нагрева под закалку от 850 до 1280°С, температура отпуска от 520 до 650°С, твердость после отпуска HRC40—60). В тех случаях, когда предприятие располагает оборудованием для шлифования или обработки штампа электрофизическими методами, из всех видов термической обработки производят только отпуск при температурах 500—700°С, сохраняя высокую твердость наплавленного металла.

Особые свойства имеет металл, наплавленный электродами марки ВСН-6. Он, так же как и металл, наплавленный электродами IV группы, не смягчается при отжиге и обладает очень высокими износостойкостью и хрупкостью.

Электроды VI группы обеспечивают получение наплавленного металла с интерметаллидным упрочнением и очень высокой теплостойкостью (до 750—800°С ОЗИ-4 и до 800—850°С ОЗИ-5). Рекомендуемая технология изготовления штампов при применении электродов VI группы: наплавка, обработка резанием (ОЗИ-4) или шлифованием (ОЗИ-5) и отпуск при 600—650°С. Твердость наплавленного металла после такой обработки составляет HRC52—56 (ОЗИ-4) и HRC62—65 (ОЗИ-5). Применяют электроды VI группы для наплавки штампов объемной штамповки и выдавливания жаропрочных сталей и сплавов на механических и гидравлических прессах, для вальцовки, штампов полугорячего выдавливания и др.

В последнее время широкое распространение получила механизированная наплавка штампов. Для наплавки штампового инструмента, имеющего малую длину образующей, например прессшайб и матриц, применение наплавки по винтовой линии не оправдано. Для прессшайб рекомендуется многорядная наплавка кольцевыми швами со смещением электрода на величину необходимого шага наплавки после каждого оборота детали.

Внутреннюю поверхность прессовых втулок массой до 1,5 т наплавляют порошковыми самозащитными проволоками марок ПП-3Х4В3Ф-О, ПП-2Х4В3Ф-О, ПП-2Х2В8-О, ПП-АН130, ПП-АН122, ПП-3Х4В8Н3-О. Технологический процесс состоит из следующих операций: механическая обработка с полным удалением разрушенного рабочего слоя, предварительный подогрев в печи до температуры 300—350°С, наплавка, охлаждение со скоростью до 25°С/ч, механическая обработка. Для ремонта принимают втулки, у которых необходимо восстановить рабочий слой толщиной не более 5—6 мм на сторону. Прогретую в печи втулку устанавливают на станок типа Р-922М конструкции ИЭС им. Е. О. Патона, располагают стол станка так, чтобы установить наплавленную поверхность в горизонтальное положение, и производят наплавку вту-

лок по спирали с перекрытием в 2—3 слоя.

Режим наплавки зависит от величины внутреннего диаметра. Оптимальный режим наплавки втулки прессы усилием 1500 тс (диаметр внутренней поверхности 185, длина втулки 750 мм): ток 350—380 А, напряжение дуги 24—26 В, скорость наплавки 22 м/ч, шаг наплавки 8 мм, вылет электрода 30—35 мм, ток постоянный обратной полярности. Стол станка постоянно наклонен на 10—12° и наплавку начинают с нижней части втулки. Для уменьшения внутренних напряжений втулку после наплавки устанавливают в печь, подогревают до 450—480°С и охлаждают вместе с печью. В результате наплавленный металл имеет твердость HRC40—46. При строгом соблюдении технологии втулки можно восстанавливать 5—7 раз. Долговечность восстановленных наплавкой втулок в 1,5—2 раза превышает долговечность новых втулок из стали 4ХНВ.

21. Наплавка деталей строительных и дорожных машин

Номенклатура деталей строительных и дорожных машин, упрочняемых или восстанавливаемых наплавкой, в настоящее время весьма велика и достигает 350 наименований. К их числу относятся разнообразные валы, оси и пальцы; опорные катки, ролики, натяжные колеса, звездочки и звенья гусениц тракторов; детали драг; рабочие колеса и улитки землесосов; футеровочные плиты конусных дробилок; ножи бульдозеров и дорожных фрез; зубья ковшей экскаваторов и др. Производят ручную электродугую наплавку, наплавку под флюсом и в защитном газе, порошковой самозащитной проволокой и лентой, электрошлаковую наплавку и др. Ниже приведены примеры наплавки деталей строительных и дорожных машин.

Детали тракторов

Коленчатые валы двигателей внутреннего сгорания наплавляют под флюсом сплошной проволокой. Необходимую твердость на коренных и шатунных шейках достигают либо закалкой с нагрева токами высокой частоты, либо легированием сварочной ванны хромом и углеродом. В первом случае наплавку выполняют сплошной легированной проволокой под нелегирующим флюсом, а во втором — нелегированной проволокой под легирующим флюсом-смесью. Основным недостатком обеих технологий — применение флюса. При наплавке под флюсом образуется толстая шлаковая корка, которую трудно удалить в процессе наплавки из-за перегрева наплаваемых шеек. В результате каждый наплавочный станок должен обслуживать рабочий, сбивающий шлаковую корку. Одновременная наплавка нескольких шеек, находящихся на одной оси, исключена.

При наплавке самозащитной порошковой проволокой нет операции удаления шлаковой корки; за счет состава проволоки мож-

но без специальной термической обработки получить необходимую твердость (HRC52—56) и износостойкость наплавленных шеек. При этом возможна многодуговая наплавка при обслуживании нескольких дуг одним рабочим. Наплавку шейки можно полностью автоматизировать, применив для этого специализированный станок У-652. Наплавку рекомендуется выполнять порошковой проволокой ПП-АН122; режимы наплавки выбирают в зависимости от диаметра наплавляемой шейки.

Порошковой проволокой ПП-АН122 с успехом наплавляют также коленчатые валы компрессоров, кулачки и шейки распределительных валов, крестовины карданного вала и крестовины дифференциала.

Опорные катки и ролики, а также натяжные колеса гусеничного хода тракторов можно наплавлять порошковой проволокой ПП-АН120 под флюсом АН-348А. Но более высокую производительность обеспечивает наплавка открытой дугой порошковой проволокой ПП-АН121 с применением поперечных колебаний электрода на всю ширину беговой дорожки. Для роликов тракторов, имеющих две дорожки, наплавку ведут одновременно по двум дорожкам. В среднем на наплавку одного ролика затрачивают 20—25 мин.

Опорные катки трактора целесообразно наплавлять и на установке, работающей в Есаульском отделении «Сельхозтехника» Челябинской области. Установка состоит из токарного станка, источника питания дуги и сварочной головки. На токарном станке под наплавку устанавливают на оправке одновременно пять опорных катков, между которыми прокладывают кассеты, снабженные по наружному диаметру медными кольцами толщиной 20 мм. Медные кольца способствуют формированию жидкого металла на кромках катка. Наплавку производят порошковой лентой, заполненной шихтой сормита (50%) и железного порошка (50%), под слоем флюса поочередно от первого к пятому катку по одному слою. Последующие слои наплавленного металла наносят в той же последовательности. Режим наплавки: ток 750—800 А, напряжение дуги 30—32 В, частота вращения катка 4 мин⁻¹, вылет электрода 40 мм, толщина наплавленного слоя за один проход 3—3,5 мм, число слоев 3—4, флюс марки АН-60. Наплавленный слой гладкий, в дальнейшей механической обработке нет необходимости. Срок службы по сравнению с ненаплавленными катками увеличивается в два раза.

