



В.В. Ельцов

РЕМОНТНАЯ СВАРКА И НАПЛАВКА ДЕТАЛЕЙ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ



Министерство образования и науки Российской Федерации
Тольяттинский государственный университет
Институт машиностроения
Кафедра «Проектирование и эксплуатация автомобилей»

В.В. Ельцов

РЕМОНТНАЯ СВАРКА И НАПЛАВКА ДЕТАЛЕЙ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ

Учебное пособие
по дисциплинам «Ремонтная сварка и наплавка
деталей машин и механизмов» и «Основы восстановления
деталей и ремонт автомобилей»

Тольятти
Издательство ТГУ
2012

УДК 621.791
ББК 34.641
Е585

Рецензенты:

д.т.н., профессор Волжского университета имени В.Н.Татищева

С.В. Краснов;

к.т.н., доцент Тольяттинского государственного университета

Г.В. Мураткин.

Е585 Ельцов, В.В. Ремонтная сварка и наплавка деталей машин и механизмов : учеб. пособие по дисциплинам «Ремонтная сварка и наплавка деталей машин и механизмов» и «Основы восстановления деталей и ремонт автомобилей» / В.В. Ельцов. – Тольятти : Изд-во ТГУ, 2012. – 176 с. : пер.

В состав учебного пособия включены модули, связанные с классификацией восстанавливаемых изделий в зависимости от условий их работы, а также приведены материалы для ремонтно-восстановительной и износостойкой наплавки. Дано представление о сущности различных способов ремонтной сварки и наплавки изделий из конструкционных материалов, обобщены материалы собственных исследований автора и других исследователей и практиков. Приведены способы упрочнения и восстановления геометрии поверхности изделий, а также способы повышения износостойкости деталей машин электродуговой наплавкой. Рассмотрены конкретные примеры восстановления деталей автомобилей и тракторов.

Учебное пособие предназначено как для помощи студентам в усвоении читаемого курса, обучающимся по направлению 190600.62 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов», профиль «Автомобили и автомобильное хозяйство» (бакалавр) всех форм обучения, так и для аспирантов и научных работников, занимающихся исследованиями в области реновации и инженерии поверхностей.

УДК 621.791
ББК 34.641

Рекомендовано к изданию научно-методическим советом Тольяттинского государственного университета.

ISBN 978-5-8259-0686-7

© ФГБОУ ВПО «Тольяттинский
государственный университет», 2012

От автора

Уважаемые студенты!

Прежде чем приступить к изучению предлагаемого курса, рекомендую вам ознакомиться с нижеприведенной информацией, раскрывающей основные положения, касающиеся как самого изучаемого курса, методики и условий преподавания, так и взаимоотношений преподавателя и студентов в процессе его освоения, получения соответствующих результатов обучения (компетенций). Надеюсь, что эта информация поможет ответить на ряд вопросов, возникающих у вас и в самом начале пути обучения, и по мере его окончания.

1. Информация о курсе

- *Что студенты должны и хотят знать о курсе*

Курс (дисциплина) «Ремонтная сварка и наплавка деталей машин и механизмов» предлагается для изучения студентам, обучающимся по направлению подготовки 190600.62 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов» по профилю «Автомобили и автомобильное хозяйство» (бакалавр) всех форм обучения. На вопрос «зачем это изучать?» могу ответить так. Во-первых, мировые тенденции в области производства и эксплуатации транспортных средств направлены на развитие энерго- и ресурсосберегающих технологий, одной из которых является восстановление и упрочнение изношенных деталей сваркой и наплавкой. Во-вторых, практически любое автотранспортное предприятие, на котором вам придется вести трудовую деятельность, имеет в своей структуре цех (участок) ремонта, где, как правило, сварочные технологии занимают не последнее место, и знание информации из предлагаемого курса и умелое ее использование гарантируют вам статус компетентного специалиста.

- *Условия для прохождения курса*

Для изучения данного курса либо специальных условий не требуется. Нужно знание компьютера в рамках пользователя для выполнения виртуальных лабораторных или практических работ, работы в сети Интернет для отыскания полезной информации в рамках самостоятельной работы студента по учебному плану.

2. Информация о преподавателе

- *Что я хочу рассказать студентам о себе. Мой интерес к предмету. Моя философия обучения*

Моя трудовая деятельность началась с рабочей профессии станочника-инструментальщика на ОАО «АВТОВАЗ». Вуз – ТГУ –

я окончил по специальности «Оборудование и технология сварочного производства», защитил кандидатскую диссертацию в Москве в МГТУ им. Н.Э. Баумана по проблеме ремонтной сварки изделий из магниевых сплавов. Научное направление моей деятельности и дальнейшая защита диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук связаны с технологиями ремонтной сварки и наплавки изделий из сплавов алюминия и магния трехфазной дугой в среде аргона. Научно-педагогический стаж работы в вузе составляет более 30 лет. За это время было подготовлено достаточно много учебно-методических и научных работ, связанных с решением проблем подготовки кадров, разработки новых технических и технологических задач в области восстановления и упрочнения деталей машин и оборудования.

Мой интерес к предмету, изучаемому вами в этом курсе, обуславливается пониманием его значимости с точки зрения экономической эффективности технологических процессов восстановления и упрочнения деталей машин по сравнению с изготовлением новых изделий. Кроме того, именно этот предмет, как никакой другой, охватывает практически все технологические операции, существующие в области машиностроения, начиная от операций подготовки и заканчивая контролем качества готовой продукции. Сюда включаются и новейшие разработки в области материаловедения, нанесения покрытий (в том числе наночастицами), термическая и механическая обработка, новейшие достижения в области сварки и наплавки.

Моя философия обучения заключается в следующем: «Научиться чему-либо можно, только лишь делая это». Поэтому я постоянно занимаюсь научной работой с аспирантами и студентами, создавая новые элементы технической и технологической культуры и продолжая свое обучение.

3. Цели и задачи курса

Цель – способствовать формированию профессиональной компетенции ПК-3, предусмотренной ГОС для бакалавров, а именно: уметь разрабатывать техническую документацию и методические материалы, предложения и мероприятия по осуществлению технологических процессов ремонта узлов и отдельных элементов транспортных и транспортно-технологических машин различного назначения.

Задачи:

- 1) дать представление о методах, материалах и оборудовании для ремонтной сварки и наплавки деталей машин и механизмов;

- 2) привить навыки составления карт технологических процессов восстановления и упрочнения поверхностей электродуговыми способами;
- 3) развить умение принятия обоснованных решений при разработке технической и технологической документации.

В результате изучения курса студент должен

- **знать:**

- 1) сущность электродуговых процессов, применяемых для реновации изделий и инженерии поверхностей;
- 2) характеристики дефектов изделий и методы их устранения;
- 3) способы, устройства и материалы для ремонтной сварки и наплавки изделий из конструкционных материалов;
- 4) преимущества и недостатки способов восстановления геометрии изделий и устранения дефектов;

- **уметь:**

- 1) выбирать наиболее эффективный метод ремонта детали;
- 2) выбирать требуемый материал для восстановления и упрочнения поверхности детали;
- 3) определять характеристики детали на ремонтную пригодность;
- 4) составлять карты технологического процесса ремонтной сварки или наплавки поверхности изделий;
- 5) выдавать необходимые рекомендации и принимать обоснованные решения в ремонтно-восстановительном процессе;

- **обладать компетенциями:**

- 1) разработки технической документации и методических материалов, предложений и мероприятий по осуществлению технологических процессов ремонта узлов и отдельных элементов транспортных и транспортно-технологических машин различного назначения (ПК-3);
- 2) проведения технико-экономического анализа, комплексного обоснования принимаемых и реализуемых решений, изыскания возможностей сокращения цикла проводимых работ, содействия подготовке процесса их выполнения и обеспечения их необходимыми техническими данными, материалами, оборудованием (ПК-4).

4. Содержание курса

- **Что студенты уже знают о данном предмете, как можно это использовать**

Студенты, приступая к изучению настоящего курса, уже имеют представление о конструкции автомобилей, устройстве двигателей

внутреннего сгорания, условиях эксплуатации автомобилей и тракторов АТП. Они знают конструкционные материалы, из которых изготавливают все детали и узлы транспортных средств, умеют определить причины отказа того или иного агрегата автомобиля. Эти знания и умения можно использовать в предлагаемом курсе в той его части, которая касается определения вида и степени износа автомобильных деталей. Такие сведения обусловят выбор способа восстановления или упрочнения детали, назначение наплавочного материала для конкретной технологической операции восстановления эксплуатационных свойств изделия.

• ***Как изучаемый курс соотносится с другими курсами по данному предмету. Почему он полезен студентам***

Данный курс соотносится с курсом «Основы восстановления деталей и ремонт автомобилей» и является его логическим продолжением в плане получения и углубления знаний и приобретаемых компетенций в области реновации и инженерии поверхностей деталей и узлов автомобильного транспорта. Этот курс полезен студентам с практической точки зрения, поскольку именно сварка и наплавка являются основными методами восстановления геометрических размеров и улучшения эксплуатационных свойств изношенных деталей. Именно технологические процессы ремонтной сварки и наплавки как наиболее эффективные, в отличие от всех других способов восстановления и упрочнения деталей машин, занимают доминирующее положение в ремонтном производстве.

• ***Содержание курса, распределение основных тем***

Содержание курса делится на четыре модуля.

Модуль 1. Характеристика способов наплавки и восстанавливаемых изделий.

Модуль 2. Ручная ремонтная сварка и наплавка.

Модуль 3. Механизированные способы восстановления деталей.

Модуль 4. Ремонт деталей автомобилей и тракторов сваркой и наплавкой.

Логика распределения материала курса подчинена дедуктивному методу, т. е. сначала следуют общие сведения о процессах, устройствах и материалах, применяемых для реновации и инженерии поверхностей, а затем рассматривается их применение в отдельных частных случаях практического использования ремонтных технологий для деталей автомобилей и тракторов.

5. Структура курса

• ***Как построен курс: лекции, дискуссии, лабораторные работы, семинары***

Курс «Ремонтная сварка и наплавка деталей машин и механизмов» включает лекции, семинары-конференции по результатам самостоятельной работы студентов и практические работы в виртуальной среде. Практическая работа по составлению карты технологического процесса восстановления той или иной детали будет проводиться студентами на компьютере с помощью обучающей программы-тренажера «НАПЛАВКА». Самостоятельная работа под контролем преподавателя заключается в создании слайд-шоу по заданной тематике в программе PowerPoint с последующей презентацией его перед группой студентов.

• ***В каком виде и какой последовательности будет организован материал***

Материал курса излагается преподавателем на лекциях в течение семестра. Параллельно проводятся практические работы по программе «НАПЛАВКА». Семинары-конференции по материалам самостоятельной работы будут организованы в конце семестра.

6. Подходы к преподаванию

• ***Методы взаимодействия преподавателя со студентами***

В процессе работы со студентами в рамках этого курса будут применяться следующие методы взаимодействия: преподаватель – студент, студент – студент, студент – лаборант. Причем первые два метода будут использоваться во время аудиторных занятий на лекциях, когда сами студенты будут представлять выполненную самостоятельную работу перед группой сокурсников. Второй вид взаимодействия характерен при выполнении виртуальных лабораторных работ.

7. Учебные задания и их оценивание

• ***Деятельность студентов в течение курса: задания, тесты, соответствующие его задачам***

Пример учебного задания и его оценка

Задания для самостоятельной работы под контролем преподавателя

1. Материалы представить преподавателю в виде презентаций в PowerPoint и отдельно текстовый файл в Microsoft Word.
2. Докладывать материалы перед группой студентов в форме конференции во время аудиторных занятий.
3. Результаты докладов оцениваются по пяти критериям:
 - соответствие теме (0-1-2);
 - новизна и полнота информации (0-1-2);
 - своевременность выполнения (0-1-2);

- качество оформления слайдов (0-1-2);
 - качество доклада (0-1-2).
4. При условии получения 6...7 единиц по всем критериям презентация оценивается «удовлетворительно»; 8...9 баллов – «хорошо» и 10 баллов – «отлично».
5. Студентам, получившим оценки «хорошо» и «отлично» зачет по дисциплине ставится автоматически при условии выполнения практических работ по программе «НАПЛАВКА».
6. Студенты, не подготовившие презентацию, не допускаются к сдаче зачета как не выполнившие учебный план.

№ п/п	Задание	Студент	Срок исполнения	Подпись
Группа				
1	Технология и оборудование для восстановления и упрочнения способами сварки и наплавки деталей автомобилей и тракторов: Рама тракторов и автомобилей (грузовой а/м, автобус, прицеп, гусеничный, колесный трактор)	Иванов Иван Иванович	05.05.2012	

8. Политика курса

• Что ожидается от студентов: посещение, участие в работе семинаров, конференций, ответственность за усвоение материала

В первую очередь от студента ожидается заинтересованность в выполнении индивидуального задания, поскольку их тематика полностью соответствует задачам, решаемым в профессиональной сфере. Более того, ожидается некоторая конкуренция, в некоторой степени соревнование при выполнении этих работ, так как каждый студент представляет работу перед своими же коллегами. К тому же в процессе выполнения индивидуального задания каждый студент самостоятельно через мировую информационную сеть может отыскать самые новые, самые перспективные технические решения в профессиональной области и предъявить их преподавателю и сокурсникам, обеспечив себе информационный приоритет и соответствующие преференции при оценке работы.

Заинтересованность и ответственность студента за усвоение материала курса в значительной степени определяются и практи-

ческой работой с обучающей компьютерной программой-тренажером «НАПЛАВКА». Она позволит студенту при неоднократном выполнении типовых технологических задач получить навыки составления карт технологического процесса восстановления деталей машин.

9. Ресурсы, методические материалы, ТСО

- *Методические материалы, используемые в течение курса: электронные базы данных, компьютеры, веб-страницы, программное обеспечение, аудио- и видеоаппаратура*

При изучении курса будут использоваться электронные наглядные учебные пособия, имеющиеся в научной библиотеке ТГУ (например: Ельцов, В.В. Оборудование для восстановления и упрочения деталей машин и аппаратов: наглядное учебное пособие / В.В. Ельцов // [CD]: альбом презентаций. –Тольятти : ТГУ, 2009. – 702 Мб), а также информационные базы интернет-сайтов предприятий и организаций соответствующего профессионального направления. Для выполнения виртуальных лабораторно-практических работ будет использован компьютерный класс с разработанным программным обеспечением (например, обучающая программа-тренажер «НАПЛАВКА»).

Для проведения лекций преподавателем и презентаций студентами выполненных самостоятельных работ будет применяться компьютер с видеопроектором.

10. Советы по изучению курса. Взаимодействие преподавателя и студента во время обучения

- *Как достичь наибольшего успеха в освоении курса. Трудности, обычно возникающие при изучении этого предмета. Связь с преподавателем по электронной почте*

Основная трудность в том, что лекционные и практические занятия начинаются одновременно и поэтому для выполнения виртуальных лабораторных работ у студента не хватает знаний. Затруднение преодолевается интенсивными консультациями с преподавателем в процессе выполнения работы. В ряде случаев трудность заключается в поиске информации и оформлении результатов самостоятельной работы. Проблема решается при выполнении индивидуальной самостоятельной работы на одной из первых лекций, когда преподаватель выдает задания.

Введение

Экономические и технологические предпосылки возникновения ремонтных технологий

Почему возникла необходимость в восстановлении изношенных деталей машин и аппаратов? Когда эта проблема стала настолько актуальной, что ей посвящаются специальные курсы дисциплин в сфере высшего образования, проводятся научные конференции, издаются научные труды? Какова эффективность этих процессов и какие сложности возникают при их реализации? Ответы на эти и аналогичные вопросы можно получить, если рассматривать проблемы восстановительной ремонтной сварки и наплавки с точки зрения экономики.

Для восстановления изношенных деталей машин и аппаратов, а также для нанесения слоев на поверхность деталей с особыми свойствами в промышленности применяют различные способы:

- электролитическое металлопокрытие – осаждение металла с образованием покрытия на поверхности изделия при пропускании тока между анодом и катодом, например никелирование, хромирование;
- химическое металлопокрытие – образование покрытия за счет осаждения ионов металла из водного раствора без применения электрического тока;
- горячее металлопокрытие погружением – образование покрытия при погружении изделия в ванну расплавленного металла;
- диффузионное насыщение слоя металла при высокой температуре в специальной среде (как разновидности могут быть: цементация – насыщение углеродом; азотирование – образование нитридного слоя; нитроцементация);
- вакуумное осаждение ионов;
- эмалирование – нанесение глазури и обжиг;
- наплавка – нанесение слоя расплавленного металла на оплавленную металлическую поверхность путем плавления присадочного материала теплотой газового пламени, электрической или плазменной дуги;
- плакирование – получение слоев, соединенных между собой способами прокатки, сварки взрывом или литьем;
- напыление – образование на поверхности изделия покрытия из нагретых до плавления или близкого к нему состояния частиц распыляемого материала с использованием теплоты сжигаемого газа или электрического разряда в газовых средах.

Экономическая целесообразность ремонта обусловлена тем, что около 45% деталей машин, поступающих в ремонт, изношены в допустимых пределах и могут быть использованы повторно, а около половины деталей могут быть использованы после восстановления при его себестоимости 15...30% цены новых деталей. Только 5...9% деталей не подлежат восстановлению. Восстановление деталей является основным источником экономической эффективности ремонта, технически обоснованным и экономически оправданным мероприятием.