Звездочки гусеничного хода целесообразно наплавлять полуавтоматом порошковой проволокой ПП-АН125. Для удобства наплавки звездочку крепят на вращателе, что позволяет участок наплавки поддерживать в нижнем положении.

Звенья гусениц целесообразно наплавлять на специализированных установках, снабженных столом, на который укладывают гусеницу в сборе. Фотоэлектрическое или электромеханическое устройство установки автоматически прекращает и начинает процесс наплавки при переходе от звена к зве-

ну. При наплавке используют порошковую проволоку ПП-АН120 и флюс АН-348А. Применяют также порошковую самозащитную проволоку ПП-АН121 и наплавку открытой дугой.

Башмаки гусениц (грунтозацепы) при работе на скальных и гранитных грунтах подвержены интенсивному изнашиванию. Так, на одном из рудников за 8 мес работы бульдозера расходуются два комплекта башмаков. Оказалось эффективным упрочнить башмак наплавкой до установки его на гусеницу. Наплавку гребня выполняют с рабочей стороны на ширину 30—35 мм в один слой порошковой проволокой ПП-АН125. На наплавку одного комплекта башмаков (72 шт.) расходуют 14—15 кг порошковой проволоки и затрачивают около 3 ч работы. Наплавленные башмаки служат в два раза дольше ненаплавленных.

Ножи бульдозеров, скреперов и грейдеров

Для наплавки режущих элементов рабочих органов землеройных машин целесообразно применять способ, разработанный

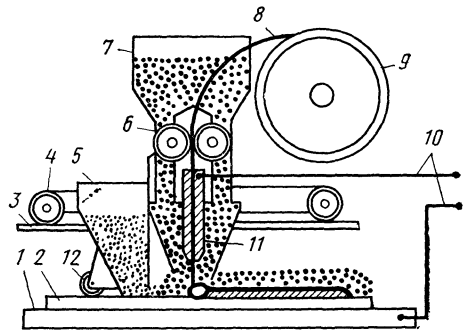


Рис. XI.42. Схема автоматической наплавки порошкообразными наплавочными материалами под флюсом на установке НД-Ш-1

ВНИИстройдормашем. При этом способе наплавку производят малоуглеродистой лентой и в зону горения дуги подают порошкообразную легирующую шихту. На наплавляемую поверхность из бункера-дозатора подается порошкообразная смесь, на которую из другого бункера насыпается слой флюса. Расплавление наплавочной смеси производится дугой ленточного электрода, горящей под флюсом. Наплавку производят на установке НД-Ш-1.

На столе 1 установки (рис. XI.42) закрепляют наплавляемую деталь 2. Внутри стола имеется ящик для сбора возврата флюса. При помощи винтового механизма стол поднимается и опускается, что позволяет регулировать расстояние между электродом и наплавляемой деталью (вылет электрода). Стол можно перемещать на 600 мм в поперечном к наплавочной головке направлении. Ходовой механизм и механизм подачи наплавочной головки вместе с электродводителем смонтированы в один блок, который служит несущим корпусом наплавочной головки. На корпусе установлены: катушка 9 с электродной лентой,

Т а б л и ц а Х I.71

Д а н н ы е д л я в ы б о р а р е ж и м а н а п л а в к и л е н т о ч н ы м и э л е к т р о д а м и

П а р а м е т р ы	Р а з м е р ы э л е к т р о д а (ш и р и н а × т о л щ и н а), м м		
	24×0,4	40×0,4	48×0,4
Размер слоя легирующей смеси, мм:			
толщина	5±0,5	5±0,5	5±0,5
ширина	26	42	50
Ток, А	600—700	700—900	900—1050
Напряжение, В	40—42	40—42	40—42
Скорость, м/ч:			
подачи электрода	150—130	140—110	130—100
наплавки	20—24	18—22	16—22
Ширина валика, мм	24—28	40—42	48—50

П р и м е ч а н и е. Наплавку производят на переменном токе.

контактные губки 11 для подвода тока по проводам 10 к электродной ленте 8, пульт управления и измерительные приборы (на схеме не показаны), бункер для флюса 7, бункер-дозатор 5 для подачи наплавочной смеси. В качестве наплавочной головки используют сварочный трактор ТС-17-МУ или автомат АДС-1000 после несложной переделки, заключающейся в замене подающих роликов на валики 6. Наплавочная головка вместе с корпусом укрепляется на самоходной тележке 4, которая перемещается по направляющим рельсам 3 ходовым механизмом. На горловине бункера 7 имеется поворотный шибер для прекращения подачи флюса в конце наплавки и при обрывах дуги. Толщину слоя наплавочной смеси можно регулировать изменением зазора между задней стенкой бункера-дозатора и поверхностью детали при помощи направляющего ролика 12.

Оптимальный режим наплавки при различной ширине ленточного электрода выбирают в соответствии с данными, приведенными в табл. XI.71.

При толщине слоя порошка 5 мм толщина наплавленного металла составляет 3,5 мм. Вылет электрода (расстояние от нижнего конца скользящего контакта до наплавляемой поверхности) должен быть 30—35 мм. Флюс на поверхность детали должен насыпаться слоем 25—30 мм. Толщина слоя флюса определяется расстоянием от воронки до наплавляемой поверхности.

Исключить коробление длинных ножей бульдозеров, скреперов и грейдеров при наплавке можно путем прижима их к столу наплавочной установки струбцинами. При этом необходимо обеспечить возможность концам ножа при расширении скользить под струбциной. После наплавки ножей следует до снятия струбцин дать возможность ножам охладиться. При изготовлении новых ножей рекомендуется брать заготовку на два ножа и наплавлять лентой на противоположные кромки заготовки. После охлаждения заготовку разрезают на два ножа. При такой технологии наплавки, возникающие в процессе наплавки, уравновешиваются, в результате чего ко-

робление (серповидность) оказывается минимальным. После наплавки каждого слоя для предупреждения образования пор и непрочеров необходимо удалять шлаковую корку.

Зубья ковшей экскаваторов

Оптимальным методом изготовления зубьев ковшей экскаваторов является стыкошлаковая наплавка. Этот способ позволяет получить удачное сочетание износостойкого поверхностного слоя и воспринимающего силовую нагрузку вязкого несущего. В качестве электродов для электрошлаковой наплавки зубьев ковшей экскаваторов используют литые пластины сечением 20×120 мм из сплава У30Х20М или У40Х30Т. Медная охлаждаемая форма выполнена в соответствии с очертаниями острия зуба. Шлаковая ванна наводится один раз при начале работы в шлаковом котле, а затем многократно используется с небольшими добавлениями флюса по мере его расхода. В жидкий шлак погружают неплавящийся электрод вместе с охлаждающей рубашкой, вследствие чего шлак вытесняется и переливается в рабочее пространство формы. Происходит выплавка острия зуба. После окончания выплавки острия заготовку зуба погружают в шлаковую ванну и нагревают до оплавления, после чего быстро погружают в металлическую ванну, отключив сварочный ток. После небольшой паузы, необходимой для кристаллизации металла, из медной формы извлекают наплавленный зуб. Выплавку рабочей части зуба осуществляют при режиме: ток 1700—2200 А, напряжение 38—43 В. При прогреве заготовки зуба ток достигает значений 4000—5000 А.

Применяют и другие методы наплавки зубьев ковшей экскаваторов. Эффективна технология многоэлектродной наплавки зубьев твердыми сплавами на установке АМН-3. При наплавке передней грани зуба через мундштук подают шесть проволок, при наплавке задней грани 12. Наплавку производят под пемзовидным флюсом АН-28 мелкой грануляции. Состав легиру-

юшей шихты, %: феррохром Хр6 49, ферромарганец Мн6 42, электродный бой 9. Суммарный ток для передней грани 1000—1300 А, для задней грани 2200—2500 А; напряжение 32—34 В; скорость наплавки 10,5 м/ч; скорость подачи проволоки 42 м/ч; наклон проволочек к горизонтали 45—48°. Износостойкость зубьев при механизированной многоэлектродной наплавке малоуглеродистой проволокой с легирующей шихтой в 2—2,5 раза выше, чем износостойкость зубьев, наплавленных сталинитом вручную.

Детали драг

В драгах наиболее интенсивно изнашиваются козырьки черпающего устройства. Нередки случаи, когда за один сезон расходуют по два комплекта козырьков черпающего устройства. Замена козырьков требует длительной остановки драги, в результате чего снижается добыча горной массы. Козырьки черпаков изготавливают из стали 110Г13Л. Рекомендуется устанавливать на драгу уже наплавленные козырьки, а затем в процессе их изнашивания периодически наплавлять режущие кромки в местах наибольшего износа, используя порошковую проволоку ПП-АН170. Наплавку новых козырьков выполняют шланговыми полуавтоматами А-765. Наплавку следует выполнять на двух поверхностях: с внутренней стороны козырька черпака слоем толщиной не менее 8 мм, шириной 180—200 мм в средней части и 120—180 мм против ушей крепления, а также по всей режущей кромке в 2—3 слоя с общей толщиной наплавленного металла около 12 мм. Скорость подачи электродной проволоки диаметром 3,2 мм должна быть в пределах 230—250 м/ч, напряжение дуги 28—32 В, вылет электрода 60—90 мм. Для лучшего формирования слоя наплавку ведут с поперечными колебаниями электрода. Средний износ наплавленного козырька после 1 мес эксплуатации составляет 4—8 мм. В тех же условиях ненаплавленный козырек изнашивается на высоту 28—30 мм.

Черпаковая цепь драги движется по цилиндрическим подчерпаковым роликам, которые изготавливают из обычной среднеуглеродистой стали. Изношенные подчерпаковые ролики восстанавливают до нужного размера наплавкой под флюсом порошковой проволокой ПП-АН120. Затем наплавляют один слой порошковой проволокой ПП-АН125. Для этого используют обычное оборудование для автоматической наплавки цилиндрических деталей.

В состав технологического оборудования драги (система обогащения) входят вращающиеся бочки из перфорированных листов. Эти листы имеют отверстия различных диаметров, через которые просыпается порода. Срок службы перфолистов меньше одного года. Перемычки между отверстиями целесообразно наплавлять полуавтоматом порошковой проволокой ПП-АН170. При наплавке перемычек только в одном направлении, например вдоль образующей бочки, стойкость перфолистов возрастает не менее чем в два раза. Режим наплавки:

скорость подачи проволоки 152—159 м/ч, напряжение дуги 28—32 В, вылет электрода 40—60 мм.

Интенсивному изнашиванию подвержены также пальцы черпаковой цепи. Пальцы имеют односторонний износ, поэтому при наплавке изношенных участков возможно недопустимое коробление детали. Для уменьшения деформации и устранения трещин наплавку пальцев рекомендуется выполнять с предварительным подогревом до температуры 300—350°С. Применяется порошковая проволока ПП-АН121 или ПП-АН122. Наплавку осуществляют в нижнем положении шланговым полуавтоматом А-765 широкими (25—40 мм) валиками, расположенными вдоль оси пальца.

Рабочие колеса и улитки землесосов

Землесосы работают в условиях интенсивного гидроабразивного изнашивания и быстро выходят из строя. Износ в известной мере определяется абразивными свойствами грунтов. Наиболее быстро разрушаются лопатки рабочих колес; износ их обычно начинается от входной кромки. Сложная конфигурация наплавляемых поверхностей не позволяла применять наплавку под флюсом, а ручная наплавка штучными электродами не удовлетворяла по производительности и износостойкости. Успех был достигнут при наплавке порошковой самозащитной проволокой. При работе землесоса на песчаных грунтах наплавку лопаток производят проволокой ПП-АН170.

Наплавке подвергают рабочие колеса и улитки, отлитые из среднеуглеродистых сталей 45Л, 35Л и др. Предварительный подогрев деталей не производят. Ширина валиков 20—40 мм за счет поперечных колебаний электрода. Внутреннюю поверхность улитки можно наплавлять полуавтоматом или автоматом на специализированных установках, оснащенных манипулятором.

Футеровочные плиты конусных дробилок

Футеровочные плиты конусных дробилок изготавливают из стали 110Г13Л. Наплавке подвергают наружную конусную поверхность подвижной футеровки и внутреннюю — неподвижной футеровки. Учитывая большой объем наплавляемого металла, следует обеспечить высокую производительность наплавки. Однако при чрезмерном увеличении тока возможен перегрев основного металла. Наплавку футеровочных плит выполняют порошковой лентой типа ПЛ-АН101 или ПЛ-АН102 открытой дугой. Вылет электрода устанавливают равным 70—80 мм. При токе 700—800 А коэффициент наплавки составляет 25—30 г/(А·ч) и достигается удовлетворительная производительность. Наплавку выполняют в три слоя при следующих режимах: первый слой — ток 650—700 А, напряжение дуги 28—30 В, скорость наплавки 35—40 м/ч,

шаг 12 мм; второй и третий слои — ток 750—800 А, напряжение дуги 32—34 В, скорость наплавки 55—60 м/ч, шаг 12 мм. Периодически после наплавки каждые 100—120 мм (по образующей) наплавку прекращают и деталь охлаждают до 60—80°С. Наплавочная установка состоит из манипулятора типа УСМ-5000 и наплавочного аппарата А-384МК или А-874МК, снабженных специальным мундштуком для подачи порошковой ленты.

22. Наплавка и сварка чугунных изделий

Наплавку и сварку чугунных изделий широко применяют при исправлении литейных дефектов отливок и при ремонте чугунных деталей, вышедших из строя вследствие износа или аварийного разрушения. Классификация способов наплавки и сварки изделий из чугуна представлена на рис. XI.43.