Восстановление деталей позволяет ремонтно-обслуживающим предприятиям и мастерским хозяйств сократить время простоя машин в ремонте, повысить качество их технического обслуживания, положительно влияет на улучшение показателей надежности и использования машин. Установлено, что 85% деталей теряют работоспособность при износе, не превышающем 0,2...0,3 мм. Это подтверждают значительные размеры ремонтного фонда и целесообразность его восстановления.

Во времена регулируемой советской экономики проводилась планомерная работа по созданию производств, занимающихся восстановлением деталей. Эта работа была тесно увязана с развитием ремонтной базы страны. Солидная финансовая поддержка со стороны государства обеспечивала динамику роста объемов восстановления на ремонтных предприятиях (табл. 1.1). Лучшие показатели были достигнуты в 1986 году, когда удельный вес восстановленных деталей в общем объеме поставок новых запасных частей составлял до 19%. Например, ежегодный экономический эффект от восстановления деталей только для Госагропрома составлял более 300 млн руб. В настоящее время удельный вес восстановленных деталей в общем объеме поставок новых запасных частей только лишь по данным АПК составляет около 8%.

Таблица 1.1

*Восстановление деталей на ремонтных предприятиях
в 1985–1990 гг.*

Показатель/год	1985	1986	1987	1988	1989	1990
Объем восстановления, млн руб.	550	574,8	554,4	539,5	442,9	483
Экономия металла, тыс. т	1100	1120	1110	1110	880	890
Содержание восстановленных деталей в общем объеме поставок запасных частей, %	17,9	19,0	18,0	17,5	15,6	16,0

Уместно привести сведения о восстановлении деталей за рубежом. В Японии, восстанавливая изношенные детали, удовлетворяют до 40% потребности в запасных частях, в США, Германии, Австрии – до 30...35%.

В экономически развитых странах на рынке запасных частей восстановленные детали преобладают, они в 1,5...2,5 раза дешевле новых, а по ресурсу, как правило, не уступают им. Это достигается прежде всего за счет участия в нем фирм, производящих машины, и специализированных фирм по восстановлению изношенных деталей. Например, на мотороремонтном заводе английской фирмы «Бинз Индастриз Лимитед» ремонтируют ежегодно около 60 тыс. двигателей типа «Форд» и восстанавливают блоки цилиндров, головки блоков, коленчатые и распределительные валы, шатуны, гильзы и другие дорогостоящие детали. Аналогично поставлено восстановление деталей на ремонтных заводах компании «Перкинс» и др. Примером современного организационного и технологического уровня восстановления деталей может служить швейцарская компания «Кастолин + Ютектик», имеющая дочерние предприятия в странах Европы и США. Разработку технологий, оборудования и материалов, документации на восстановление деталей проводят в исследовательском центре, насчитывающем около двух тысяч специалистов, а также в исследовательских лабораториях, находящихся в различных странах.

Необходимо особо отметить экономическую эффективность восстановления деталей, исключая экологически разрушительный и энергоемкий металлургический процесс производства. Поэтому при восстановлении 1 т стальных деталей экономят 180 кВт·ч электроэнергии; 0,8 т угля; 0,8 т известняка; 175 м³ природного газа. Стоимость восстановленных деталей существенно меньше стоимости новых, так как для восстановления работоспособности изношенных деталей требуется на 5...8 технологических операций меньше, чем для изготовления новых.

Очень эффективна электродуговая наплавка при восстановлении крупногабаритных деталей (промежуточных опор тракторов Т-150 и К-700, опорных катков гусеничных тракторов, деталей сцепных устройств автомобилей и тягачей, шкворней, корпусных деталей КПП и двигателей автомобилей и др.). При вложении в наплавочные процессы затрат на 1 руб. можно получить экономию до 4...5 руб.

Проблема подготовки производства и организации восстановления деталей является более сложной по сравнению с изготовлением новых деталей. Поступающие на восстановление детали

имеют деформации, изношенные базы, остаточную термообработку, трещины и пониженную усталостную прочность. Все это требует детального изучения и учета при разработке технологических процессов. Восстановление и упрочнение деталей позволяет восстановить ресурс машины, а в некоторых случаях значительно его повысить. Исследования показывают, что восстановлением и упрочнением сопряжений деталей можно увеличить их ресурс в 2,5 раза.

Результаты внедрения ресурсосберегающих технологий восстановления и упрочнения деталей машин на предприятиях агропромышленного комплекса, по данным ВНИИТУВИД «Ремдеталь», представлены в табл. 1.2.

Таблица 1.2

Эффективность восстановления деталей в 1998–2005 гг.

Показатель	Значение показателя		
	1998	2000	2005
Объем восстановленных деталей на предприятиях АПК, млн руб	213	639	1055
Экономия металла, тыс. руб.	425	1270	2125
Удельный вес восстановленных деталей, %	7	8	25

Предполагается, что в 2010...2012 гг. стоимость восстановленных деталей сохранится на уровне 35...50% стоимости новых деталей; ресурс восстановленных деталей составит 85...95%, а ресурс деталей, восстановленных с использованием упрочняющих технологий, – 120...150%.

Согласно исследованиям специалистов ВНИИТУВИД «Ремдеталь», необходимо развивать два приоритетных направления, в которых проблема восстановления деталей займет должное место.

1. Восстановление или создание новых участков в АТП по ремонту топливной аппаратуры, гидроагрегатов, коробок передач и других деталей. Эти участки должны обеспечивать отремонтированными агрегатами весь автотракторный парк предприятия.

2. Модернизация на промышленной основе имеющегося парка машин на специализированных ремонтных заводах и в мастерских. Там в первую очередь должно превалировать в массовом порядке восстановление корпусных деталей, в том числе восстановление их опорных поверхностей под подшипники.

Развитие производства по восстановлению изношенных деталей сократит расходы на обслуживание стареющего парка машин и содержание техники в работоспособном состоянии.

Из истории возникновения ремонтных технологий

В России практической ремонтной сваркой и наплавкой с 1887 года занимался инженер Н.Г. Славянов. Еще в 1891 году он получил привилегии (патенты) № 86 и 87 на способ электрического уплотнения металлических отливок и способ электрической отливки металлов. Уже в 1890–1892 годах Н.Г. Славянов получил патенты на свое изобретение во Франции, Англии, Австро-Венгрии, Бельгии, Германии, США, Швеции, Италии, и за границей сразу высоко оценили все преимущества электрической сварки. Для ремонтной сварки он выбирал такие детали, которые можно было проверить в работе после ремонта, например ступенчатые шкивы от токарных станков, зубчатые колеса, маховики от сверлильных станков. В 1907 году Н.Г. Славянов успешно применил ремонтную сварку для восстановления станины мощного пресса на одном из заводов Санкт-Петербурга.

Появление технологии наплавки за рубежом относится к 1896 году, когда английский инженер М. Спенсер получил патент на это изобретение.

Промышленное применение ремонтной сварки и наплавки в США началось несколько позднее. В частности, в 1922 году братья Студди впервые осуществили наплавку коронок нефтяного бура способом газовой сварки с использованием присадочного материала в виде стальной трубки, заполненной хромовым сплавом. Примерно в это же время была осуществлена наплавка клапанов двигателя внутреннего сгорания с помощью изобретенного инженером Д. Хейнзом (США) сплава – стеллита. В первое время для наплавки использовали газовую сварку, но впоследствии с развитием новых источников тепла стали использовать и другие методы наплавки.

Начало автоматической наплавки относится к 1939 году, когда советские специалисты Г.П. Михайлов и В.А. Ларионов осуществили наплавку с помощью покрытых электродов прямоугольного сечения. В настоящее время ее широко используют для нанесения коррозионно-стойкого покрытия на сосуды высокого давления атомных реакторов, для упрочнения валков прокатных станков и других крупногабаритных изделий. В Японии исследования в области наплавки были начаты в 1955 году.

Наплавка сыграла большую роль в деле увеличения производительности труда, повышения качества продукции и экономии сырья при производстве промышленного оборудования, его эксплуатации и ремонте. В дальнейшем предстоит освоение новых разработок по созданию сварочных материалов, обладающих более высокими технологическими и эксплуатационными характеристиками, а также более производительного оборудования.

Целью данного учебного пособия является предоставление студентам необходимой информации, способствующей формированию у них профессиональной компетенции в области реновации и инженерии поверхностей деталей машин и механизмов.

В задачу этого курса входит подробное рассмотрение проблем технологического процесса ремонтно-восстановительной сварки и наплавки, ознакомление с оборудованием для его реализации, изучение технологических приемов наплавки и ремонтной сварки на примере конкретных деталей.

В результате освоения курса студент должен

знать:

- условия работы машин и аппаратов, методы для последующего выбора способа восстановления и повышения износостойкости;
- технологические операции повышения износостойкости трущихся поверхностей и восстановления рабочих размеров изношенных деталей машин и аппаратов методами сварки и наплавки;
- материалы и оборудование для ремонтной сварки и наплавки изделий из различных конструкционных сплавов;

уметь:

- выбирать наиболее рациональную технологию восстановления и упрочнения деталей машин и механизмов;
- выбирать необходимое оборудование для ремонтной сварки и наплавки;

обладать компетенцией:

- разрабатывать технологии и выбирать оборудование для восстановления эксплуатационных свойств изношенных деталей электродуговыми методами.

Модуль 1

ХАРАКТЕРИСТИКА СПОСОБОВ НАПЛАВКИ И ВОССТАНАВЛИВАЕМЫХ ИЗДЕЛИЙ

1.1. Способы восстановления и упрочнения деталей машин.

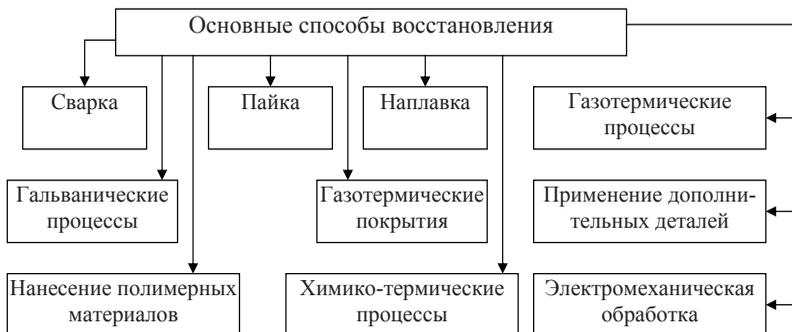
Характеристики способов наплавки.

Преимущества и недостатки технологии наплавки

Восстановление деталей – это технологический процесс возобновления исправного состояния и ресурса этих деталей путем возвращения им утраченной из-за изнашивания части материала и доведения до нормативных значений уровня свойств, изменившихся за время длительной эксплуатации.

Упрочнение деталей – это повышение сопротивляемости элементов этих деталей разрушению, остаточной деформации или изнашиванию.

В производственных условиях разработаны и реализованы десятки различных способов восстановления деталей. Выбор наиболее приемлемого способа состоит в техническом, экономическом и организационном анализе требований к восстановленным деталям с учетом условий работы их в сопряжениях, производственной программы, оснащенности предприятий, обеспеченности материалами, энергией, рабочей силой и других конкретных мероприятий. Различные способы восстановления приведены ниже на схеме.



Наплавка – это нанесение слоя металла на поверхность заготовки или изделия посредством сварки плавлением (ГОСТ 2601-84).

В случае применения для этой цели сварки давлением употребляют-ся термин наварка (плакирование).

Изготовительная наплавка (наварка) служит для получения новых биметаллических (двуслойных) изделий. Такие изделия состоят из основы (основной металл), обеспечивающей необходимую конструкционную прочность, и наплавленного рабочего слоя (наплавленный металл) с особыми свойствами (износостойкость, термостойкость, коррозионная стойкость и т. д.).

Восстановительная наплавка (наварка) применяется для восстановления первоначальных размеров изношенных или поврежденных деталей. В этом случае наплавленный металл по составу и свойствам может быть близок к основному (*восстановительная размерная наплавка*) или отличаться от него (*восстановительная износостойкая наплавка*).

Наплавка деталей и восстановление изношенных деталей наплавкой – эффективный и экономичный способ продления срока службы деталей и машин. Наплавку выполняют с помощью сварки, преимущественно дуговой, для наложения необходимого слоя металла на поверхность детали с целью повышения ее стойкости против истирания, повышенных температур, абразивного изнашивания, коррозии и других видов разрушения. Наплавку применяют для восстановления размеров изношенных деталей и создания слоя металла на поверхности детали, отличающегося по своим свойствам от основного металла детали повышенной износостойкостью, коррозионной стойкостью, жаростойкостью и другими свойствами.

Наиболее распространены способы ручной дуговой наплавки покрытыми электродами, наплавка неплавящимися угольным или вольфрамовым электродом в среде защитного газа, наплавка в углекислом газе, под слоем флюса, вибродуговая наплавка. По степени механизации процесса различают такие наплавки: ручная дуговая покрытыми электродами, полуавтоматическая, автоматическая.

Характеристики способов наплавки

Способы наплавки, как и способы сварки, классифицируются по трем типам признаков (ГОСТ 19621-74): физическим, техническим и технологическим. Наиболее распространена и удобна классификация по физическому признаку (используемый источник нагрева). По нему основные способы наплавки и наварки можно разделить на три группы (рис. 1.1):

1) *термические* (электродуговая, электрошлаковая, плазменная, электронно-лучевая, лазерная (световая), индукционная, газовая, печная);

2) *термомеханические* (контактная, прокаткой, экструдированием);

3) *механические* (взрывом, трением).



Рис. 1.1. Способы наплавки

В свою очередь, большинство этих способов могут подразделяться по техническим (способ защиты металла в зоне наплавки, степень механизации процесса, непрерывность наплавки) и технологическим (по роду тока, количеству электродов, наличию внешнего воздействия и т. п.) признакам.

Таблица 1.3

Способы наплавки

Характеристика способа, области его применения	Основные преимущества	Недостатки
<i>Ручная дуговая наплавка покрытыми электродами</i>		
Универсальный, пригодный для наплавки деталей различной формы и назначения во всех пространственных положениях. Легирование наплавленного металла производится через стержень электрода и (или) через покрытие. Плотность тока 11...12 А/мм ²	Простота и доступность оборудования и технологии; возможность получения наплавленного металла практически любой системы легирования	Низкая производительность; тяжелые условия труда; непостоянство качества наплавленного слоя; большое проплавление основного металла

Характеристика способа, области его применения	Основные преимущества	Недостатки
<i>Полуавтоматическая и автоматическая дуговая наплавка проволоками</i>		
<p>Механизированная наплавка под флюсом одной проволокой (сплошной или порошковой) или лентой (холоднокатаной, порошковой или спеченной); легирование наплавленного металла осуществляется, как правило, через электродный материал, легирующие флюсы применяются реже. Дуговая наплавка самозащитными порошковыми проволоками и лентами; стабилизация дуги, легирование и защита расплавленного металла от азота и кислорода воздуха за счет компонентов сердечника электродного материала. Дуговая наплавка в среде защитных газов применяется относительно редко. При дуговой наплавке вследствие большого проплавления основного металла необходимый состав наплавленного металла удается получить только в третьем-пятом слое</p>	<p>Универсальность, высокая производительность, возможность получения наплавленного металла практически любой системы легирования</p>	<p>Большое проплавление основного металла, особенно при наплавке проволоками</p>
<i>Электрошлаковая</i>		
<p>В горизонтальном, вертикальном или наклонном положениях, как правило, с принудительным формированием наплавленного слоя. Наплавка на горизонтальную поверхность как с принудительным, так и со свободным формированием. Применяется в металлургии для наплавки прокатных валков, в производстве</p>	<p>Устойчивость процесса в широком диапазоне плотностей тока (от 0,2 до 300 А/мм²); высокая производительность; возможность наплавки сталей и сплавов с повышенной склонностью к образованию трещин;</p>	<p>Большая погонная энергия процесса вызывает перегрев основного металла и ЗТВ; невозможность получения наплавленных слоев малой толщины (кроме способа горизонтальной</p>

Продолжение табл. 1.3

Характеристика способа, области его применения	Основные преимущества	Недостатки
заготовок для прокатки биметалла, в горнорудной промышленности для восстановления зубьев ковшей экскаваторов, зубьев крупномодульных шестерен, в машиностроении для наплавки штампов. Анतिकоррозионная наплавка лентами применяется в атомном, энергетическом и нефтехимическом машиностроении	возможность наплавки за один проход слоев большой толщины; возможность придавать наплавленному металлу необходимую форму и сочетать наплавку с электрошлаковой сваркой	наплавки лентами); большая длительность подготовительных операций
<i>Плазменная наплавка</i>		
Наплавляемое изделие может быть нейтральным (наплавка плазменной струей) или включенным в электрическую цепь источника питания дуги (наплавка плазменной дугой). Требуемые свойства наплавленного металла можно получить уже в первом слое. Наибольшее распространение получила плазменно-порошковая наплавка, так как порошки можно изготовить практически из любого пригодного для наплавки сплава. Применяется для наплавки фасок клапанов и седел клапанов двигателей внутреннего сгорания, деталей нефтехимической, энергетической и общепромышленной запорной арматуры, режущего инструмента различного назначения	Высокое качество наплавленного металла; малая глубина проплавления основного металла при высокой прочности сцепления; возможность наплавки относительно тонких слоев	Невысокая производительность; использование сложного оборудования

Продолжение табл. 1.3

Характеристика способа, области его применения	Основные преимущества	Недостатки
<i>Индукционная наплавка</i>		
<p>Легко поддающийся механизации и автоматизации процесс, особенно эффективный в условиях серийного производства. Применяются два основных варианта индукционной наплавки: с использованием твердого присадочного материала (порошковой шихты, стружки, литых колец и т. п.), расплавляемого индуктором непосредственно на наплавляемой поверхности, и жидкого присадочного металла, который выплавляется отдельно и заливается на разогретую индуктором поверхность наплавляемой детали. Широко используется в сельскохозяйственном машиностроении</p>	<p>Малая глубина проплавления основного металла; возможность наплавки тонких слоев, высокая эффективность в условиях серийного производства</p>	<p>Низкий КПД процесса; перегрев основного металла; необходимость использования для наплавки только тех материалов, которые имеют температуру плавления ниже температуры плавления основного металла</p>
<i>Лазерная (световая)</i>		
<p>Разработано три способа лазерной наплавки: с подачей присадочного порошка в зону плавления; оплавление предварительно нанесенных паст; оплавление напыленных слоев. Требуемые составы и свойства наплавленного металла можно получить уже в первом слое небольшой толщины. В опытно-промышленном производстве лазерно-порошковым методом наплавляют коленчатые и распределительные валы двигателей внутреннего сгорания, клапаны и некоторые другие детали</p>	<p>Малое и контролируемое проплавление при высокой прочности сцепления; возможность получения тонких (менее 0,3 мм) слоев; небольшие деформации наплавляемых деталей; возможность наплавки труднодоступных поверхностей; возможность подвода лазерного излучения к нескольким рабочим местам, что сокращает время на переналадку оборудования</p>	<p>Низкая производительность, невысокий КПД процесса; сложное дорогостоящее оборудование</p>

Продолжение табл. 1.3

Характеристика способа, области его применения	Основные преимущества	Недостатки
<i>Электронно-лучевая</i>		
<p>Использование для наплавки электронного луча позволяет раздельно регулировать нагрев и плавление основного и присадочного материалов, а также свести к минимуму их перемешивание. Наплавка производится с присадкой сплошной или порошковой проволоки. Поскольку наплавка выполняется в вакууме, то шихта порошковой проволоки может состоять из одних легирующих компонентов</p>	<p>Малое и контролируемое проплавление основного металла; возможность наплавки слоев малой толщины</p>	<p>Сложность и высокая стоимость оборудования; необходимость биологической защиты персонала</p>
<i>Наплавка трехфазной дугой неплавящимися электродами в аргоне</i>		
<p>Применяется для наплавки изделий из алюминиевых и магниевых сплавов с подачей присадочной проволоки в зону сварки. Используется как источник тепла одновременно и для сварки, и для подогрева зоны наплавки межэлектродной (косвенной) дугой. Наиболее эффективен способ для ремонтной сварки и наплавки изделий из магниевых и алюминиевых сплавов, склонных к образованию горячих трещин в зоне ремонта</p>	<p>Высокая мощность дуги, стабильность горения, высокая производительность процесса, хорошее качество наплавленного слоя</p>	<p>Сложность и высокая стоимость оборудования. Малая распространенность способа в промышленности вследствие отсутствия промышленного производства оборудования для сварки</p>

Продолжение табл. 1.3

Характеристика способа, области его применения	Основные преимущества	Недостатки
<i>Газовая</i>		
<p>Металл нагревается и расплавляется пламенем газа, сжигаемого в смеси с кислородом в специальных горелках. Горючий газ – ацетилен или его заменители: пропан-бутановая смесь, природный газ, водород и др. Известна газовая наплавка с присадкой прутков либо с вдуванием порошка в газовое пламя. Широко используется при ремонте сельскохозяйственной и автомобильной техники, а также для наплавки релитом буровых долот и быстроизнашивающихся деталей горнорудной техники</p>	<p>Малое проплавление основного металла; универсальность технологии, возможность наплавки слоев малой толщины</p>	<p>Низкая производительность; нестабильность качества наплавленного слоя</p>
<i>Электроконтактная наплавка (наварка)</i>		
<p>Соединение основного и присадочного металлов осуществляется в результате их совместной пластической деформации, сопровождающейся пропусканием в месте контакта импульсов тока. В качестве оборудования используются модернизированные машины для шовной контактной сварки. Присадочные материалы – стальная лента, проволока, порошки и их смеси. Применяется при ремонте и восстановлении валов, осей, штоков, фланцев, барабанов и прочих деталей, износ которых по диаметру не превышает 1,0...1,5 мм</p>	<p>Отсутствие проплавления основного металла; минимальные деформации наплавленных деталей; возможность наплавки слоев малой толщины</p>	<p>Низкая производительность процесса; ограниченная номенклатура наплавливаемых деталей</p>

Продолжение табл. 1.3

Характеристика способа, области его применения	Основные преимущества	Недостатки
<i>Плакирование с использованием энергии взрыва</i>		
<p>Для непосредственного плакирования деталей или получения многослойных заготовок наиболее широко применяется взрывное плакирование пластичными коррозионно-стойкими сталями и сплавами. Применение опор переменной жесткости и особых способов подготовки плакирующих листов позволило использовать энергию взрыва для плакирования малоуглеродистой стали малопластичными инструментальными сталями Х6Ф1, Х12, Р6М5, изготовления би- и триметалла для нефтехимического и сельскохозяйственного машиностроения</p>	<p>Возможность соединения металлов, сварка которых другими способами сложна или невозможна; отсутствие проплавления основного металла; минимальные деформации при сварке</p>	<p>Необходимость использования специальных полигонов; большая длительность подготовительных операций</p>
<i>Наплавка трением</i>		
<p>Суть метода заключается в быстром вращении присадочного прутка (1500...4000 об/мин), который торцом прижимается к наплавляемой поверхности. Металл нагревается, становится пластичным и как бы намазывается на поверхность изделия</p>	<p>Возможность наплавки тонких слоев; отсутствие перемещения основного и наплавленного металла; низкие затраты электроэнергии</p>	<p>Низкая универсальность — для наплавки каждой детали необходимы присадочные материалы определенных геометрических размеров и специализированное оборудование или оснастка; малая производительность; отсутствие производства материалов для наплавки; дефекты наплавленного</p>

Характеристика способа, области его применения	Основные преимущества	Недостатки
		слоя – краевые несплавления, несплавления в местах перекрытия соседних валиков

Преимущества и недостатки технологии наплавки

Сущность процесса наплавки заключается в использовании теплоты для расплавления присадочного материала и его соединения с основным металлом детали. Используя возможности дуговой наплавки, на поверхности детали можно получить наплавленный слой любой толщины, любого химического состава с разнообразными свойствами. Наплавка может производиться в один или несколько слоев на различные поверхности:

- плоские;
- цилиндрические;
- конические;
- сферические и другие сложные формы поверхности.

Толщина слоя наплавки может изменяться в широких пределах – от долей миллиметра до десятков миллиметров. При наплавке поверхностных слоев с заданными свойствами, как правило, химический состав наплавленного металла существенно отличается от химического состава основного металла. Поэтому при наплавке должен выполняться ряд технологических требований.

1. В первую очередь таким требованием является минимальное разбавление наплавленного слоя основным металлом, расплавляемым при наложении валиков. Поэтому в процессе наплавки необходимо получение наплавленного слоя с минимальным проплавлением основного металла, так как в противном случае возрастает доля основного металла в формировании наплавленного слоя. Это приводит к ненужному разбавлению наплавленного металла расплавляемым основным.

2. При наплавке необходимо обеспечение минимальной зоны термического влияния и минимальных напряжений и деформаций. Это требование обеспечивается за счет уменьшения глубины проплавления, а также регулированием параметров режима, погонной энергии, увеличением вылета электрода,

применением широкой электродной ленты и другими технологическими приемами. Технология наплавки различных поверхностей предусматривает ряд приемов нанесения наплавленного слоя (рис. 1.2):

- ниточными валиками с перекрытием одного другим на 0,3...0,4 их ширины;
- широкими валиками, полученными за счет поперечных к направлению оси валика колебаний электрода, электродными лентами и др.

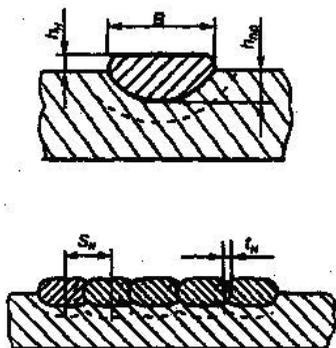


Рис. 1.2. Способы наложения слоёв: B , h , hr – соответственно ширина валика, высота наплавки, глубина проплавления; S_m – шаг наплавки

Расположение валиков с учетом их взаимного перекрытия характеризуется шагом наплавки. Наплавку криволинейных поверхностей тел вращения выполняют тремя способами: наплавкой валиков вдоль образующей тела вращения; по окружностям; по винтовой линии (рис. 1.3).

Наплавку по образующей выполняют отдельными валиками так же, как при наплавке плоских поверхностей. Наплавка по окружности также выполняется отдельными валиками до полного замыкания начального и конечного участков со смещением их на определенный шаг вдоль образующей. При винтовой наплавке деталь вращают непрерывно, при этом источник нагрева перемещается вдоль тела со скоростью, при которой одному обороту детали соответствует смещение источника нагрева, равное шагу наплавки. При наплавке тел вращения необходимо учитывать возможность стекания расплавленного металла в направлении вращения детали. В этом случае источник нагрева смещают в сторону, противоположную направлению вращения. Предварительный подогрев наплавляемой детали до температуры 200...250°С уменьшает

склонность наплавленного металла к образованию трещин. Все дефекты в наплавленном металле можно подразделить на наружные и внутренние. К последним относятся непровар (несплавленное наплавленного металла с основным), пористость, трещины и шлаковые включения. Наружные дефекты, к которым относятся раковины и трещины, выявляют визуально.

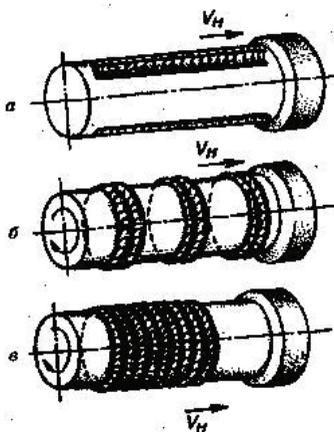


Рис. 1.3. Наплавка тел вращения:

a – по образующей; *б* – по окружности; *в* – по винтовой линии

Режимы ручной дуговой наплавки характеризуются диаметром электрода, силой, родом и полярностью сварочного тока.

При автоматической наплавке в технологии описывают тип электродного материала (проволока, лента: сплошного сечения, порошковая), значение силы тока, напряжение дуги, длину дуги, скорость наплавки. При наплавке в защитном газе дополнительно указывают защитный газ; при наплавке под флюсом – марку флюса.

По сравнению с другими способами поверхностной обработки металла технология наплавки обладает рядом преимуществ и недостатков.

Преимущества:

1) возможность нанесения металлического покрытия большой толщины; это дает значительный эффект при восстановлении сильно изношенных деталей, кроме того, позволяет изготавливать сосуды, куда помещаются вещества под высоким давлением, из обычной стали с последующей наплавкой коррозионно-стойкой стали на внутреннюю поверхность, что более экономично по сравнению с применявшейся ранее технологией изготовления подобных сосудов из плакированной стали, получаемой прокаткой;

- 2) высокая производительность;
- 3) относительная простота конструкции и транспортабельность оборудования, приспособленного для выполнения работ вне помещений, например наплавка деталей землеройных и сельскохозяйственных машин в полевых условиях;
- 4) отсутствие ограничений по размерам наплавляемых поверхностей изделий; наплавку можно применять для таких крупногабаритных объектов, как сосуды высокого давления атомных реакторов, конусы засыпных аппаратов доменных печей и т. д., тогда как другие способы поверхностной обработки (электролитическое или горячее металлопокрытие, цементация и т. д.) имеют существенное ограничение по размерам обрабатываемых изделий;
- 5) простота выполнения, не требующая высокой квалификации сварщика, особенно при автоматическом или полуавтоматическом режиме наплавки;
- 6) возможность нанесения износостойкого покрытия на основной металл любого состава;
- 7) возможность повышения эффективности наплавки путем её сочетания с другими способами поверхностной обработки; например, после наплавки изделие подвергают плазменной закалке или азотированию.

Недостатки:

- 1) ухудшение свойств наплавленного слоя из-за перехода в него элементов основного металла; например, снижение коррозионной стойкости, износостойкости и т. д.;
- 2) деформация изделия, вызываемая высокой погонной энергией наплавки; неправильный выбор режима наплавки может привести к чрезмерной деформации изделия; для сохранения точности размеров и формы изделия необходимо принимать особые меры: наплавку изделия вести в зажатом состоянии, исключая его деформацию, создавать «обратную» предварительную деформацию, осуществлять последующую механическую обработку;
- 3) неравномерность свойств наплавленных изделий, обусловленная тем, что наплавленный слой, в отличие от плакированного, имеет характерные свойства и особый состав, присущий металлу сварного шва; поэтому для получения качественных наплавленных слоев сварщику необходимо иметь специальные знания из области теоретической подготовки, например, металловедения, термической обработки, технологической прочности;
- 4) более ограниченный выбор сочетаний основного и наплавляемого металлов, чем, например, при напылении; наплавка допускает разнообразные сочетания основного и наплавляемого

металлов, однако в отличие от напыления имеются определенные ограничения; например, при наплавке титаном на стальную поверхность на границе основного металла и наплавленного слоя образуется хрупкая прослойка интерметаллических соединений, что практически исключает возможность применения методов наплавки титаном;

5) трудность наплавки мелких деталей сложной формы; наплавка сопровождается оплавлением поверхностного слоя основного металла и протекает в условиях непрерывного перемещения сварочной ванны, состоящей из смеси основного и наплавляемого металлов; при наплавке мелких деталей условия формирования такой ванны ухудшаются; при сложной форме изделия также затруднено её плавное перемещение, что исключает образование ровного качественного наплавленного слоя.

Изложенные выше преимущества и недостатки процесса наплавки следует учитывать при выборе оптимального способа её осуществления, требуемого сварочного оборудования и материалов (прил. 1).

1.2. Классификация восстанавливаемых изделий.

Классификация дефектов деталей

Из всех способов восстановления деталей наибольшее распространение получил способ наплавки. Он дает возможность сравнительно быстро получить слой наплавленного металла значительной толщины, что особенно важно при восстановлении сильно изношенных деталей. Способ экономичен, относительно прост, дает возможность изменять химсостав наплавленного металла за счет легирования его с помощью электродной проволоки, флюса, электродного покрытия, увеличивать твердость металла и его износостойкость без дополнительной закалки. Для выполнения работ требуется дешевое и несложное оборудование. Наплавку применяют сейчас для восстановления самых ответственных деталей машин и механизмов.

При наплавке необходимо решать ряд сложных вопросов: выбор материала, обеспечивающего соответствующие условиям эксплуатации свойства; возможность наплавки этого материала непосредственно на основной металл или подбор материала для наплавки подслоя; выбор способа и режима наплавки, формы и методов изготовления наплавленных материалов; выбор термического режима выполнения наплавки (подогрев или охлаждение); установление необходимости последующей термообработки.

Классификация восстанавливаемых изделий

В зависимости от условий службы наплавляемые детали можно разбить на несколько групп.

1. Детали, работающие в условиях трения металла о металл

К этой группе обычно относят крановые колеса и колеса локомотивов, детали гусеничных тракторов, автомобильные сцепки и шкворни, оси, валы, шпиндели, зубчатые колеса и шестерни и т. д. Износ деталей происходит при больших контактных напряжениях. Наплавка этой группы деталей производится в основном для восстановления первоначальных их размеров без значительного повышения износостойкости, так как большая твердость одной контактной поверхности может вызвать повышенный износ другой. Для наплавки используют обычно низкоуглеродистые и низколегированные стали, содержащие не более 5% легирующих элементов (08Г, 08ГС, 15Г2С, 18Г4 и т. д.).

2. Детали и инструменты, работающие в условиях абразивного износа при нормальных температурах

Это детали сельскохозяйственной техники (лемеха плугов, лапки культиваторов, зубья бороны), детали строительно-дорожных машин, размольного оборудования, буровые долота, зубья дробилок, шнеки для перемещения сыпучих материалов и т. д.

Наибольшую стойкость против абразивного износа имеют сплавы, имеющие в своей структуре большое количество карбидов металлов. Поэтому для наплавки выбирают присадочный металл, легированный хромом и марганцем в сочетании с повышенным количеством углерода, например сталь У25Х28, У35Х7Г7, У30Х28Г2С.

3. Детали, эксплуатирующиеся в условиях абразивного износа с ударными нагрузками

Представителями этой группы могут быть ролики рольгангов, ножи бульдозеров, зубья ковшей экскаваторов, детали дробилок, автомобильные рессоры, наконечники отбойных молотков и т. д. Такие детали наплавляют высокохромистыми сплавами с более низким содержанием углерода, например, в качестве наплавочного материала используют сталь Х12, Х19М, Х13Н4. Такие стали в основном относятся к ледебуритным сплавам. Наплавленный слой сталью типа Х12 обладает высокой твердостью, исключительной износостойкостью. В то же время сталь этой группы имеет невысокую стоимость. Отлично сопротивляются ударно-абразивному износу высокомарганцевые, аустенитные стали типа Г13.

4. Детали и инструменты, работающие на термическую усталость и абразивный износ при повышенных температурах

К деталям этой группы относят прокатные валки, ножи блюминга, прессовый инструмент для горячей штамповки, керны для захвата слитков, металлургическое оборудование и т. д.