Перед началом ремонта чугунных деталей выявляют дефектные участки и устанавливают вид чугуна, из которого изготовлена деталь. Выявление трещин и других дефектов обычно проводят визуально, а у ответственных деталей — гидравлическим испытанием на плотность или с помощью керосина. При подготовке кромок к сварке концы обнаруженных трещин зашлифовывают, кромки трещины скашивают одно- или двусторонней разделкой с углом 70—90°. Скашивание кромок выполняют вручную слесарным или пневматическим зубилом, переносным наждачным кругом с гибким валом, а также обработкой на строгальном или фрезерном станках. Чугун вырубает тонкими слоями во избежание отколов; толщина стружки не должна превышать 0,8—1 мм. Во время подготовки кромок с места сварки тщательно удаляют свинец, олово, медь и т. п. Предварительной механической очистке подвергают поверхности ремонтируемой детали не только в месте расплавления металла, но и на расстоянии 30—50 мм по обе стороны от кромки шва.

При ацетилено-кислородной сварке в качестве присадочного металла используют чугунные прутки марок А и Б. Детали сложной формы с тонкими стенками из металла с мелкозернистой структурой рекомендуется сваривать прутками марки А диаметром 6—10 мм. Для тяжелых толсто-стенных деталей, подвергающихся длительному нагреву, следует применять прутки марки Б диаметром 8—16 мм. В качестве флюса применяют техническую безводную буру, флюс ФН4-1 и др. При сварке изделий, требующих получения особо плотного шва с гарантированным отсутствием пор в наплавленном металле, следует применять газообразные флюсы БМ-1, БМ-2 и т. п.

При газовой сварке чугуна по способу, разработанному ВНИИавтогенмашем (низкотемпературная сварка), флюс изготавливают в виде пасты. Пасту предварительно подогревают до 700°С и наносят на участок сварки. Присадочный пруток также по-

крывают пастой. Паста очищает свариваемый участок детали от окислов, загрязнений и обеспечивает соединение основного металла, не доведенного до состояния плавления, с расплавленным металлом чугунного прутка. Этот способ позволяет получить сварные соединения удовлетворительной плотности, небольшие остаточные напряжения и почти полное отсутствие трещин.

Электродуговую наплавку и сварку чугуна выполняют специальными электродами (табл. XI.72) с подогревом до 400—600°С (горячая сварка) или без подогрева (холодная сварка).

Режимы наплавки и сварки этими электродами приведены в табл. XI.73.

Заварку раковин или трещин в ковком чугуне более целесообразно выполнять в исходном состоянии до отжига (томления) отливок из белого чугуна в печи. При этом можно применять газовую и дуговую горячую сварку металлическими или угольными электродами. Изделие после сварки отжигают. Заварку ковкого чугуна после отжига выполняют газовой горелкой или электрической дугой электродами из медноникелевого сплава или УОНИ-13/55.

Горячая сварка чугуна может выполняться угольным электродом с применением присадочного металла — чугунных прутков типа А или Б. Для шлакования в качестве флюсов применяют буру кристаллическую, буру обезвоженную, буру с борной кислотой в соотношении 1:1 и буру с содой в соотношении 1:1. Сварку выполняют на постоянном токе обратной полярности. Режимы сварки угольными электродами приведены ниже:

Толщина металла, мм	6—10	10—20
Диаметр угольного электрода, мм	8—10	10—12
Сварочный ток, А	280—350	300—400

Продолжение

Толщина металла, мм	20—30	≥ 30
Диаметр угольного электрода, мм	12—16	16—18
Сварочный ток, А	350—500	350—600

Автоматическую и полуавтоматическую наплавку и сварку порошковой проволокой (метод разработан в ИЭС им. Е. О. Патона) проводят с использованием проволоки марок ПП4-1 и ПП4-2.

Электрошлаковую сварку выполняют пластинчатыми электродами из серого чугуна или чугунными плавящимися мундштуками, через которые подается стальная проволока. Сварочную ванну заполняют металлом, образуемым при расплавлении обычной стальной проволоки. Для получения нормальной структуры металла сварного шва необходимо увеличить содержание углерода и кремния в металле мундштука. Для электрошлаковой сварки чугуна применяют фторсодержащие флюсы, а также флюсы марок АН-22 и АН-10. Режимы электрошлаковой сварки чугуна приведены в табл. XI.74.

Т а б л и ц а X I.72

Характеристика материалов для наплавки и сварки чугуна (размеры и общие технические требования по ГОСТ 9466—75)

Тип наплавленного металла	Марка электрода	Твердость наплавленного металла НВ	Обрабатываемость наплавленного металла	Назначение	Примечание
У35С4Г, остальное железо	ОМЧ-1 (пруток марки Б с покрытием)	180—200	Хорошо обрабатывается режущим инструментом	Для сварки и наплавки изделий из чугуна с предварительным подогревом до 400—600°С	Ремонт чугунных изделий, заварка пороков литья методом горячей дуговой сварки, ремонт крупных изделий с тонкими стенками (рамы, станины и др.) полугорячей сваркой
Д35ГЖЗ, остальное никель и кобальт	МНЧ-1 (проволока марки НМЖМц с покрытием)	130—140	То же	Для сварки и наплавки чугуна без подогрева	Для ремонта и сварки чугунных изделий, когда допускается наличие разнородных материалов (чугуна и медноникелевого сплава). В целях экономии применяют для наплавки первого и последнего слоев
Д39Ж11	ОЗЧ-1 (пруток из меди марок МТ, М-2, М-3 с покрытием)	—	Возможна обработка инструментом из твердого сплава и абразивным	То же	Холодная дуговая заварка трещин на изделиях, требующих герметичности швов при малой толщине стенок (до 15—20 мм); заварка участков поверхности, требующих механической обработки
10Х5НЗ, остальное медь и железо	АНЧ-1 (проволока Св-04Х19Н9 или Св-04Х19Н9Т в оболочке меди и с покрытием)	—	Хорошо обрабатывается режущим инструментом	То же	Заварка трещин на чугунных изделиях при ремонте отливок, заварка несквозных раковин небольших размеров на механически обрабатываемых поверхностях
10Ф10, остальное железо	ЦН-4 (проволока Св-08 или Св-08А с покрытием)	—	Возможна обработка инструментом из твердого сплава	Для сварки деталей из чугуна с шаровидным и пластинчатым графитом и из этих чугунов со сталью	Заварка дефектов небольших размеров в деталях из высокопрочного и серого чугуна; наплавка первых слоев изношенных чугунных деталей (последующая наплавка — специальными электродами)
30С5Н50, остальное железо	ЦЧ-3А (проволока Св-08Н50 с покрытием)	—	Хорошо обрабатывается режущим инструментом	Для сварки чугуна с шаровидным и пластинчатым графитом	Холодная сварка поврежденных деталей и заварка дефектов в отливках
У40СЗМТ	ППЧ-2	160—200	То же	Для наплавки и сварки изделий из чугуна	Ремонт изделий из чугуна, заварка пороков литья методом горячей дуговой сварки

Таблица XI.73

Режимы наплавки и сварки чугуна

Марка элект- рода	Диаметр электрода, мм	Ток, А	Род тока	Положение швов при наплав- ке и сварке	Дополнительные сведения
ОМЧ-1	6	250—350	Переменный ток и по- стоянный ток обратной полярности	Нижнее	Сварку следует вести с подогревом до 400—600 °С короткими валиками длиной 30 мм и шириной, равной 2—3 диаметрам электрода, с перекрытием на 0,5 ширины предыдущего валика
	8	350—450			
	10	450—550			
МНЧ-1	3	90—110	Постоянный ток обрат- ной полярности	Нижнее, вертикальное и полупотолочное	Сварку следует выполнять предельно короткой дугой, неболь- шими участками. Каждый участок сразу после обрыва дуги рекомендуется проковывать. Возобновлять сварку только после охлаждения шва до 50—60 °С
	4	120—140			
	5	160—190			
ОЗЧ-1	3	90—110	То же	То же	То же
	4	125—140			
	5	160—190			
АНЧ-1	3,5	100—120	»	Нижнее и вертикальное	Сварку ведут короткими участками с проковкой в горячем состоянии сразу же после обрыва дуги; перед заваркой сле- дующего участка деталь охлаждают до 40—50 °С
ЦЧ-4	3	60—80	Переменный ток и посто- янный ток прямой по- лярности	То же	Сварку следует выполнять с минимальным проваром для уменьшения отбела в зоне сплавления и улучшения обраба- тываемости шва. Сварку ведут короткими участками 30— 60 мм. Возобновлять сварку можно после охлаждения шва до 50—60 °С. Рекомендуется проковывать наплавленный ме- талл
	4	90—110			
	5	120—150			
ЦЧ-3А	4	110—130	Постоянный ток обрат- ной полярности	Нижнее и вертикальное	Сваривать необходимо предельно короткой дугой небольшими участками 30—60 мм. Возобновлять сварку можно после охлаждения шва до 50—60 °С. Рекомендуется проковывать наплавленный металл в горячем состоянии. Сварку следует вести с минимальным проплавлением для уменьшения отбела в зоне сплавления; швы накладывают повторно-возвратными движениями электрода через каждые 20—30 мм
	5	140—160			
ППЧ-2	3	250—280	То же	То же	Сварку следует вести с защитой дуги углекислым газом или открытой дугой. Для изделий большой жесткости необходимо выполнять местный или общий предварительный подогрев

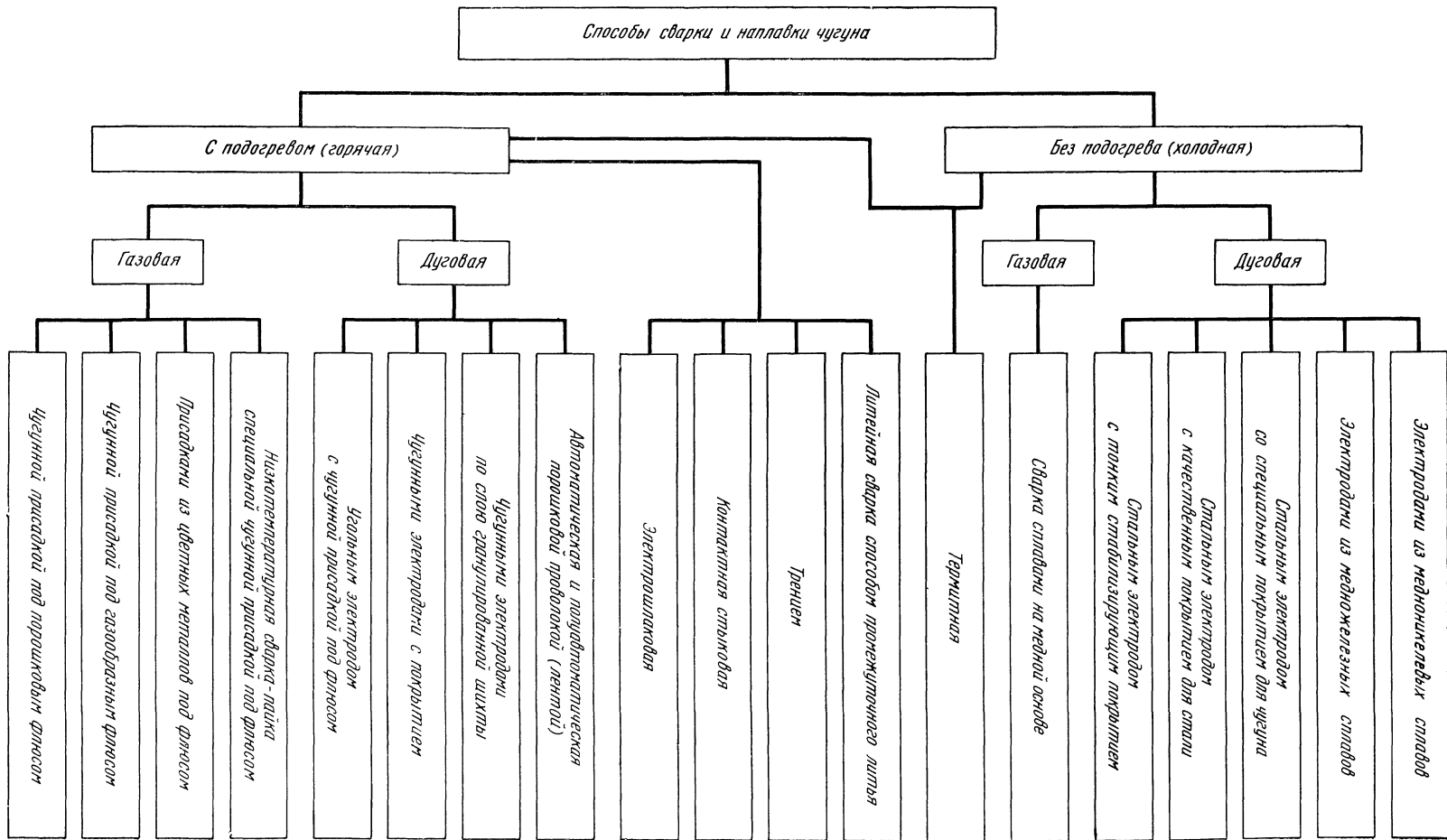


Рис. XI.43. Классификация способов сварки и наплавки чугуна

Т а б л и ц а X I . 7 4

Режимы электрошлаковой сварки чугуна

Способ сварки	Толщина, мм		Зазор, мм	Сварочный ток, А	Напряжение дуги, В	Глубина шлаковой ванны, мм
	свариваемого металла	пластины				
Пластинчатым электродом из серого чугуна	30—50	16—17	36—40	600—900	34—36	25—30
	55—65	17—18	35—42	850—900	40—47	30—35
	100—105	16—18	37—40	750—1050	34—36	25—30
	130—135	16—18	37—40	1600—2000	45—48	30—35
Плавящимся мундштуком	60	18	38—40	900—950	45—47	—

П р и м е ч а н и е. При сварке плавящимся мундштуком используют проволоку Св-10ГС.

При холодной сварке чугуна, выполняемой различными методами, в переходной зоне образуется разнородная структура. Слои чугуна, прилегающие к зоне шва, сильно отбеливаются; переходная зона делается твердой и хрупкой, склонной к растрескиванию и отслаиванию, с трудом обрабатывается режущим инструментом. Поэтому при холодной сварке стальными электродами часто свариваемый участок усиливают при помощи шпилек и анкерov. В ряде случаев рекомендуется минимальное проплавление. Например, при сварке высокопрочного чугуна с шаровидным графитом и серого чугуна электродами марок ЦЧ-4 и ЦЧ-3А рекомендуется минимальное проплавление во избежание отбеливания в зоне сплавления. С этой же целью применяют комбинированную сварку или наплавку двумя видами электрода. Первый и второй слои варят электродами марки МНЧ-1 с высоким содержанием никеля, а последующие — электродами марки ОЗЧ-1. Используют также предварительную наплавку чугуна в один—два слоя электродами ЦН-4 с последующей наплавкой электродами ЦЧ-3А и т. п.