Наплавленный металл должен обладать высокой твердостью, износостойкостью и в то же время удовлетворительной вязкостью во избежание сколов при эксплуатации. Эти свойства достигаются за счет легирования металла наплавки хромом и вольфрамом. Лучшей износостойкостью обладают хромовольфрамовые стали типа 3Х2В8.

5. Детали, работающие в условиях коррозии и эрозии, сочетающихся с абразивным износом при повышенных температурах

Это уплотнительные поверхности арматуры для пара высокого давления, (задвижки, вентили), крыльчатки, шестерни и плунжеры насосов для перекачки агрессивных жидкостей, детали, работающие в морской воде, лопасти гидротурбин и парогенераторов и т. д. Для наплавки применяют высокохромистые сплавы 1Х13, 1Х25Н4Т и хромоникелевые аустенитные 0Х18Н9, 1Х18Н9Т. Детали, работающие в условиях абразивного износа, сопровождающегося эрозией при температурах до 800°С, рекомендуется наплавлять твердыми сплавами типа «Стеллит», т. е. сплавами на основе кобальта, легированные вольфрамом, титаном и углеродом. К таким деталям относятся клапаны двигателей внутреннего сгорания, поверхности «седла» клапана головки блока ДВС.

6. Детали подшипников, подпятников и других узлов трения скольжения

Детали этой группы должны обладать высокими антифрикционными свойствами, т. е. поверхность должна иметь низкий коэффициент трения. Хорошими антифрикционными свойствами обладают сплавы на основе меди, а также некоторые сорта чугуна и неметаллические материалы (фторопласт). Например, алюминий-железистые бронзы применяются при наплавке заготовок червячных шестерен, кулачков и др. деталей, работающих в условиях трения скольжения. Оловянисто-фосфористые бронзы, оловянистые и свинцовистые баббиты используются для наплавки вкладышей крупных подшипников, например, вкладышей судовых дизельных двигателей.

7. Металлорежущий инструмент

Основные требования к металлу, наплавляемому на рабочие кромки режущего инструмента: высокая твердость, износостойкость, коррозионная стойкость и удовлетворительная вязкость.

Такие свойства достигаются при легировании металла ванадием, молибденом, вольфрамом. Обычно для наплавки применяют быстрорежущие стали типа P18, P9, P13K3 и PB6M5.

Классификация дефектов деталей

С целью правильного выбора технологического процесса восстановления деталей необходимо четко классифицировать имеющиеся дефекты изделий.

Дефект – каждое отдельное несоответствие продукции установленным требованиям. Различают следующие группы дефектов, относящихся к деталям в целом:

- *трещины*: образуются в результате воздействия значительных местных нагрузок, ударов и перенапряжений; усталостные трещины, появляющиеся в деталях, длительно работающих в условиях знакопеременных нагрузок. Трещины наиболее часто возникают в нагруженных местах корпусных деталей, рам, блоков, изготовленных из твердых и хрупких материалов, например чугуна, высокоуглеродистых сталей или магниевых сплавов;
- *пробоины*: появляются в результате ударов различных предметов о поверхности тонкостенных деталей;
- *риски и надирь*: образуются на рабочих поверхностях деталей, работающих в условиях трения скольжения, вследствие загрязнения смазки или абразивного действия чужеродных частиц;
- *выкрашивание*: дефект, характерный для поверхностей деталей, подвергнутых химико-термической обработке (зубчатые колеса, шестерни, зубчатые муфты); он появляется вследствие динамических ударных нагрузок в процессе эксплуатации. Выкрашивание может быть и в результате усталостных напряжений;
- *обломы, сколы*: возникают при сильных ударах о детали; часто наблюдаются на литых деталях;
- *изгибы и вмятины*: характеризуются нарушением формы детали и происходят в результате ударных нагрузок;
- *коробление*: происходит в результате воздействия высоких температур, приводящих к возникновению структурных изменений и больших внутренних напряжений;
- *коррозия (сплошная и местная)*: процесс разрушения металлов вследствие химического и электрохимического взаимодействия их с коррозионной средой; общая коррозия проявляется в постепенном уменьшении первоначальной толщины деталей; местная коррозия (избирательная) проявляется на отдельных участках деталей, имеющих нарушение структуры и свойств металла, а также на участках, подверженных действию внешних факторов (температура, давление, коррозионная среда и т. д.); оценивать

и прогнозировать процессы развития внешней коррозии практически невозможно, поэтому она во многих случаях приводит к незапланированному выходу конструкции из строя. Значительно снижают работоспособность сварной конструкции такие виды избирательной коррозии, как межкристаллитная (питтинговая) коррозия по линии сплавления, фреттинг-коррозия в подшипниковых узлах. Одним из видов разрушения является коррозионная усталость и коррозионное растрескивание;

- *коррозионно-механическое изнашивание*: наиболее распространенный вид дефектов технологического оборудования, появляющихся в результате механических воздействий, сопровождающихся химическим воздействием среды на металл.

1.3. Технологическая подготовка деталей к восстановлению: очистка, контроль, дефектация и сортировка.

Выбор способа наплавки

Очистка деталей

В большинстве случаев детали, поступающие в ремонт, сильно загрязнены, замаслены, покрыты ржавчиной или краской. Поэтому они должны быть предварительно очищены механическим путем или промывкой, а затем рассортированы по виду и степени износа.

Очистка может быть нескольких уровней:

- макроочистка;
- микроочистка;
- активационная очистка.

Приведенные уровни очистки отличаются массой остаточных загрязнений. Процесс удаления с поверхности наиболее крупных частиц, мешающих разборке, дефектации и механической обработке, является макроочисткой. Удаление загрязнений от масла, остатков эмульсии, солей моющих растворов, пыли выполняется при микроочистке. Травление металла и очистка поверхности от остатков поверхностно-активных частиц, защитных пленок и посторонних веществ представляет собой активационную очистку, которую обычно выполняют при подготовке поверхностей деталей к хромированию, цинкованию и другим видам электролитических покрытий.

Загрязнения с поверхностей деталей удаляют различными способами. Например, широко применяют специальные моющие средства, которые удаляют жидкие и твердые загрязнения с поверхности, используют синтетические моющие средства, растворы

которых по моющей способности в несколько раз превосходят растворы едкого натра и различных щелочных смесей. Растворами из синтетических моющих веществ можно очищать детали из черных, цветных и легких металлов и сплавов.

Удаляют загрязнения и с помощью растворителей – керосина, бензина, уайт-спирита, дизельного топлива. В основном их используют для очистки деталей и элементов масляных фильтров, блоков, каналов коленчатых валов, топливной аппаратуры, обезжиривания поверхностей от асфальтосмолистых загрязнений.

Очистку от нагара, накипи, коррозии можно осуществлять химическими, механическими, химико-термическими и иными способами. Стальные и чугунные детали от нагара можно очистить химическим способом, который основан на использовании щелочных растворов повышенной концентрации. Например, детали из алюминиевых сплавов обрабатывают в растворе, не содержащем каустической соды. На три часа их погружают в ванну с раствором при температуре 90°С, затем размягченный нагар снимают металлическими щетками, после чего детали промывают в слабом щелочном растворе.

При очистке дробленой скорлупой фруктовых косточек поток сжатого воздуха, который движется с высокой скоростью, вместе с косточковой крошкой подается на очищаемую поверхность под давлением 0,3...0,6 МПа, с силой ударяется о поверхность детали и разрушает нагар и другие загрязнения. Шероховатость поверхности детали при этом не изменяется, что важно для деталей из алюминиевых сплавов, а также деталей и сборных единиц двигателей – шатунов, головок блоков, коленчатых валов и др.

Внутренние поверхности охлаждающей системы двигателя очищают от накипи щелочными растворами. Карбонаты магния и кальция, содержащиеся в накипи, растворяются в соляной кислоте, а силикаты и сульфаты кальция и магния разрыхляются в щелочном растворе. Разрыхленный слой затем смывают водой.

Для очистки деталей от окалины, ржавчины, подготовки поверхностей для окрашивания, нанесения гальванических и других покрытий, а также для различных отделочных операций английской фирмой «Эбрейзив девелопментс лимитед» разработан специальный процесс, названный «Вакуа». Его использование позволяет обходиться без дорогих химикатов, применение которых часто требует дополнительной очистки. Сущность процесса заключается в том, что поверхности деталей подвергают бомбардировке твердыми частицами, содержащимися в больших объемах циркулируемой в камере воды (обычно это частицы абразивов или стекла).

Обработку детали производят в специальной камере при помощи пистолета, действующего под высоким давлением. Регулируемая струя сжатого воздуха подается к пистолету, а от него распыленная суспензия направляется на деталь. Вода, в которой находятся очищающие частицы, служит своего рода «подушкой» между ними и поверхностью деталей и полностью предотвращает образование пыли. Таким образом, целиком устраняется вопрос техники безопасности, а также проблема загрязнения окружающей среды.

Обезжиривание и травление

Обезжиривание деталей осуществляется в специальной ванне, содержащей раствор следующего состава:

- кальцинированная или каустическая сода – 100 граммов на один литр воды;
- мыло твёрдое – 30 граммов на один литр воды.

Обезжиривание ведётся при кипении раствора. После обезжиривания необходимо промыть детали в холодной проточной воде и охладить до комнатной температуры. Хорошо обезжиренная деталь должна полностью смачиваться водой. Если вода при промывке покрывает поверхность детали не полностью, а собирается каплями, это указывает на недостаточное обезжиривание. При наличии на поверхности деталей толстого слоя смазки перед обезжириванием необходимо удалить её сухой ветошью.

Травление деталей должно осуществляться в специальной ванне в вытяжном шкафу.

Для приготовления раствора в отмеренное количество воды влить ингибированную соляную кислоту; воду в кислоту лить нельзя, так как это может привести к разбрызгиванию кислоты и сильным ожогам. Температура травильного раствора и погруженных в него деталей должна быть в пределах 30°C. Время выдержки деталей в травильной ванне устанавливается опытным путём: в зависимости от состава ванны, степени поражения ржавчиной поверхности очищаемых деталей и состава металла время выдержки может колебаться от 20 минут до трёх часов. По истечении установленного времени травления вынуть детали из травильного раствора и тщательно промыть в ванне с холодной проточной водой, после чего отправить детали на промывку в растворе пассиваторов или на ремонт и оксидирование.

При травлении сильно поржавевших деталей следует растворять только часть ржавчины, так как оставшаяся ржавчина от действия кислоты сильно разрыхляется и может быть снята щеткой и смыта водой.

Контроль, дефектация и сортировка

Очищенные и обезжиренные детали подвергают контролю и сортировке на годные без восстановления, подлежащие ремонту и негодные, т. е. осуществляют операцию дефектации – контроль с одной целью – обнаружение дефектов. Дефектами детали называются всякие отклонения ее параметров от величин, введенных техническими обстоятельствами либо рабочим чертежом.

К деталям, годным для дальнейшего использования, относят те, которые имеют допустимые размеры и шероховатость поверхности, согласно чертежу, и не имеют наружных и внутренних дефектов. Такие детали отправляют на склад запасных частей или в комплекточное отделение.

Детали, износ которых больше допустимого, но годные к дальнейшей эксплуатации, направляют на склад накопления деталей, а далее – в соответствующие ремонтные цехи для восстановления.

Негодные детали отправляют на металлолом, а вместо них со склада выписываются запасные детали.

Результаты дефектации и сортировки фиксируют посредством маркировки деталей краской. Обычно малахитовой (зеленой) краской помечают пригодные для дальнейшего основного использования детали, красной – негодные детали, яичной (желтой) – детали, требующие восстановления.

Количественные данные, позволяющие судить о свойствах и качестве дефектации и сортировки деталей, фиксируют в дефектных ведомостях. Эти сведения в дальнейшем после статистической обработки позволяют предопределять либо переправлять коэффициенты годности, сменности и восстановления деталей.

При дефектации выполняют следующие операции. Вначале внешним осмотром невооруженным глазом или с применением лупы, проверкой на ощупь, простукиванием выявляют следующие повреждения деталей: трещины, забоины, риски, обломы, пробоины, вмятины, задиры, коррозию, ослабление плотности посадки. Далее, используя универсальный и специальный измерительный инструмент, определяют геометрические параметры деталей. Для обнаружения скрытых дефектов, проверки на герметичность, упругость, контроля взаимного положения элементов деталей используют специальные приборы и приспособления.

Дополнительная технологическая подготовка деталей

К технологической подготовке деталей для ремонтно-восстановительной наплавки кроме очистки, обезжиривания и травления относятся также операции, связанные с удалением дефектного металла, защитой поверхности, не подвергаемой наплавке, от брызг расплавленного металла, а также с термической подготовкой.

Наплавка по плохо подготовленной поверхности приводит к непроварам, образованию пор и раковин, загрязнению шва неметаллическими включениями. Изношенная или поврежденная резьба перед наплавкой полностью удаляется. Это необходимо потому, что гребни резьбы препятствуют наплавке поверхности короткой дугой. Кроме того, в углубление резьбы впереди дуги затекает шлак, который затем остается внутри наплавленного валика, вызывая дефекты.

Имеющиеся на наплавляемой части поверхности детали отверстия, пазы или канавки, которые необходимо сохранить, заделываются медными, графитовыми или угольными вставками. Способ закрепления вставки перед наплавкой выбирается к каждой детали отдельно.

Поверхности детали, не подвергающиеся наплавке, в случае необходимости защищают от брызг окислов сухим или мокрым асбестовым картоном или стеклотканью.

Восстанавливаемые детали в зависимости от материала и его состояния (вида термической или химико-термической обработки) перед наплавкой могут подвергаться предварительному общему подогреву, степень которого зависит от склонности металла к трещинообразованию (технологическая прочность). В ряде случаев изделие перед наплавкой подвергают высокому отпуску для снятия остаточных напряжений или отжигу для устранения структуры закалки.

Пример очистки деталей ДВС

Разобранные детали перед поступлением на контроль подвергаются очистке и обезжириванию. Удаление нагара с поршней, выпускных патрубков, выпускных клапанов и из камер сгорания головок блока производится механическим или химическим способом. Для удаления нагара механическим способом применяются металлические щетки и скребки. Привод металлических щеток производится от электродрели. Для удаления нагара из поршневых канавок применяется специальная обжимка с шипами. Шипы плотно входят в поршневые канавки и при подвертывании обжимки снимают нагар. Поршень при этом зажимается в специальные тиски.

Химический способ удаления нагара заключается в выдерживании деталей в ванне с подогретым раствором и последующей промывке. Применяются специальные растворы для удаления нагара или следующий состав ванн: эмульсол 3,5%, кальцинированная сода 0,15%, остальное вода. Температура ванны с раствором 60...80°С. После раствора детали промываются в горячей воде.

Очистка водяной рубашки блоков и головок цилиндров от накипи производится в специальных камерах, оборудованных рольгангами и центробежным насосом. Блок устанавливается

на рольганг, и при помощи шланга, присоединяемого к боковому фланцу блока, через рубашку прокачивается 10-процентный раствор каустической соды, подогретый до 60...80°C, или раствор тринатрийфосфата из расчета примерно 3...5 кг на 1 м³ воды. После удаления накипи рубашка блока промывается чистой водой.

Выбор рационального способа наплавки

Для правильной организации подготовки деталей к наплавке и выполнения наплавочных работ необходимо после осмотра и замеров износа деталей составить карту технологического процесса ремонта. В ней должны быть отображены причины и характер износа, условия работы деталей, объем работ, вид и способ наплавки, марка и диаметр электродов или проволоки, режим и технология наплавки, время на выполнение работ, последовательность операций, припуск на механическую обработку, необходимость предварительной и последующей термической обработки.

В первую очередь необходимо обосновать выбор способа наплавки.

При выборе способа восстановления изделия, а также повышения его износостойкости следует учитывать особенности способов наплавки и применимость их к восстановлению тех или иных деталей. Особое внимание при выборе материала наплавки следует уделять тем свойствам наплавленного металла, которые наиболее характерны для работы детали, чтобы прочность и износостойкость ее были не ниже, чем у ненаплавленной детали. Целесообразность применения какого-либо способа наплавки определяется и экономической эффективностью для каждого конкретного способа, для каждой детали. Если принять среднюю стоимость ручной дуговой наплавки за 100%, то автоматическая наплавка под флюсом составит 74%, вибродуговая наплавка — 82%. В значительной степени выбор способа наплавки (ручная или автоматическая) определяется однотипностью и массовостью восстанавливаемых деталей.

Средняя стоимость восстановления ручной дуговой наплавкой составляет 25...35% от стоимости изготовления новых деталей. При экономическом расчете выбора способа наплавки должны быть учтены следующие факторы: стоимость восстановления детали наплавкой по сравнению со стоимостью изготовления новой заготовки обычными методами (ковкой, литьем, штамповкой и т. д.); стоимость механической и термической обработки (до наплавки и после) по сравнению со стоимостью обработки новой детали из заготовки; качество выпускаемой продукции (в тех случаях, когда оно зависит от детали, подвергающейся наплавке); затраты на эксплуатацию и ремонты машины или агрегата за длительные периоды

времени до и после применения наплавляемых деталей; изменение их производительности; влияние наплавки на расход дефицитных материалов; организация труда и механизация наплавочных работ. Особого внимания при выборе рационального способа наплавки требует электросварочное оборудование. Некоторые металлы и сплавы можно наплавлять только определенным способом. В то же время многие способы наплавки требуют специализированного оборудования.

На выбор способа наплавки оказывают влияние размеры и конфигурация деталей, производительность и доля основного металла в наплавленном слое. Несмотря на невысокие показатели производительности, ручная дуговая наплавка (РДН) штучными электродами является наиболее универсальным способом, пригодным для наплавки деталей различных сложных форм, и может выполняться во всех пространственных положениях. Для наплавки используют электроды диаметром 3...6 мм. При толщине наплавленного слоя до 1,5 мм применяются электроды диаметром 3 мм, а при большей толщине – диаметром 4...6 мм. Для обеспечения минимального проплавления основного металла при достаточной устойчивости дуги плотность тока составляет 11...12 А/мм². Основными достоинствами РДН являются универсальность и возможность выполнения сложных наплавочных работ в труднодоступных местах. Для выполнения РДН используется обычное оборудование сварочного поста. К недостаткам РДН можно отнести относительно низкую производительность, тяжелые условия труда из-за повышенной загазованности зоны наплавки, а также сложность получения необходимого качества наплавленного слоя и большое проплавление основного металла. Для РДН применяют как специальные наплавочные электроды, так и обычные сварочные, предназначенные для сварки легированных сталей (ГОСТ 1005-75).

Вопросы для самоконтроля

1. Какие способы восстановления и упрочнения могут применяться для ремонта деталей автомобилей и тракторов?
2. В чем заключаются преимущества и недостатки технологии электродуговой наплавки деталей?
3. Какие виды дефектов появляются на деталях автотранспорта при его эксплуатации?
4. Как классифицируются восстанавливаемые детали по условиям их работы?
5. Какими материалами обычно рекомендуется наплавлять изделия, работающие в условиях трения металла о металл?

6. Какими материалами обычно рекомендуется наплавлять изделия, работающие в условиях абразивного изнашивания с ударными нагрузками?

7. Какие операции в обязательном порядке предшествуют технологическому процессу наплавки поверхности?

8. Какие виды очистки поверхностей деталей могут применяться в технологическом процессе подготовки деталей к наплавке?

9. С какой целью осуществляется дефектация и сортировка деталей перед их восстановлением?

10. Какими параметрами определяется выбор способа наплавки изделий?

Модуль 2

РУЧНАЯ РЕМОНТНАЯ СВАРКА И НАПЛАВКА

2.1. Электродуговая ручная сварка и наплавка покрытым электродом

Дуговая наплавка покрытыми электродами

Наплавку осуществляют обычно вручную, поэтому такой способ называют также ручной дуговой наплавкой. Электродное покрытие служит для защиты ванны жидкого металла от кислорода и азота воздуха, стабилизации дуги, повышения технологичности процесса наплавки и введения легирующих элементов в состав наплавленного металла. Применяют следующие виды электродного покрытия: ильменитовое с содержанием более 30% ильменита ($\text{FeO} \cdot \text{TiO}_2$); высокоцеллюлозное с содержанием 20...30% целлюлозы; карбонатно-рутиловое; основное (фтористо-кальциевое), основными компонентами которого являются карбонат кальция и флюорит; высокорутиловые с содержанием до 35% рутила (TiO_2).

Дуговая наплавка покрытыми электродами отличается низкой стоимостью оборудования, возможностью выполнения наплавки вручную.

Выбор электродов для наплавки

Выбранные для наплавки конкретных изделий электроды должны обеспечивать получение требуемых свойств поверхности детали и в общем случае давать наплавленный металл высокой износостойкости, удовлетворительной вязкости и удовлетворительно обрабатываться механическим способом. Электроды должны обладать хорошими сварочно-технологическими свойствами и быть достаточно дешевыми.

Свойства наплавленного металла в основном определяются его химическим составом и термообработкой. Химический состав наплавленного слоя изменяется за счет введения легирующих компонентов. Наиболее дешевыми и доступными из них являются углерод, марганец, хром, кремний, титан и бор. Они повышают твердость и износостойкость металла при истирании. Марганец и хром при введении их в малоуглеродистую сталь в количестве от 8 до 27% повышают ее износостойкость в 4...5 раз. Высокомарганцовистая сталь хорошо работает при высоких ударных нагрузках. Углеродистая высокохромистая сталь (хрома более 12%) обладает

малой ударной вязкостью, поэтому ее не следует применять при наплавке деталей, работающих при ударных нагрузках. При ручной дуговой наплавке покрытыми электродами легирование наплавленного валика осуществляется либо через электродное покрытие, в состав которого входят легирующие компоненты, либо с помощью электродного стержня, изготовленного из легированной сварочной проволоки.

Наплавка изношенных деталей машин, изготовленных из углеродистых или легированных сталей и не подвергающихся после наплавки термообработке, производится электродами любой соответствующей основному металлу марки, обеспечивающими необходимую твердость и износостойкость наплавленного металла. Если же восстановленные детали подвергаются термообработке, то наплавка их производится такими электродами, наплавленный металл которых допускает эту обработку без снижения твердости и других механических свойств, например электродами ЦН-2, 03Н-250, 03Н-300. В наплавленном металле стальных деталей, подвергающихся закалке, должно быть не менее 0,30% углерода, чтобы металл мог воспринимать закалку.

Электроды для наплавочных работ в зависимости от химического состава и твердости наплавленного металла делятся на типы, а в зависимости от химического состава покрытия – на марки. Электроды, применяемые для наплавочных работ, разделяют на следующие группы.

1. Для наплавки деталей, работающих на износ при обычных температурах, применяют электроды 03Н-250, 03Н-300, 03Н-350, 03Н-400, Т-590, ЦН-250.

Металл, наплавленный этими электродами, имеет среднюю и высокую твердость, удовлетворительную пластичность и вязкость и относится к перлитному классу. Наплавленный металл в зависимости от химического состава может подвергаться или не подвергаться термообработке. Такие электроды применяются для наплавки валов, осей, автосцепок, крестовин, зубьев экскаваторов, лемехов, ножей бульдозеров, катков и звездочек тракторов, колес подвижного состава и т. д.

2. Для наплавки деталей, работающих на износ при повышенных температурах, применяют электроды ЦШ-1, ЦШ-2, ЦШ-3, ЦН-4, ЦН-5, 03Н-1, НЖ-2, ЭН-60М. Они дают в наплавленном слое перлитную хромовольфрамовую или хромомарганцевую сталь. Применяются для наплавки штампов горячей штамповки, деталей кузнечно-прессового оборудования. Как правило, наплавленные изделия перед механической обработкой отжигаются, а после нее подвергаются закалке и высокому отпуску.

3. Электроды для наплавки режущего инструмента: ЦН-1М, Т-216, Т-268, Т-293, ОЗИ-5, ОЗИ-6. Они дают наплавленный металл типа быстрорежущей стали.

4. Электроды, предназначенные для наплавки эрозионно-стойких поверхностей деталей, работающих при высоких температурах и в агрессивных средах: ЦН-2, ЦН-3, ЦН-6, ЦН-8. Применяются для наплавки деталей арматуры паровых котлов, насосов и турбин парогенераторов. В наплавленном слое такие электроды дают структуру стеллитов или сормаитов.

5. Электроды, предназначенные для сварочных работ: ЦМ-7, УОНИ 13/45, МР-3, АНО-4. Они дают наплавленный металл с высокой твердостью, но не могут существенно повысить износостойкость детали, только дают возможность восстановить её размеры и форму.

Техника наплавки покрытыми электродами стальных изделий

Наплавка малоуглеродистых и низколегированных сталей производится обычным способом при обычных условиях. Во время наплавки электрод должен быть наклонен под углом $15...20^\circ$ к вертикали во избежание попадания жидкого шлака на еще не расплавленный основной металл. Наплавка должна осуществляться углом назад (рис. 2.1,а). Для получения узкого валика шириной до 1,5 диаметра электрода последний при наплавке перемещают прямолинейно без поперечных колебаний. Однако из-за высокой скорости охлаждения в металле наплавки могут остаться не успевшие выделиться газы и шлаковые включения. С целью устранения таких дефектов при наплавке накладываются более широкие валики, которые получают при поперечном колебательном перемещении конца электрода (рис. 2.1,б). Такой прием увеличивает прогрев кромок валика и замедляет скорость охлаждения сварочной ванны, что уменьшает вероятность появления дефектов.

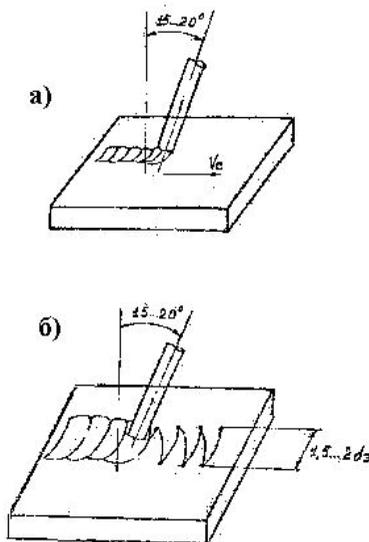


Рис. 2.1. Техника наплавки:
а — углом назад;
б — с поперечными колебаниями

Наплавка более широких слоев и большей высоты наплавленного слоя может осуществляться пучком электродов. Он представляет собой несколько сложенных вместе электродов, скрепленных обвязкой и прихватками. В случае необходимости наплавки низкими и широкими валиками применяют пучки из двух или трех электродов, скомпонованных в ряд. Для наплавки более узкими, но высокими валиками применяют пучки из трех электродов, скомпонованных треугольником, или четырех электродов (рис. 2.2).

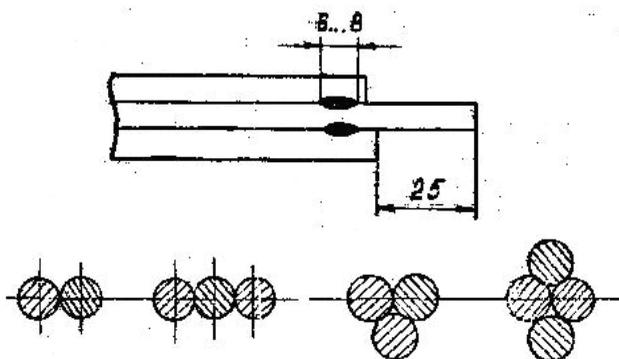


Рис. 2.2. Пучки электродов для наплавки

Наплавка должна выполняться короткой дугой, валики накладываются так, чтобы каждый последующий перекрывал предыдущий на $1/2$ или $1/3$ своей ширины. По высоте слой наплавленного металла устанавливается из расчета, чтобы припуск на механическую обработку составил $2...3$ мм.

Между толщиной слоя наплавленного металла, диаметром электрода, числом слоев наплавки и силой тока рекомендуется выдерживать следующие соотношения (табл. 2.1).

Таблица 2.1

Наименование параметров	Величина параметров		
1. Толщина слоя наплавки, мм	До 1,5	До 5	Свыше 5
2. Диаметр электрода, мм	3	4...5	5...6
3. Число слоев наплавки	—	1...2	2 и более
4. Сила сварочного тока	50...100	130...180	180...240

При окончании наплавки усадочный кратер необходимо выводить за пределы рабочей наплавленной поверхности, используя для

этой цели приставные планки. После наложения каждого валика с поверхности наплавки удаляются шлак и брызги металла. При наплавке средне- и высокоуглеродистых сталей рекомендуется предварительный подогрев металла до температуры 350°. Изделия, подвергнутые ранее термообработке (закалка), перед наплавкой отжигают, после наплавки рекомендуется производить высокий отпуск наплавленного слоя.

2.2. Газовая сварка и наплавка стальных деталей. Заварка трещин

Для газопламенной обработки металлов применяют различные горючие газы и жидкости. При их сжигании в смеси с воздухом температура пламени обычно не превышает 1800...2000°C. При газовой сварке большинства металлов требуется, чтобы температура газосварочного пламени была не ниже 3000°C. Для повышения температуры пламени горючих газов их сжигание производится в смеси с технически чистым кислородом.

В качестве горючих газов в основном используют ацетилен (C_2H_2) и пропан (C_3H_8). От того, какой горючий газ и в какой пропорции будет смешан с кислородом, зависят характер пламени, его температура и свойства. Различают три вида пламени.

1. Нормальное пламя – не вызывающее окисления или насыщения углеродом металла и способствующее раскислению металла. Пламя состоит из ядра 1, восстановительной или рабочей зоны 2 и факела 3 (рис. 2.3). Ядро пламени – ярко светящаяся часть, состоящая из смеси кислорода с ацетиленом, начинающим гореть. Плавление металла ядром пламени недопустимо, потому что в составе ядра имеются кислород и свободный углерод, которые будут переходить в металл, окисляя его и насыщая углеродом. Восстановительная, или рабочая, зона представляет собой прозрачный ободок вокруг ядра и состоит из смеси продуктов частичного сгорания газа. Продукты частичного сгорания газа являются восстановителями по отношению к окислам большинства металлов. В связи с этим зона, называемая восстановительной, является и рабочей зоной, поскольку обладает наивысшей температурой из всех участков пламени и ею производят плавление металла. В факеле пламени происходит полное догорание горючего газа за счет кислорода, поступающего из воздуха. Нагревать металл при сварке факелом пламени недопустимо в связи с окислением металла, а также из-за низкой температуры факела пламени.

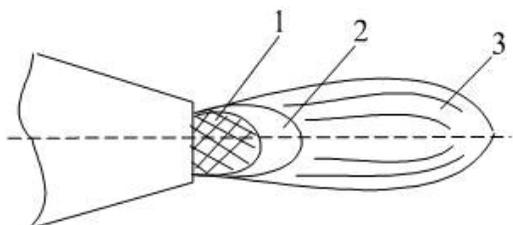


Рис. 2.3. Схема газового пламени:
1 – ядро пламени; 2 – рабочая зона; 3 – факел

2. Окислительное пламя получается при избытке кислорода в смеси. Оно вызывает окисление металла. Окислительное пламя отличается укороченным ядром синеватого цвета, имеющим остrokонечную форму, укороченным факелом, рабочая зона почти незаметна.

3. Науглероживающее пламя получается при избытке ацетилена в газовой смеси. При плавлении стали таким пламенем углерод из продуктов пламени переходит в металл. Науглероженный металл обладает повышенной твердостью и хрупкостью. Пламя отличается увеличенными размерами факела и ядра. Рабочая зона размыта и практически незаметна. В технике газопламенной обработки металлов обычно применяется нормальное пламя, но иногда рекомендуется применение слегка науглероживающего или слегка окислительного пламени.

Газовая сварка малоуглеродистой стали

Технология газовой сварки малоуглеродистой стали включает несколько операций.

- *Подготовка кромок металла под сварку*

Кромки под сварку подготавливаются в зависимости от толщины свариваемого металла, вида соединения и метода сварки. Перед сваркой кромки должны быть очищены от всех загрязнений на ширину 4...5 мм от оси шва. Стыковые соединения металла толщиной менее 2 мм сваривают без разделки кромок или с отбортовкой кромок. При толщине металла 2...5 мм делают скос одной из кромок; при толщине металла 5...15 мм делают разделку кромок V-образной формы; при толщине металла более 15 мм ведут двустороннюю сварку с X-образной разделкой кромок.

- *Подбор сварочной (присадочной) проволоки*

Диаметр проволоки для газовой сварки подбирается в зависимости от толщины свариваемого металла и способа сварки по следующим формулам:

1) для левого способа сварки $d = \delta/2 + 1$ мм;

2) для правого способа сварки $d = \delta / 2$,

где δ – толщина свариваемого материала в миллиметрах.

Сварочная проволока выбирается в зависимости от марки свариваемого металла. Для сварки стали марок Ст0...Ст15 выбирается проволока марки Св08 или Св15. Для сварки стали марок Ст15...Ст25 применяется проволока Св08А или Св08ГА.

- *Подбор мощности горелки (наконечника)*

Мощность наконечника горелки подбирается в зависимости от толщины свариваемых кромок и метода сварки. В общем случае расход горючего газа определяется по формуле

$$A = K \cdot \delta,$$

где K – удельный расход газа на 1 мм толщины металла (справочные данные); δ – толщина металла в миллиметрах.

- *Управление горелкой*

Перед зажиганием горелки при помощи редуктора устанавливается необходимое рабочее давление кислорода. Сначала немного открывается кислородный вентиль на горелке, затем ацетиленовый и конец мундштука горелки подносится к пламени. После воспламенения смеси регулируют пламя до получения нормального, руководствуясь его внешним видом. В процессе выполнения шва горелкой производят равномерные и непрерывные поступательное и колебательное движения, при этом факел пламени всегда должен оставаться параллельным оси шва.

Применяются два различных способа ручной газовой сварки: распространенный левый способ и менее распространенный правый способ. При левом способе сварка ведется справа налево (рис. 2.4). Впереди подается пруток присадочного металла, за ним следует горелка, пламя направлено под углом к поверхности металла в сторону еще не заваренного шва.

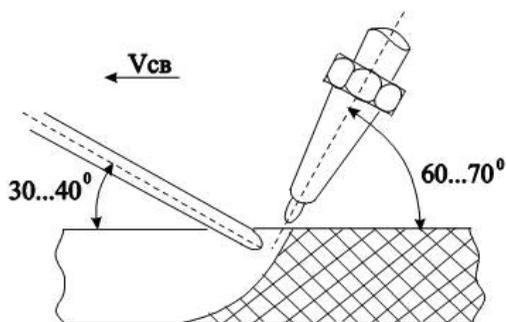


Рис. 2.4. Левый способ сварки

При правом способе сварка ведется слева направо (рис. 2.5). Впереди передвигают горелку, за ней подают пруток присадочного металла. Пламя направлено назад на уже заваренный шов. Правый способ целесообразен в том случае, когда толщина свариваемого металла более 5 мм.