При холодной сварке чугуна электродами из никелевых сплавов металл сварного шва обладает повышенной пластичностью. Никель не образует карбидов и хорошо сплавляется с железом; это предотвращает образование в зоне шва хрупких составляющих. Для холодной сварки чугуна применяют электроды следующих марок: МНЧ-1, ЦЧ-3А и др. Прочность сварного соединения ниже, чем после сварки стальными электродами, но возможна механическая обработка поверхности шва (отсутствует отбеленная прослойка).

Примером чугунных деталей, подвергающихся восстановлению наплавкой и сваркой, являются изложницы для разлива стали. Основной причиной выхода из строя изложниц является возникновение раковин (разгаров) на их внутренних стенках, продольных (реже поперечных) трещин и сколов у торцов. Разгар внутренних поверхностей происходит в результате частых смен нагрева и охлаждения изложниц. Разгар способствует росту чугуна, вызываемый окислением элементов и изменением структуры металла, что приводит к потере его

прочности и выкрашиванию отдельными участками. Многократные нагрев и охлаждение изложниц при потере их прочности и пластичности вследствие роста чугуна приводят к образованию и продольных трещин на внутренних поверхностях. Ремонт изложниц, испещренных крупными раковинами и трещинами, связан с наплавкой большого количества металла, усадка которого вызывает значительные напряжения.

Перед наплавкой поверхность раковины зачищают пневматическим зубилом, снимая слой горелого (окисленного) чугуна толщиной до 10 мм. Очищенную поверхность облицовывают вначале по периметру, после чего наплавляют сетку из валиков шириной 8—12 мм для уменьшения внутренних напряжений в переходном слое. Расстояние между соседними параллельными валиками 10—12 мм. Наплавку ведут электродами УОНИ 13/45 или СМ-11 диаметром 4—5 мм на постоянном токе обратной полярности. Облицованную таким образом раковину наплавляют отдельными участками размером 80×80 мм. Участки соединяют между собой только после их охлаждения до 80—100°С. В качестве электродного материала используют порошковую проволоку ППЧ-2, обеспечивающую получение наплавленного металла со структурой и свойствами серого чугуна. Наплавку осуществляют с помощью полуавтоматов открытой дугой на постоянном токе обратной полярности. Режим наплавки: ток 270—300 А, напряжение 28—30 В, скорость наплавки 12—14 м/ч, скорость подачи проволоки 107—137 м/ч, диаметр проволоки 2,8—3,2 мм. После заварки раковины поверхность наплавленного металла зачищают наждачным кругом заподлицо с внутренней стенкой изложницы.

Заварку трещин в изложницах производят с постановкой анкерov или скоб. Скобы приваривают к изложницам электродами УОНИ 13/45. В качестве электродного материала для заварки трещин используют проволоку ППЧ-2. Режим заварки: ток 240—270 А, напряжение 25—28 В, скорость наплавки 12—14 м/ч, скорость подачи проволоки 104—107 м/ч, диаметр проволоки 3,2 мм.

23. Наплавка бронзы на сталь

Сухари и камни шпиндельных соединений привода валков прокатных станков, гайки нажимных устройств рабочих клетей и другие ответственные детали обычно изготавливают из бронзы БрАЖ9-4 с механической обработкой. При этом значительная часть сплава уходит в стружку. Поэтому естественно стремление уменьшить расход бронзы. Метод изготовления биметаллических сухарей и других деталей вместо цельнолитых путем механизированной наплавки бронзы под слоем флюса на сталь, внедренный ИЭС им. Е. О. Патона на Коммунарском металлургическом заводе, позволяет решить эту задачу. Вместе с тем биметаллические детали отличаются повышенной работоспособностью, так как стальная сердцевина хорошо работает на изгиб, что повышает прочность изделий.

При этом методе сухарь отливают из стали 35Л и трущиеся поверхности наплавляют слоем бронзы. После механической обработки его нагревают под наплавку до температуры 350—400°С. Нагретый сухарь укладывают на стол-манипулятор. Предварительно к торцам сухаря ручным способом следует приварить выводные планки. Пространство между сухарем и флюсоудерживающим устройством заполняют флюсом, после чего сухарь готов к наплавке. После наплавки каждого валика и удаления шлаковой корки сухарь при помощи манипулятора смещают с оси мундштука на 8 мм с таким расчетом, чтобы один валик перекрывался другим на 50%. Ток 600—650 А, напряжение 32—35 В, скорость наплавки 20 м/ч. Оптимальные результаты обеспечиваются при применении электродной проволоки из бронзы марки БрАЖМц10-3-1,5 под флюсом АН-60.

Валики наплавляют по образующей цилиндрической части сухаря и вдоль его большой оси. В центральное отверстие предварительно запрессовывают выточенную бронзовую втулку. Затем сухарь обрабатывают на строгальном, токарном, расточном и фрезерном станках, после чего он готов к эксплуатации. Наплавку осуществляют в три слоя общей толщиной 12—15 мм. Продолжительность наплавки одной детали 24 ч. Твердость наплавленной бронзы в третьем слое НВ145. После наплавки сухарь укладывают в ящик с песком для медленного охлаждения.

Для наплавочных работ применяют автомат А-513. При наплавке лентой используют специальную приставку, которую крепят к наплавочному автомату. Питание дуги осуществляют от двух сварочных преобразователей ПС-500, соединенных параллельно.

24. Дефекты, возникающие при наплавке

Основными видами дефектов, возникающих при наплавке, являются трещины, поры, шлаковые включения, непровары.

К р и с т а л л и з а ц и о н н ы е (г о р я

ч и е) трещины возникают в процессе кристаллизации металла наплавленного валика. Направление этих трещин в основном совпадает с направлением роста столбчатых кристаллов. Они имеют ясно выраженный межкристаллитный характер. Известно, что охлаждение наплавленного металла сопровождается возникновением растягивающих напряжений при температурах, близких к температуре кристаллизации. Причинами возникновения этих напряжений являются неравномерный нагрев массивного изделия и литейная усадка самого наплавленного металла. Как показали исследования, деформация растяжения при высоких температурах не превышает 0,5%. Предупредить или значительно уменьшить напряжения растяжения при кристаллизации можно предварительным подогревом наплаваемого изделия и устранением концентраторов деформации (в первую очередь прослоек сульфидной и ледебуритной эвтектики).

Многие детали наплавляют под низкокремнистым флюсом. Этот флюс способствует росту разветвленных дендритов, а следовательно, образованию разобценных жидких микрообъемов. Поэтому обязательным элементом технологического процесса механизированной наплавки этих деталей является предварительный подогрев. При применении подогрева уменьшается скорость охлаждения наплавленного изделия, вследствие чего ослабляется дендритная ликвация и увеличивается продолжительность кристаллизации, так как замедляется скорость возникновения растягивающих напряжений.

Околошовные трещины могут возникать на участке с крупным зерном зоны термического влияния, вблизи границы наплавленного валика. Основная причина образования этих трещин при наплавке высоколегированной стали — напряженное состояние, возникающее в результате сочетания напряжений, вызванных неравномерным нагревом жесткого изделия, и структурных напряжений в зоне термического влияния сварки. Образование в околошовной зоне мартенсита обуславливает возникновение напряжений сжатия. Ускоренное охлаждение наплавленного валика вызывает появление напряжений растяжения. Градиент напряжений вблизи зоны сплавления становится так велик, что при недостаточной прочности металла возникают трещины. Радикальный метод борьбы с околошовными трещинами — предварительный подогрев детали.

Т е р м и ч е с к и е (х о л о д н ы е) трещины образуются в процессе охлаждения наплавленного изделия под действием остаточных напряжений вследствие невысокой пластичности и низкого сопротивления отрыву высоколегированной стали. Мерой предупреждения трещин и в этом случае служит предварительный сквозной подогрев наплаваемого изделия, а также замедленное охлаждение его после наплавки (в термосах). При медленном охлаждении наплавленный слой сокращается вместе с телом изделия и термические трещины не

Таблица XI.75

Разрешающая способность и область применения различных методов контроля качества наплавки

Метод контроля	Способы наплавки	Выявляемые дефекты	Примерные размеры выявляемых дефектов	Рекомендуемая область применения
Внешний осмотр шва	Любой	Дефекты формирования наплавленного металла, подрезы, наружные трещины и поры, прожоги	$\geq 0,3-0,5$ мм	Контроль всех наплавленных деталей
Проверка размеров наплавленного металла	Плавлением	Недостаточная или излишняя толщина слоя, его смещение	Согласно техническим условиям	Контроль расчетных размеров наплавленных деталей машин и механизмов
Люминесцентный метод	Любой	Наружные трещины, поры и рыхлости	По высоте шва 0,03—0,04 мм, по ширине 0,01 мм	Контроль высоколегированного аустенитного наплавленного металла, меди и ее сплавов, алюминия и алюминиевых сплавов
Технологические пробы на излом, загиб и скручивание; контроль швов засверловкой	»	Внутренние макродефекты швов (трещины, несплавления, поры, шлаковые включения, непровары и др.)	0,3—0,5 мм	Проверка квалификации наплавщиков, выбранной технологии (режима) наплавки, наплавочных материалов (электродов, флюса, защитных газов)
Механические испытания наплавленных образцов на различные виды нагрузок	»	Внутренние макродефекты наплавленного слоя	Согласно техническим условиям	То же
Металлографические исследования структуры наплавленного металла	»	Внутренние микро- и макродефекты наплавленного слоя. Структурная неоднородность в шве или околошовной зоне	При исследовании макроструктуры—дефекты $>0,5$ мм, микроструктуры — более мелкие дефекты, неоднородность строения и структура закалки	Проверка выбранной технологии (режима) наплавки и последующей термообработки. Проверка сварочных материалов. Выборочные исследования контрольных образцов
Испытание коррозионной стойкости наплавленных образцов	Любой, при работе в агрессивных средах	Степень стойкости наплавленного металла против коррозии	Согласно техническим требованиям	Проверка квалификации наплавщиков, наплавочных материалов и выбранной технологии наплавки
Магнитографический	Плавлением	Наружные и внутренние трещины, непровары, подрезы, цепочки и скопления газовых пор и шлаковые включения	Макротрещины, остальные дефекты глубиной 3—5% толщины наплавки	Сплошной или выборочный контроль наплавленных деталей
Просвечивание наплавленных металлов рентгеновскими лучами	»	Внутренние макродефекты (трещины, непровары, подрезы, поры, шлаковые включения)	1—3% толщины наплавленного слоя	Сплошной или выборочный контроль деталей ответственного назначения
Просвечивание наплавленных металлов гамма-лучами радиоактивных изотопов	»	То же	3—6% толщины наплавленного слоя	То же
Электромагнитный	»	Непровары, цепочки газовых пор и шлаковые включения	Внутренние дефекты размером около 10% толщины наплавленного слоя	Сплошной или выборочный контроль плоских наплавленных деталей
Ультразвуковой	Плавлением и электроконтактный	Внутренние трещины, непровары, газовые поры и шлаковые включения	Макротрещины и другие дефекты размером 3—5% толщины наплавленного слоя	Сплошной или выборочный контроль деталей ответственного назначения

возникают. Чем массивнее наплавляемое изделие, тем меньше должна быть скорость его охлаждения.

Поры при наплавке под флюсом в основном образуются в результате растворения водорода в жидком металле в зоне высоких температур и выделения пузырьков водорода в момент кристаллизации металла вследствие скачкообразного падения растворимости при переходе в твердое состояние. Водород поступает в дугу из влажного флюса, из ржавчины на поверхности изделия или проволоки, а также из металла, где он всегда содержится в небольшом количестве. Иногда причиной возникновения пор может быть процесс растворения и выделения азота. Пузырьки газа, не успев всплыть на поверхность до завершения кристаллизации, образуют поры. Удалению газов, а следовательно, уменьшению пористости наплавленного валика способствует уменьшение скорости охлаждения расплавленного металла и скорости перемещения дуги. Весьма радикальным методом является введение в состав сердечника порошковой электродной проволоки кремнефтористого натрия Na_2SiF_6 . При температурах выше 450°C это соединение разлагается по уравнению $\text{Na}_2\text{SiF}_6 \rightarrow 2\text{NaF} + \text{SiF}_4$. Создается мощный поток тетрафторида кремния, и азот вытесняется из дугового промежутка. Водород же химически связывается с образованием HF . В результате основные агенты, обуславливающие поры, устраняются.

Шлаковые включения образуются в результате неполного удаления шлаковой корки из трудно доступных мест, что является следствием неправильной техники наплавки. Заклинивание шлака и подвороты приводят к тому, что шлак полностью не удаляется, а заваривается. В связи с этим при обточке выявляются недопустимые шлаковые включения.

Непровары выявляются в виде тонких извилистых полосок при обточке детали. Причина непроваров — неправильный выбор режима наплавки, вследствие чего наблюдаются подвороты. Для предупреждения подворотов и непроваров необходимо в процессе наплавки следить за формой наплавленного валика и показаниями регистрирующих приборов. Так, колебания в химическом составе металла отдельных мотков проволоки или изменения ее диаметра могут вызвать заметное изменение режима наплавки при установке нового мотка проволоки взамен израсходованного. Во избежание появления дефектов режим наплавки следует корректировать и поддерживать постоянным.

25. Контроль качества наплавки

Качество наплавки зависит от качества исходных материалов, исправности наплавочной аппаратуры, выбранного режима наплавки и квалификации наплавщика. Поэтому при наплавочных работах осуществляют предварительный, текущий и последующий контроль.

При предварительном контроле проверяют исходные материалы, соответствие наплавленного металла металлу изделия и условиям эксплуатации, исправность наплавочной аппаратуры и приспособлений, установленный режим наплавки, температуру предварительного подогрева, соответствие квалификации наплавщика сложности работы, наличие деформации в изделии, подготовку изделия под наплавку.