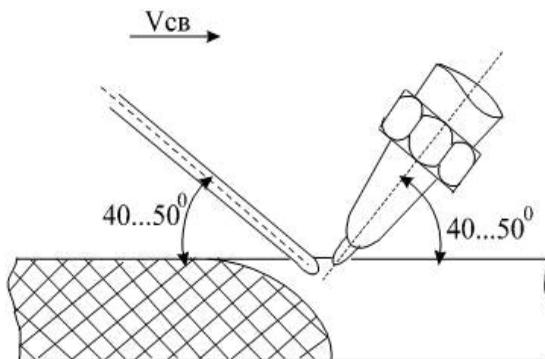


Рис. 2.5. Правый способ сварки

- *Подача сварочной проволоки*

Подача сварочной проволоки осуществляется под углом около 45° . При сварке металла толщиной свыше 1,5 мм конец сварочного прутка остается погруженным в сварочный металл во избежание окисления. При сварке металла толщиной более 5 мм сварочной проволокой производят колебательные движения в сторону, противоположную движению горелки.

Перед сваркой производится прихватка свариваемых кромок, которую выполняют от середины шва к краям. После сварки изделия из малоуглеродистой стали последующей термообработке не подвергаются, так как ее влияние на качество малоуглеродистой стали невелико.

Газовая сварка среднеуглеродистой и высокоуглеродистой стали

Основные затруднения при сварке

1. Происходит кипение сварочной ванны.
2. Металл закаливается в зоне шва, и образуются трещины в шве и ОШЗ.

Особенности сварки

1. Мощность горелки для сварки подбирается несколько меньшая, чем при сварке малоуглеродистой стали.
2. Рекомендуется применять флюс, особенно для сварки высокоуглеродистой стали (50% NaCO_3 , 50% Na_2CO_3).

3. Перед сваркой заготовки рекомендуется отжигать.
4. Сварку следует выполнять с общим предварительным подогревом изделия, не допускаются перегрев и кипение сварочной ванны.
5. После сварки необходимо обеспечить наиболее замедленное охлаждение сварного соединения (укрывание песком, асбестом).
6. Во всех случаях сварки средне- и высокоуглеродистой стали рекомендуется последующая термическая обработка в виде отжига, нормализации или закалки с высоким отпуском.

Сварка легированной стали

Основные затруднения при сварке

1. Металл закаливается, и образуются трещины в шве и ОШЗ тем больше, чем больше в составе стали углерода и легирующих добавок.
2. Происходит выгорание из расплавленного металла легирующих элементов.

Техника сварки и её особенности

1. Необходимо постепенно нагревать металл в месте начала шва.
2. Накладывать швы необходимо с максимально возможной скоростью, не допуская перегрева металла.
3. В месте окончания шва осуществлять медленный, постепенный отвод пламени, образуя усиление в конце шва, а также обогревая увеличенную площадь металла.
4. Не допускать сварки металла при низких температурах. Обеспечивать медленное охлаждение сварного соединения.
5. Перед сваркой заготовки должны быть в отожженном состоянии.

Сварка высоколегированной и инструментальной стали

Основные затруднения при сварке

1. Образуются трещины в сварных швах вследствие сильной закаливаемости металла на воздухе.
2. Получаются швы с большой химической неоднородностью.

Особенности сварки

1. Заготовки перед сваркой должны быть в отожженном состоянии и тщательно очищены.
2. Заготовки перед сваркой должны подогреваться до температуры 250...300°С.
3. При сварке должен обязательно применяться флюс.
4. Пламя должно быть с небольшим избытком ацетиленом.

5. После сварки изделия в горячем состоянии необходимо помещать в печь для отжига.

Кроме различных сталей пламенем газовой горелки можно сваривать чугун, медь, латунь, бронзу. Широкое распространение газовое пламя нашло при ремонтной сварке чугуна, для наплавки, а также для пайки различных металлов. Газовое пламя может обеспечивать процесс разъединения металлов или газокислородную резку.

Заварка трещин

При заварке трещин необходимо предварительно на их концах просверлить отверстия сверлом диаметром 5...8 мм (рис. 2.6) для того, чтобы при нагреве трещина не распространялась дальше (в деталях из малоуглеродистой стали концы трещин можно не сверлить). Конец трещины легко обнаруживается при снятии зубилом тонкой стружки. Если стружка не раздваивается, то трещины в данном месте нет.



Рис. 2.6. Заварка коротких (а) и длинных (б) трещин

При толщине металла более 5...6 мм трещину разделяют в зависимости от толщины с одной или двух сторон. Трещина заваривается от середины к краям. Если трещина имеет длину более 500 мм, то сварку целесообразно вести обратноступенчатым способом участками длиной 150...200 мм (рис. 2.6, б). Кромки трещины перед сваркой должны быть зачищены до металлического блеска.

Приемы заварки трещины зависят от конфигурации детали и ее характера. Трещины длиной до 200 мм можно сваривать без прихваток. При длинных трещинах требуется простановка прихваток, чтобы при сварке не уменьшался зазор между кромками разделанной трещины. Иногда прихватки заменяют расклиниванием. Для этого в трещину посередине загоняют клин (рис. 2.7), вследствие чего она раздается. Трещину заваривают от каждого конца к клину. После этого клин выбивают и заваривают оставшийся участок. Если трещина выходит на край кромки детали, то сварку начинают

от точки 1 и ведут к точке 2 (рис. 2.8). Затем заваривают оставшийся участок от точки 3 к точке 2. Расстояние между точками 2 и 3 должно быть равно примерно $1/3$ общей длины трещины. Небольшие трещины на тонком металле, например на крыле автомобиля, могут завариваться в одном направлении. При заварке крыла автомобиля после наложения небольшого участка шва производится проковка его с целью сохранения профиля крыла (рис. 2.8).

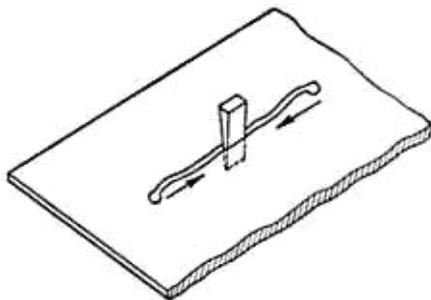


Рис. 2.7. Расклинивание трещины

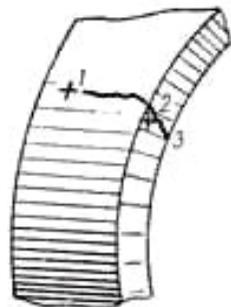


Рис. 2.8. Заварка трещины на крыле автомобиля

При заварке малых толщин (0,8...1,2 мм) колебательные движения горелкой и проволокой не делают.

Вварка заплат

При постановке заплат необходимо, чтобы материал заплаты соответствовал основному металлу по толщине и марке стали; углы отверстия и заплаты должны быть закруглены, так как при вварке заплат с острыми углами возникают трещины, начинающиеся от углов.

В основном металле и в заплате делают требуемый скос кромок. Размер заплаты берется таким, чтобы получить соответствующий зазор.

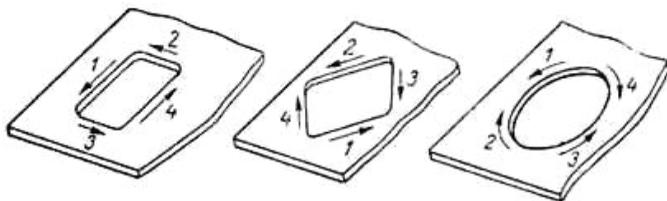


Рис. 2.9. Схема вварки заплат

Кромки очищаются от ржавчины и грязи. После пригонки заплата закрепляется прихватками через каждые 200...250 мм. Сварка производится в порядке, указанном на рис. 2.9. Заплате придается выпуклую форму. Во время сварки такая заплата будет свободно деформироваться. После сварки нагретую заплату ударами молотка выправляют. Это предупреждает образование трещин от усадки при остывании металла шва.

2.3. Способы ремонтной сварки чугунных деталей

Для изготовления литых корпусных деталей машин и станков применяют обычно серый машиностроительный чугун различных марок. Сварочно-технологические свойства чугуна в большей степени зависят от структуры металла в области сварки, состояния и вида графитных включений в нем.

Перлитный чугун состоит из перлита с равномерно распределенным мелкозернистым и пластинчатым графитом. Количество перлита в структуре от 25 до 100%. Эти чугуны обладают повышенной прочностью и пластичностью, применяются для ответственных деталей и хорошо свариваются. Получение той или другой структурной составляющей определяется химическим составом чугуна, условиями кристаллизации и остывания металла; таким образом, одной из основных мер для получения желаемой структуры чугуна является регулирование соотношений концентраций углерода и кремния. Количество свободного углерода, выделяющегося в виде графита, зависит от скорости остывания сплава, содержания в сплаве кремния и наличия других ферритизаторов. При содержании в сплаве кремния более 4% и медленном охлаждении отливки почти весь углерод выпадает в виде графита. Эти свойства кремния используют при сварке чугуна чугунной присадкой, в которой содержание кремния составляет от 3,5 до 4,5%. Кремний уменьшает растворимость углерода в жидком и твердом растворе и вытесняет углерод из раствора в виде графита.

Перлитно-ферритные чугуны встречаются в массивных тяжелых отливках. В структуре кроме перлитной составляющей и графитных включений имеется некоторое количество зерен феррита. Свариваемость этих чугунов хуже, чем перлитных.

Ферритные чугуны в структуре имеют менее 25% перлита, углерод почти весь выделен из сплава в виде графита. Эта структура характерна для деталей крупных и массивных, а также для деталей, работающих длительное время под воздействием тепла. Сварка данного чугуна сложна и требует специальной технологии.

Особенности сварки чугуна

Основные затруднения при сварке

- Склонность к образованию твердых закаленных прослоек при быстром охлаждении сплава, нагретого до температуры 760°C; обычно при этом образуются промежуточные структуры (мартенсит, тростит), обладающие высокой твердостью, затрудняющие обработку его обычным режущим инструментом.
- Недостаточная пластичность чугуна, что при сварке приводит к трещинообразованию, связанному с неравномерным нагревом изделия. Чем больше перепад температур между основным металлом и сварным швом, тем больше вероятность возникновения трещин. При общем равномерном нагреве детали перед сваркой до температуры 300°C и выше опасность трещинообразования резко уменьшается.
- Потеря пластических свойств при плавлении и затвердевании, большая жидкотекучесть в расплавленном состоянии. Переход из твердого состояния в жидкое происходит сразу, минуя пластическое состояние.

Влияние величины и формы графита на свариваемость чугуна

1. Хорошая свариваемость – мелкий пластинчатый или сферообразный графит в чугунах перлитного класса.
2. Удовлетворительная свариваемость – графитные включения малого и среднего размера. Отдельные включения графита окружены достаточным полем металла, что обеспечивает свариваемость.
3. Ограниченная свариваемость – крупные включения графита, образующие сплошную сетку. Сложная чугунная отливка может иметь в различных частях неодинаковую структуру. Толстые стенки имеют структуру крупнозернистого феррита (вследствие медленного охлаждения), тонкие вследствие быстрого охлаждения – мелкозернистую перлитную структуру.

Области применения сварки чугуна

1. Исправление дефектов литья:
 - а) дефекты, обнаруживаемые после извлечения отливок из литейных форм в литейном цехе (раковины, недоливы, трещины, рыхлоты, пористость и др.). Большинство дефектов исправляются на специально оборудованных участках;
 - б) дефекты литья – обнаруживаются в процессе механической обработки (раковины, пустоты, трещины). Исправление – сложная задача, требующая специальных электродов, технологии и квалификации сварщика.
2. Исправление различных повреждений, полученных в процессе эксплуатации:

а) сварка чугуновых деталей на ремонтных заводах с массовой однотипной продукцией (автомобили, тракторы и др.) – это позволяет применять единообразную технологию сварки, тщательно отработанную, обеспечивающую высокое качество сварного соединения;

б) восстановление деталей больших габаритов и веса, вышедших из строя вследствие поломок и износа. Вопрос исправления таких деталей крайне сложен и требует применения специфических способов сварки.

3. Изготовление сварных изделий из отдельных чугуновых отливок методом промежуточного литья или электрошлаковой сваркой (сварно-литые чугуновые изделия). Качество сварного соединения в чугуновых изделиях определяется следующими показателями:

а) обрабатываемость наплавленного слоя (сварного шва) обычным режущим инструментом;

б) одинаковая твердость металла шва, зоны термического влияния и основного металла;

в) равнопрочность сварного соединения основному металлу;

г) одинаковый химический состав и структура наплавленно-го и основного металла.

Способы сварки чугуна. Классификация способов сварки чугуна, нашедших применение в промышленности

1. Горячая сварка чугуна (сварка с общим подогревом изделия):
 - газовая сварка чугуновой присадкой с применением флюса;
 - газовая сварка с применением присадок из цветных металлов;
 - электродуговая сварка угольным электродом с чугуновой присадкой;
 - электродуговая сварка чугуновым электродом;
 - электродуговая сварка стальным электродом со стабилизирующей обмазкой;
 - литейная сварка способом промежуточного литья.
2. Холодная сварка чугуна:
 - электродуговая сварка стальными покрытыми электродами;
 - электродуговая сварка стальным электродом со специальной обмазкой;
 - электродуговая сварка электродами из медно-железных сплавов;
 - электродуговая сварка электродами из медно-никелевых сплавов;

- электродуговая сварка электродами из железоникелевых сплавов;
- газовая низкотемпературная сварка специальной чугунной присадкой.

Горячая сварка чугуна

Предварительный подогрев изделия перед сваркой уменьшает скорость охлаждения наплавленного металла и препятствует образованию твердых закалочных структур, одновременно ослабляет общее напряженное состояние свариваемого изделия и предотвращает образование трещин. Для большинства изделий – нагрев до 400...450°С, при сварке жестких и сложных деталей нагрев должен быть повышен до 550...600°С. Способы нагрева определяются условиями производства. Массовые однотипные работы выполняются в специальных нагревательных печах (например, печи конвейерного типа), в горнах, газовых или электрических печах. Индивидуальные изделия подогреваются во временных горнах с применением древесного угля, кокса или газа. Горячая сварка выполняется только в нижнем положении. Обработка завариваемого участка под сварку заключается в тщательной вырубке всех трещин, раковин и надорванных мест, при этом должен быть вырублен весь рыхлый металл.

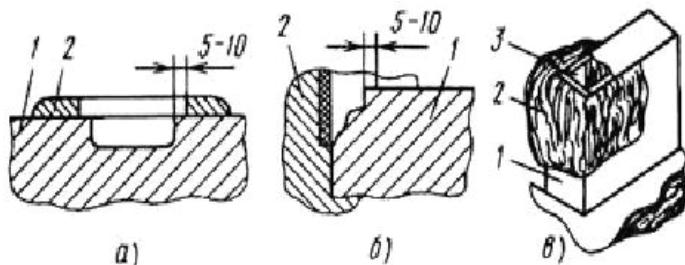


Рис. 2.10. Формовка места сварки для горячей сварки чугуна:
а – несквозной раковины; *б* – недолива кромки детали;
в – общий вид заформованного дефекта: 1 – деталь; 2 – формовка;
 3 – графитовые пластины

Вследствие высокой температуры основного металла, подогретого для сварки, затвердевание наплавленного металла замедляется, поэтому при горячей сварке нужно хорошо заформовать место сварки, чтобы не дать растечься жидкому металлу (рис. 2.10). При формовке часто пользуются графитовыми, угольными или коксовыми пластинками, для больших деталей формовкой служит фор-

мовочная смесь высокой прочности (кварцевый песок, замешенный на жидком стекле). После формовки необходима просушка формы при постепенном подъеме температуры от 60 до 120°С, затем проводят дальнейший нагрев под сварку со скоростью 120...150°С в час в печах, горнах или временных нагревательных устройствах. Мало- и среднегабаритные детали надо подогревать до температуры 300...400°С, а крупногабаритные – до 500...600°С (до появления коричнево-красного цвета).

Способы нагрева и нагревательные устройства применяют в зависимости от характера производства (устранение литейных дефектов, ремонтная сварка и т. д.). Например, при массовом производстве в литейных цехах автомобильных и тракторных заводов целесообразно использовать конвейерные печи; для ремонтных работ удобен нагрев в муфельных печах или в горнах с открытым кожухом; для разовых ремонтных работ крупногабаритных изделий изготавливают временные нагревательные устройства из огнеупорного кирпича, в том числе печи-ямы в земляном полу цеха.

Остывание после сварки в зависимости от веса и формы детали длится от нескольких часов до нескольких суток. Замедленное охлаждение после сварки достигается при укрывании изделий теплоизолирующим слоем (листами асбеста и засыпкой песком, шлаком и др.) или при охлаждении вместе с печами, горнами для замедленного охлаждения металла шва и обеспечения свойств сварного соединения, равноценных свойствам основного металла.

Таблица 2.2

Базовые сварочные материалы для горячей сварки чугуна

Наименование	Марка и обозначение	Назначение
Наплавленный металл – чугун с перлитно-ферритной структурой		
Прутки чугунные (ГОСТ 2671-70)	А, Б	Для горячей газовой сварки (заварки) и изготовления электродов
Прутки чугунные	ПЧ-1	Для горячей газовой сварки, наплавки (Ø 10...12 мм), изготовления электродов (Ø 12...16). Разработаны с целью улучшения сварочно-технологических свойств прутков и повышения качества наплавленного металла

Наименование	Марка и обозначение	Назначение
Электроды чугунные на прутках ПЧ-1, А, Б	ЭЧ-1	Для горячей дуговой сварки-наплавки (Ø 12...16 мм)
Наплавленный металл – чугун с перлитной структурой		
Прутки чугунные	ПЧС-1 (ПЧ-2)	Для горячей газовой сварки, наплавки, изготовления электродов
Прутки чугунные самофлюсующие	ПЧ-3	Для горячей газовой сварки, наплавки при исправлении дефектов модифицированных чугунов
Электроды чугунные на прутках ПЧС-1	ЭЧ-2	Для горячей дуговой сварки-наплавки
Наплавленный металл – чугун с шаровидным графитом		
Электроды чугунные на прутках ПЧС-2	ЭВЧ-1	Для горячей дуговой сварки-наплавки ванным способом

Ацетиленокислородная сварка чугунных изделий

Сварка выполняется нормальным пламенем. В качестве присадочного металла применяются чугунные прутки марки А и Б по ГОСТ 2671-70 или прутки марки ПЧ-1 (табл. 2.3). Диаметр прутков 8...16 мм. Сварка производится с применением флюса: 1) бура техническая безводная (кристаллическую буру нагревают до 400°С, после остывания растирают в мелкий порошок); 2) бура плавляная. Кроме того, при сварке чугуна можно применять газообразный флюс БМ-1, который представляет собой смесь метилбората (70...75%) с метанолом (25...30%). Эта смесь в виде жидкости заливается в специальный флюсосмеситель типа КГФ-3, через который пропускается горячий газ для сварки. Поскольку флюс легко испаряется, пары его извлекаются горючим газом и подаются с ним по рукаву в горелку, где они сгорают в пламени. Процесс с использованием газообразного флюса называется газифлюсовой сваркой. Флюс БМ-1 обеспечивает получение густого, вязкого шлакового покрова на поверхности сварочной ванны.

Газовая сварка чугуна по сравнению с другими способами обладает технологическими преимуществами. Основным из них является возможность регулирования в широких пределах скорости

нагрева и величины нагреваемых зон, прилегающих к сварному шву, скорости заполнения сварочной ванны присадочным металлом и скорости охлаждения заваренного участка. Эти приемы широко используются в практике и дают возможность получать металл сварного соединения, соответствующий по качеству основному металлу.

Сварку выполняют по следующей технологии:

- предварительный подогрев сварных кромок горелкой до температуры 750...800°C;
- обработка нагретой поверхности флюсом;
- дальнейшее повышение температуры кромок сварочной горелкой до 960...1100°C;
- подача присадочного металла в зону сварки и его разогрев;
- расплавление кромок и присадочного металла с образованием сварочной ванны. Глубину сварочной ванны необходимо регулировать в пределах 3...6 мм. Данный способ применяется обычно для ремонта мелких чугунных деталей.

Сварка угольным или графитовым электродом

В отличие от газовой сварки здесь создается более высокая температура сварочной ванны и большая концентрация тепла. Сварка ведется на постоянном токе прямой полярности. Диаметр электрода 8...20 мм. Сила тока от 350 до 800 А, определяется диаметром электрода и толщиной свариваемого металла. Диаметр чугунного присадочного прутка 6...14 мм. Флюсы применяют такие же, как и для газовой сварки. При правильно выполненном процессе шов обладает механическими свойствами, структурой и химическим составом литейного чугуна.

Таблица 2.3

Химический состав чугуна

Марка	Углерод	Кремний	Марганец	Фосфор	Сера	Хром
					не более	
А	3...3,6	3...3,5	0,5...0,8	0,2...0,5	0,08	0,05
Б	3...3,6	3,6...4,8	0,5...0,8	0,3...0,5	0,08	0,05

Флюс при сварке чугуна выполняет следующие функции:

- очищает свариваемую поверхность основного металла от окислов и загрязнений, растворяя их;
- растворяет легкоплавкие соединения;
- защищает расплавленную ванну от окисления;

– увеличивает жидкотекучесть сварочных шлаков и ванны расплавленного металла и смачиваемость основного металла.

Дуговая сварка чугуном электродом

Горячая дуговая сварка чугуном электродом применяется при исправлении крупных литейных дефектов в тяжелых чугунных отливках.

В промышленности применяют много разнообразных обмазок для чугунных электродов. Обмазки должны хорошо стабилизировать дуговой промежуток, защищать от выгорания электродный металл в процессе его плавления и переноса через дуговой промежуток, легировать металл шва. Наиболее распространены для горячей сварки чугуна электроды марки ОИЧ-1. Они изготавливаются из чугунного стержня марки А и Б Ø 10...18 мм с обмазкой, в состав которой входят мел – 25%, графит – 41%, ферросилиций – 9%, полевой шпат – 25%. Толщина слоя покрытия 0,1...0,2 мм, длина чугунных стержней составляет 350...500 мм. Разделка дефектного участка должна быть обязательно заформована. Подготовленная деталь подвергается нагреву до 350...400°С. Сварка может выполняться от источников переменного и постоянного тока. Сила тока устанавливается из расчета 50...90 А на 1 мм диаметра электрода. После зажигания дуги сварщик оплавляет кромки изделия и образует ванну расплавленного металла. При нормальном нагреве ванна оплавляет стенки детали и жидкий металл хорошо смачивает кромки основного металла. Дуга при этом должна располагаться по центру сварочной ванны.

Для ускорения процесса заварки дефектов большого объема в сварочную ванну добавляют огарки чугунных электродов или заранее приготовленные куски чугунного лома. Процесс сварки заканчивается наплавкой поверхности выше уровня основного металла на 2...6 мм. Данное усиление играет роль литейной прибыли, в которой концентрируются шлаки, а потом образуется литейная корка.

Холодная сварка чугуна

Разработка всех способов холодной сварки чугуна направлена на решение следующих задач.

1. Получение сварного соединения, обрабатываемого обычным режущим инструментом. Ряд электродов (в основном из меди, никеля и их сплавов) дают обрабатываемый металл шва (ЦЧ-4, МНЧ-2). Вопрос получения обрабатываемых околошовных зон сварного соединения полностью не решен, так как этот участок вследствие большой скорости охлаждения обычно имеет структуру закалки (цементит).

2. Создание условий, снижающих внутренние напряжения и трещинообразование. Эта задача очень сложная, решена не полностью. Необходимо получить достаточно пластичный металл шва и осуществить проковку.

3. Получение наплавленного металла, близкого по химсоставу к основному металлу. Эта задача применительно к холодной сварке не решена, так как для сварки используется присадочный металл иного состава, чем основной. При холодной сварке чугуна применяют следующие способы:

- 1) сварка стальными электродами;
- 2) сварка электродами из цветных металлов.

Сварка стальными электродами

Наплавка валика на чугунную деталь стальным электродом дает в первом слое половинчатые сплавы чугуна и высокоуглеродистой стали с содержанием углерода 1,6...1,8%. Такие сплавы легко образуют твердые закаленные зоны и обладают большой хрупкостью. Технологические приемы сварки чугуна направлены на снижение твердости, хрупкости и трещинообразования в переходных зонах и в первых слоях наплавки.

Таковыми приемами являются:

- 1) выполнение сварки первых слоев на режимах с малой погонной энергией;
- 2) применение электродов малого диаметра 3...4 мм;
- 3) уменьшение силы тока до 90...150 А;
- 4) обеспечение минимальной глубины проплавления (1,5...2 мм);
- 5) применение обратного слоя (после наплавки первого валика длиной 50...60 мм сварщик сейчас же накладывает на этот валик второй слой). Такой прием является как бы местной термообработкой, что улучшает структуру сварного соединения.

Применение этих мероприятий улучшает структуру переходных зон и увеличивает пластичность первого слоя наплавки, но полностью закалку и возникновение трещин не устраняет.

Широкая производственная проверка стальных электродов показала, что они в ряде случаев вполне обеспечивают надежное сварное соединение чугуна. Из числа качественных электродов хорошо зарекомендовали себя электроды марки УОНИ 13/55, дающие надежное сплавление с чугуном. Наплавленный металл обладает некоторой вязкостью, а во 2-м и 3-м слоях — обрабатываемостью. Наплавленный металл электродами марки ЦЧ-4 удовлетворительно обрабатывается режущим инструментом. В состав электродов ЦЧ-4 введен сильный карбидообразователь — ванадий.

При ремонте крупных дефектов массивных чугунных деталей стальным электродом применяется способ сварки с «шпирками». Для увеличения прочности сварного соединения, когда к нему не предъявляются другие требования (например, при ремонте станин, рам, кронштейнов и других несущих элементов толстостенных конструкций), применяют стальные шпирки, которые частично разгружают наиболее слабую часть сварного соединения — линию сплавления.

Шпирки имеют резьбу, их ввертывают в тело свариваемой детали. Размеры шпилек обычно зависят от толщины свариваемых деталей. Практикой установлены следующие рекомендации: диаметр шпилек 0,3...0,4 толщины детали, но не более 12 мм; глубина ввертывания шпилек — 1,5 их диаметра, но не более половины толщины свариваемых деталей; высота выступающей части — 0,75...1,2 диаметра шпирки. Шпирки располагают в шахматном порядке на скошенных краях деталей и в один ряд на поверхности детали с каждой стороны стыка, причем расстояние между ними должно быть равно 4...6 диаметрам шпирки.

Сварку выполняют в следующем порядке. Сначала обваривают каждую шпирку и облицовывают поверхности кромок электродами диаметром 3 мм на малых токах. Затем на облицованные кромки и шпирки наплавляют валики и окончательно заполняют разделку. При сварке деталей с толстыми стенками для уменьшения количества наплавленного металла рекомендуется в шов вваривать связи из круглой или полосовой стали (рис. 2.11). Для удержания расплавленного металла шва рекомендуется заформовать дефектный участок. При сварке нужно делать перерывы для охлаждения детали. На расстоянии 50...100 мм от шва температура основного металла не должна превышать 50...60°C (терпит рука).

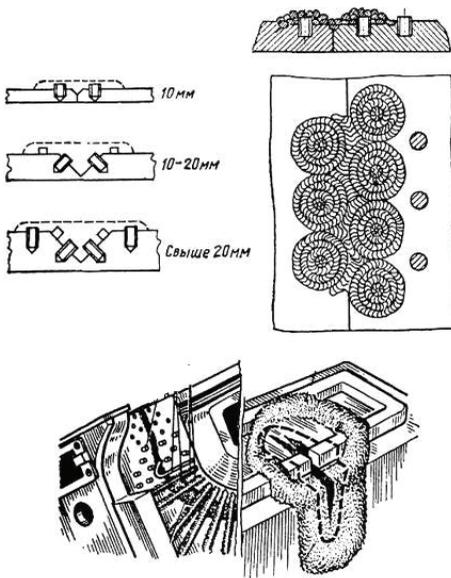


Рис. 2.11. Ремонтная сварка чугунного изделия стальным электродом с применением шпилек

Крайние ряды шпилек должны обвариваться после того, как заварен весь исправляемый участок. При многослойной сварке валики должны пересекаться под углом.

Сварка электродами из цветных металлов

Применение электродов из цветных металлов для дуговой сварки чугуна имеет целью получение металла сварного соединения, обрабатываемого обычным режущим инструментом. Медь и никель, не образующие с углеродом никаких соединений и не растворяющие его, позволяют получать мягкие наплавки с обеспечением 80...90% прочности от основного металла.

Сварка медно-железными электродами

Многочисленные исследования медно-железных электродов показали наилучшие результаты при содержании в сплаве 80...95% меди и 5...20% железа. Эти сплавы дают достаточно прочное соединение и удовлетворительную обрабатываемость. Эти электроды для сварки чугуна применяются очень давно, ряд их выпускается промышленностью согласно разработанным техническим условиям. Существует несколько способов их приготовления:

- 1) медный стержень с оплеткой из жести, покрытый тонкой стабилизирующей обмазкой;
- 2) медный стержень в железной трубке со стабилизирующей обмазкой;
- 3) электрод из биметаллической проволоки (медь на проволоке, электролитическое омеднение);
- 4) пучок из медных и стальных электродов;
- 5) медный стержень с обмазкой основного типа (мрамор, плавиковый шпат), в который введен железный порошок (электроды ОЗЧ-1, ОЗЧ-2 ОЗЧ-6).

Электроды ОЗЧ-2 и ОЗЧ-6 (прил. 2) при наплавке дают хорошие результаты в сочетании с проковкой. Сварка производится короткими участками вразброс, чтобы не допустить перегрева. Основное преимущество железо-медных электродов – возможность эффективной проковки наплавленного ими металла в горячем состоянии, что снижает усадочное напряжение и уменьшает опасность образования трещин в околошовной зоне. Недостаток – неоднородная структура: в мягкой медной основе расположены включения твердой железной составляющей, затрудняющей механическую обработку.

Электроды, содержащие никель

Электроды используют главным образом для заварки различных дефектов, обнаруженных в процессе механической обработки,

где местное повышение твердости недопустимо. Для этих целей применяют медно-никелевые и железоникелевые сплавы:

- тип «Монель» – Ni – 65...75%; Cu – 27...30%; Fe – 2...3%; Mn – 1,2...1,8%;
- тип «Мельхиор» – Ni – 80%; Cu – 20%.

При сварке этими сплавами отбел переходной зоны значительно меньше, чем при сварке стальными и медно-железными электродами. Недостаток этих сплавов – большая литейная усадка, ведущая к появлению горячих трещин в металле, снижающих прочность сварных соединений. Поэтому эти электроды не применяются для заварки трещин в изделиях, несущих силовую нагрузку. Электроды из монельметалла могут применяться для выполнения облицовочного – промежуточного слоя, после чего сварка ведется электродами другого состава. Это дает возможность уменьшить отбел в околошовной зоне. Например, при сварке со шпильками наносят облицовочный слой из монельметалла, а затем ведут сварку электродами марки УОНИ 13/55. Сварное соединение при этом получают удовлетворительное по механической прочности и обрабатываемости режущим инструментом.

Железоникелевые электроды ОЗЧ-3, ОЗЖН-1, ЦЧ-3 и разработаны для сварки высокопрочного чугуна; применяется сплав железа с 55% никеля. Электроды изготавливаются с обмазками основного типа, с толщиной слоя 0,8...1 мм на сторону. Сварка чаще всего ведется постоянным током обратной полярности. Наплавленный слой легко обрабатывается, так как величина отбеленной зоны незначительна вследствие графитизирующего влияния никеля.

Аустенитно-медный электрод

Электрод марки АНЧ-1 состоит из стержня (сталь марки 04X18H9) и медной оболочки. На электрод наносится покрытие фтористо-кальциевого типа. Аустенитно-медные электроды по сравнению с железно-медными обладают следующими преимуществами: большая стойкость против трещин и пор и лучшая обрабатываемость, так как отбел незначителен благодаря графитизирующей способности Ni и меди. Кроме того, аустенитно-медные электроды, как и железоникелевые и железно-медные, в сочетании с проковкой шва обеспечивают необходимую плотность сварного соединения.

Низкотемпературная пайка-сварка чугуна латунными припоями

Процесс протекает при температуре 700...750°C, при которой в чугуне не происходят структурные изменения. Это исключает опасность отбеливания чугуна и уменьшает возможность образования

трещин. Пайку-сварку целесообразно применять при исправлении дефектов на уже обработанных поверхностях, где важно сохранить первоначальную форму изделия, нельзя использовать предварительный подогрев, а также в тонких сечениях, когда необходимо снизить опасность возникновения деформации. Этот способ позволяет получать соединения чугуна с чугуном и другими металлами, что упрощает конструкцию отливок. В качестве припоя используется кремнистая латунь ЛОК-59-1-0,3, содержащая до 0,4% кремния. Для пайки-сварки изделий применяется припой ЛОМНА-54-1-10-4-02, содержащий медь, олово, марганец, никель и до 0,6% алюминия. При пайке-сварке этим припоем металл паяносварного шва имеет цвет чугуна, твердость 180...200 НВ и временное сопротивление разрыву 280...340 МПа. Применяется поверхностно-активный флюс марки ФПСН-2, содержащий 50% борной кислоты (H_3BO_3), 25% углекислого лития ($LiCO_3$), 25% углекислого натрия (Na_2CO_3) и галоидосодержащую добавку для удаления вязкой окиси алюминия, образующейся в процессе пайки-сварки. Флюс плавится при 650°C и служит индикатором начала процесса. Пайку выполняют обычной сварочной горелкой, работающей на ацетилене или газах-заменителях. Пламя должно быть нормальным. Кромки подготавливают механической обработкой. На поверхности чугуна не допускаются грязь, окалина. Следы жиров удаляют протиркой растворителями (ацетоном, бензином и др.). Флюс наносят на основной металл после предварительного подогрева кромок до 300...400°C. Пайку-сварку начинают в момент плавления флюса, направляя пламя на прилегающие к разделке участки основного металла во избежание раздувания флюса. Расплавленный флюс прутом припоя равномерно распределяют по всей поверхности свариваемого места; затем пламя направляют на конец прутка, оплавливают его и по спирали снизу вверх заполняют разделку металлом припоя. Сразу же после затвердевания наплавки ее проковывают медным молотком.