При текущем контроле, выполняемом в процессе наплавки, проверяют режим и технологию наплавки, размеры наплавленного слоя, характер плавления присадочного металла, наличие видимых дефектов, отделимость шлака, перегрев изделия.

При последующем контроле (после наплавки) проверяют наличие внешних и внутренних дефектов (раковин, шлаковых включений, пор, трещин, недоливов, непроваров и др.), деформацию, твердость, прочность, однородность структуры, химический состав, износостойкость.

Допустимость того или иного дефекта регламентируется техническими условиями для данного изделия. В табл. XI.75 приведены сведения о методах контроля качества наплавки, их разрешающей способности и области применения.

Библиографический список

- Акулов А. И., Бельчук Г. А., Демьянцевич В. П. Технология и оборудование сварки плавлением. М., «Машиностроение», 1977. 432 с. ил.
- Багрянский К. В., Добротина З. А., Хренов К. К. Теория сварочных процессов. Киев, «Вища школа», 1976. 306 с. ил.
- Бельфор М. Г., Патон В. Е. Оборудование для дуговой и шлаковой сварки и наплавки. М., «Высшая школа», 1974, 196 с. ил.
- Волжин Г. Н., Ровках С. Е., Вердников В. Г. Восстановление изношенных деталей строительных машин. М., Стройиздат, 1968. 240 с. ил.
- Доценко Н. И. Восстановление автомобильных деталей сваркой и наплавкой. М., «Транспорт», 1972. 93 с. ил.
- Думов С. И. Технология электрической сварки плавлением. Л., «Машиностроение», 1978. 368 с. ил.
- Индукционная наплавка твердых сплавов. М., «Машиностроение», 1970. 184 с. ил. Авт.: В. Н. Ткачев, Б. М. Фиштейн, Н. В. Казанцев и др.
- Контроль качества сварки. Под ред. В. Н. Волченко. М., «Машиностроение», 1975. 328 с. ил.
- Кравцов Т. Г. Электродуговая наплавка электродной лентой. М., «Машиностроение», 1978. 168 с. ил.
- Лившиц Л. С., Гринберг Н. А., Куркумелли Э. Г. Основы легирования наплавленного металла. М., «Машиностроение», 1969. 188 с. ил.
- Николаев Г. А., Ольшанский Н. А. Специальные методы сварки. М., «Машиностроение», 1975. 232 с. ил.
- Пацкевич И. Р. Вибродуговая наплавка. М., Машгиз, 1958. 170 с. ил.

Походня И. К. Газы в сварных швах. М., «Машиностроение», 1972. 255 с. с ил.

Походня И. К., Суптель А. М., Шлепаков В. Н. Сварка порошковой проволокой. Киев, «Наукова думка», 1972. 222 с. с ил.

Прох Л. И., Шпаков Б. М., Яворская Н. М. Справочник по сварочному оборудованию. Киев, «Техника», 1978. 406 с. с ил.

Разиков М. И. Автоматическая наплавка в среде углекислого газа. М., Машгиз, 1962. 208 с. с ил.

Разиков М. И., Толстов И. А. Справочник мастера наплавочного участка. М., «Машиностроение», 1966. 200 с. с ил.

Рыкалин Н. Н. Расчеты тепловых процессов при сварке. М., Машгиз, 1963. 292 с. с ил.

Самсонов Г. В., Эпик А. П. Тугоплавкие покрытия. М., «Металлургия», 1973. 406 с. с ил.

Сварка и резка в промышленном строительстве. Справочник монтажника. Под ред. Б. Д. Малышева. М., Стройиздат, 1980. 786 с. с ил.

Сварка в машиностроении. Т. 2. Справочник под ред. А. И. Акулова. М., «Машиностроение», 1978. 462 с. с ил.

Справочник по сварке. Т. 3. Под ред. В. А. Винокурова. М., «Машиностроение», 1970. 458 с. с ил.

Справочник по сварке. Т. 4. Под ред. А. И. Акулова. М., «Машиностроение», 1971. 416 с. с ил.

Справочник сварщика. Под ред. В. В. Степанова. М., «Машиностроение», 1974. 501 с. с ил.

Сторожик Д. А., Тылкин М. А., Гребен

ник В. М. Изготовление и эксплуатация загрузочных устройств доменных печей. М., «Металлургия», 1973. 320 с. с ил.

Технология электрической сварки металлов и сплавов плавлением. Под ред. Б. Е. Патона. М., «Машиностроение», 1974. 768 с. с ил.

Тылкин М. А. Прочность и износостойкость деталей металлургического оборудования. М., «Металлургия», 1965. 348 с. с ил.

Тылкин М. А. Повышение долговечности деталей металлургического оборудования. М., «Металлургия», 1971. 608 с. с ил.

Фрумин И. И., Юзвенко Ю. А., Лейначук Е. И. Технология механизированной наплавки. М., «Высшая школа», 1964. 304 с. с ил.

Фрумин И. И. Автоматическая электродуговая наплавка. Харьков, Металлургиздат, 1961. 421 с. с ил.

Шварцер А. Я. Электрошлаковая наплавка. Донецк, Книжное издательство, 1962. 52 с. с ил.

Шехтер С. Я. Восстановление оборудования механизированной наплавкой. М., «Металлургия», 1965. 136 с. с ил.

Шехтер С. Я., Шварцер А. Я. Наплавка деталей металлургического оборудования. Справочник. М., «Металлургия», 1981. 160 с. с ил.

Электроды для дуговой сварки и наплавки. Каталог под ред. И. И. Фрумина. Киев, «Наукова думка», 1967. 350 с. с ил.

Юзвенко Ю. А., Кирилюк Г. А. Наплавка порошковой проволокой. М., «Машиностроение», 1973. 47 с. с ил.

Юзвенко Ю. А. Наплавка. Киев, «Наукова думка», 1976. 69 с. с ил.

Глава XII

УПРОЧНЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ ПЛАСТИЧЕСКИМ ДЕФОРМИРОВАНИЕМ ПОВЕРХНОСТИ

Упрочнение деталей пластическим деформированием поверхности применяют в основном для повышения их усталостной прочности, контактной выносливости и износостойкости; существенное значение имеет и достижение более высоких классов шероховатости поверхности деталей за счет поверхностного деформирования. Этому способствуют уменьшение высоты шероховатости и сглаживание формы микронеровностей в результате деформирования. Поэтому детали, обработанные пластическим деформированием поверхности, имеют значительно более высокую несущую способность, чем детали, не подвергнутые этому виду упрочняющей обработки.

Наиболее распространенным способом упрочнения пластическим деформированием поверхности является обкатка деталей

роликами. В то же время определенное распространение в технике получили обкатка пружинящими шариками, упрочнение дробеструйным и центробежно-шариковым наклепом, упрочнение чеканкой. В последние годы все шире применяется поверхностная термомеханическая обработка. Основные виды поверхностного упрочнения пластическим деформированием схематически показаны на рис. XII.1.

1. Обкатка деталей роликами

Технологические параметры обкатки роликами

Деформация металла при обкатке начинается с вдавливания ролика в поверхность детали. Исходный контакт ролика с де-