2.4. Ремонтная сварка и наплавка деталей из алюминиевых и магниевых сплавов

Основные затруднения при наплавке изделий из алюминиевых сплавов

Все алюминиевые сплавы, использующиеся для производства деталей, подразделяются на литейные и деформируемые. В свою очередь, эти сплавы могут быть термоупрочняемые и не упрочняемые термической обработкой, а также нагартованными, т. е. имеющими

поверхностно-пластическое упрочнение. В зависимости от этих условий для восстановления деталей из алюминиевых сплавов электродуговой наплавкой требуется применять различные технологические приемы сварки, использовать дополнительное оборудование для подогрева изделий либо выбирать такие технологические установки, которые позволяют модулировать тепловложение в изделие. Наряду с этими проблемами при восстановлении деталей из алюминиевых сплавов возникают затруднения, связанные с особенностями теплофизических и металлургических свойств самого материала.

Основной трудностью при наплавке алюминиевых сплавов является устранение окисной пленки с поверхности наплавляемого и присадочного материала. Поверхность алюминия и его сплавов покрыта тугоплавкой оксидной пленкой, плавящейся при температуре 2050°С. Эта пленка очень затрудняет сплавление основного и присадочного металлов, поэтому свариваемые кромки необходимо тщательно очистить механическим или – чаще всего – химическим способом. Следует иметь в виду, что при нагреве до 400...500°С прочность алюминия резко падает и деталь может разрушиться даже под действием собственного веса.

Окисная пленка образуется на поверхности алюминия практически мгновенно из-за очень высокой активности алюминия по отношению к кислороду. Толщина окисной пленки зависит от условий эксплуатации изделия и длительности воздействия на него окислительной среды. Однако из-за своей высокой плотности толщина окисной пленки обычно не превышает 0,1 мм. Наличие на поверхности окисной пленки препятствует сплавлению металла, а попадание ее в сварочную ванну вызывает пористость наплавленного валика. Пористость возникает обычно из-за диссоциации окислов и попадания в сварной шов вместе с пленкой паров воды и органических загрязнителей. Чтобы исключить вредное воздействие окисной пленки, перед наплавкой алюминиевые изделия должны подготавливаться по следующей технологии:

- промывка горячей водой для устранения органических загрязнителей;
- выжигание масла газовой горелкой (для деталей, работающих в масляной ванне);
- зачистка поверхности механическим путем – точение, фрезерование, зачистка металлической щеткой.

Устранение окисной пленки может осуществляться химическим путем: травление в 10% растворе щелочи с последующей промывкой в воде и пассивированием в 3% растворе азотной кислоты.

Изделия из алюминиевых сплавов обычно наплавляют на переменном токе или на постоянном токе обратной полярности. Это связано с тем, что при таких условиях окисная пленка в процессе горения дуги разрушается под действием так называемого «механизма катодного разрушения». Сочетание предварительной подготовки металла с воздействием «механизма катодного разрушения» окисной пленки позволяет получать наплавленный валик достаточно высокого качества.

Алюминиевые сплавы обладают высокой теплопроводностью и имеют большой коэффициент литейного расширения. Поэтому для наплавки алюминиевых изделий требуется применять мощные источники тепла с высокой степенью концентрации тепловой энергии. Кроме того, для ремонтно-восстановительных работ требуются жесткие зажимные приспособления с целью исключения коробления при наплавке.

Дополнительные трудности при наплавке алюминиевых изделий возникают из-за склонности некоторых сплавов к трещинообразованию.

Появление горячих трещин связано с большой литейной усадкой сплава в процессе кристаллизации и превышением темпа деформации металла над его деформационной способностью в области температурного интервала хрупкости. Борьба с трещинообразованием может осуществляться как технологическим, так и металлургическим путем. К технологическим мероприятиям относятся такие, как использование предварительного подогрева изделия, оптимизации параметров режима сварки, применение импульсного тепловложения. К металлургическим мероприятиям относятся применение присадочных материалов повышенной чистоты, легирование наплавленного валика компонентами, повышающими пластичность сплава, модификация металла тугоплавкими элементами.

Наплавка изделий из алюминиевых сплавов может осуществляться как плавящимся электродом, так и неплавящимся (вольфрамовым) с подачей присадочной проволоки. В качестве защитной среды используют инертные газы аргон или гелий. Для наплавки неплавящимся электродом используют установки типа УДГ-500, УДАР, ИСВУ-315, ТИР-300Д. Для наплавки изделий из алюминиевых сплавов трехфазной дугой неплавящимися электродами используют установку типа УДГТ-315. Для наплавки изделий плавящимся электродом используют сварочные выпрямители типа ВДГ-500, ВС-600 или другие аналогичные с жесткой характеристикой, применяемые для полуавтоматической сварки.

Способы сварки алюминиевых сплавов

Газовая сварка алюминия и его сплавов

Она дает хорошие результаты при правильном выборе режима сварки и применении флюсов. Кромку соединения и присадочную проволоку очищают от оксидной пленки. Механическую очистку производят обезжириванием в щелочном растворе с последующей очисткой металлической щеткой. Химическую очистку производят в такой последовательности: кромки обезжиривают и промачивают в 5% растворе каустической соды; затем соединяемые кромки промывают водой и насухо протирают тряпкой и просушивают. Сварку следует выполнять не позднее чем через 8 часов после очистки. Флюс наносят на свариваемые кромки и присадочную проволоку в виде пасты или насыпают в разделку шва в виде порошка. Флюсы хранят в герметично закрытых сосудах, так как они очень интенсивно поглощают влагу из воздуха.

Сварку выполняют «левым способом», нормальным пламенем или с небольшим избытком ацетилена. Следует учесть, что большой избыток ацетилена способствует образованию пор в сварном шве. Большую опасность представляет избыток кислорода, который значительно затрудняет сварку. Наклон мундштука горелки в начале сварки устанавливают 70...80 градусов, а затем уменьшают до нормального значения 30...45 градусов. Мощность сварочного пламени зависит от толщины металла. Сварные соединения из проката алюминиевых сплавов проковывают легкими ударами в холодном состоянии. Остатки флюса и шлака тщательно удаляют с помощью металлической щетки и горячей воды.

Ручная дуговая сварка вольфрамовым электродом на переменном токе

Электрическая дуга горит между изделием и неплавящимся электродом. Присадочный материал вводят в сварочную ванну без подключения к источнику тока. Как правило, сварку вольфрамовым неплавящимся электродом проводят на переменном токе в среде аргона.

Данный метод используют для сварки стыковых, угловых и тавровых швов, а также для заварки различного рода дефектов изделий при толщине стенок от 1 до 12 мм в зависимости от мощности источника питания и теплоемкости изделия. Использование однофазной дуги, горящей с вольфрамового электрода в среде инертного газа для ремонтной сварки изделий больших толщин неэффективно вследствие большой теплопроводности алюминиевых сплавов.

Установка для сварки состоит из охлаждаемой воздухом или водой сварочной горелки с вольфрамовым электродом (рис. 2.12) системы подачи защитного газа и охлаждающей жидкости и специального трансформатора. Охлаждающую воду можно брать от водоразборного крана и после прохождения через установку отводить в канализацию. В случае применения охлаждающего устройства определённую часть воды постоянно вновь охлаждают. В этом случае отпадает необходимость в заборе воды, уменьшается опасность отложения солей в трубопроводах.

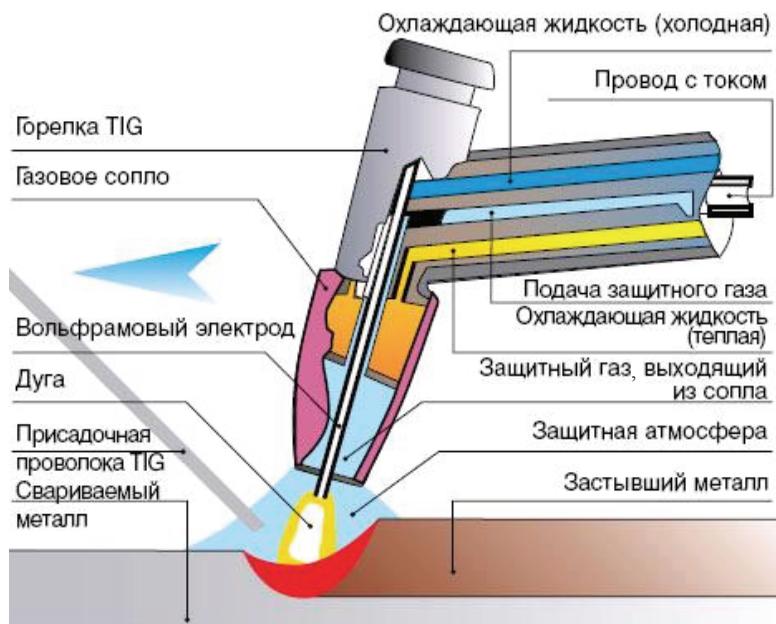


Рис. 2.12. Сварка алюминиевых сплавов на переменном токе вольфрамовым электродом в среде инертных защитных газов

Зажигание электрической дуги происходит, когда электрод, наклоненный под углом примерно 45° , находится на расстоянии около 3 мм от изделия (при горячем электроде расстояние должно быть немного больше). Целесообразно предварительно зажечь электрод на куске отходов или на специально подготовленной для этого медной или стальной пластине. С целью обеспечения ответственности потока аргона и предотвращения окисления свариваемого изделия необходимо держать электрод на наиболее благоприятном минимальном расстоянии от изделия. Как только сварочная

ванна станет чистой, глянцевой, можно начинать сварку, подавая присадочный материал. Необходимо избегать перегревов, которые приводят к матово-серой поверхности шва.

Пруток присадочного материала наклоняют на 10...20 градусов к поверхности свариваемого изделия, подводя его независимо от электрической дуги, но под покровом защитного газа. Соприкосновение вольфрамового электрода с изделием или присадочным материалом приводит к загрязнению сварного шва и повреждению электрода. Загрязнённый конец электрода отламывают.

*Дуговая ремонтная сварка алюминиевых сплавов
металлическим электродом*

Дуговую сварку алюминия металлическим электродом с обмазкой применяют в настоящее время практически только для ремонтной сварки литых изделий. Электрическая дуга горит между свариваемым изделием и плавящимся электродом. Сварку ведут на постоянном токе обратной полярности (электрод является положительным полюсом). В большинстве случаев можно использовать выпрямители, применяемые для сварки стали. Способ пригоден для сварки изделий толщиной более 4 мм. Швы обычно накладываются зигзагообразно. Заварка дефектов осуществляется, как правило, в нижнем положении, так как алюминиевые сплавы в расплавленном состоянии обладают большой жидкотекучестью. Потолочная сварка вообще исключается.

Обмазка электродов при сварке выполняет функции флюса: она защищает расплавленный металл от воздуха, вызывает ионизацию зоны электрической дуги и этим непрерывно поддерживает ее горение.

К электродам, применяемым при этом способе, предъявляются следующие требования:

- лёгкое зажигание электрической дуги;
- лёгкая отделяемость шлака;
- стабильное качество (без признаков отслаивания оболочки, поглощения влаги воздуха);
- отсутствие брызг металла.

Покрытые электроды для сварки алюминия поставляют во влагоустойчивых пакетах. Эту упаковку снимают только перед работой. Отсыревшие электроды могут быть годны к употреблению после осторожного просушивания. Обычно используют электроды диаметром 2...6 мм и длиной 400...450 мм.

Подготовка металла к сварке. Удаление оксидного слоя

Получение качественных швов во многом зависит от качества подготовки свариваемых поверхностей. Кромки сварного со-

единения с целью удаления дефектного металла и микротрещин обрабатывают пилами, фрезами, напильниками, а также резкой или строганием. Если обработку шва производят шлифованием или плазменной резкой, то фрезой или напильником удаляют ещё слой толщиной по крайней мере 0,2 мм. Нежелательно при обработке кромок использовать абразивный инструмент, так как частички абразива могут попасть в металл и при сварке вызвать дефект в виде пористости. Окисный слой на кромках и близлежащих поверхностях непосредственно перед сваркой рекомендуется удалять с помощью обезжиренной проволочной щётки. Хотя окисный слой тотчас же образуется снова, он очень тонок и, что также важно, имеет везде одинаковую толщину. Кроме щёток для удаления окисного слоя можно использовать напильники, скребки, а также травление в щелочи.

Очистка, обезжиривание

Свариваемые кромки и соседние участки (по крайней мере по 50 мм с обеих сторон шва) должны быть чистыми и высушенными. Для этого необходимо после механической обработки дефектного участка кромки и присадку протереть органическим растворителем (этиловый спирт).

Предварительный подогрев

Предварительный подогрев необходим в том случае, если нельзя добиться достаточного провара в условиях соблюдения нормального режима сварки, т. е. если тепло, подводимое от соответствующего источника, так быстро отводится, что кромки шва и присадочный материал не расплавляются. Предварительный подогрев осуществляется газовыми горелками. При этом должны использоваться достаточно мощные горелки, пламя которых поддерживают слегка восстановительным, и поэтому оно не вызывает интенсивного увеличения толщины окисного слоя на кромках шва при длительном подогреве или избытке кислорода. При обработке различных сплавов следует также учитывать влияние температуры и времени подогрева на свойства материалов.

При толщине свариваемых изделий до 5 мм предварительный подогрев не производят; изделия большей толщины нагревают до 150...250°C, литые детали — до 150...200°C.

При многослойной сварке для заварки корня шва применяют электроды меньшего диаметра, при наложении каждого последующего слоя диаметр электрода увеличивают. Перед наложением последнего слоя шва следует тщательно механически (молотком и щётками) удалить шлак. При толщине свариваемых изделий до 4 мм для достижения хорошего провара рекомендуется использовать

подложки из стали, меди или графита. Силу тока рассчитывают в зависимости от толщины свариваемых изделий, диаметра электрода и возможного предварительного подогрева. Наклон электрода составляет от 90 до 60°.

Для ручной дуговой сварки алюминиевых сплавов разработан электрод марки ОЗА-2. Этим электродом довольно просто заварить трещину в детали из алюминийно-кремнистого сплава, заварить изношенное отверстие, приварить обломавшуюся часть. Стержень электрода ОЗА-2 изготовлен из проволоки марки Св-АК5, которая близка по химическому составу к алюминийно-кремнистым сплавам, поэтому сварные соединения, выполненные этим электродом, имеют высокие механические свойства. Для разрушения окисной пленки и хорошего сплавления электродного металла с основным металлом детали на стержень электрода методом прессовки нанесена обмазка толщиной 0,6...0,8 мм. Главным компонентом ее является флюс АФ-4А.

При сварке автомобильных деталей обычно применяют электроды диаметром 5 или 6 мм. В случае использования электрода диаметром 5 мм сварку ведут при силе сварочного тока 140...160 А, а электрода диаметром 6 мм – 170...200 А. В связи с тем что стержень электрода ОЗА-2 плавится значительно скорее, чем у стального электрода, сварщику надо быстрее продвигать электрод вдоль шва. Длина дуги на протяжении всей сварки должна быть стабильной и равной приблизительно диаметру используемого электрода.

При заварке трещины электрод продвигают вперед равномерно без поперечных колебаний. Если же по условиям работы детали шов должен обладать более высокой прочностью, то его усиливают, накладывая второй слой. Самые хорошие результаты при ручной электродуговой сварке алюминиевых сплавов получаются, если деталь предварительно подогреть до температуры 280...300°С. При устранении повреждений в крупных деталях, таких как блоки цилиндров, достаточно подогреть металл лишь в зоне сварки. Местный подогрев обычно осуществляют пламенем газовой горелки.

Как при газовой сварке, так и при электродуговой электродами ОЗА-2 на поверхности детали в зоне сварки (на поверхности шва) остается корка прореагировавшего флюса, который вызывает коррозию шва. Для удаления этого шлака шов смачивают теплой водой, а затем зачищают металлической щеткой.

- **Ремонтная сварка и наплавка изделий из алюминиевых сплавов трехфазной дугой в среде аргона**

Чтобы повысить производительность процесса сварки и наплавки изделий из алюминиевых сплавов, необходим более концентрированный источник теплоты. В качестве такого источника

используют трехфазную дугу, которая представляет собой факел из поочередно горящих дуг: независимой дуги, горящей между двумя вольфрамовыми электродами, и двух зависимых дуг, горящих между электродами и изделием (рис. 2.13). Межэлектродная дуга трехфазного факела поддерживает в ионизированном состоянии дуговой промежуток между изделием и электродами, позволяет подогревать деталь перед наплавкой. Трехфазная дуга обладает большей мощностью, чем однофазная, при одинаковом значении тока в электроде.

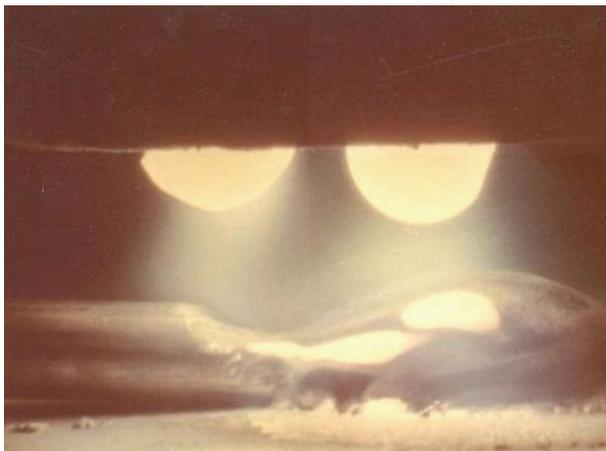


Рис. 2.13. Процесс наплавки поверхности изделия трехфазной дугой

Способ сварки трехфазной дугой имеет существенные отличия от процесса сварки однофазной дугой не только в плане электрических, мощностных характеристик и стабильности горения, но также и в плане реализации технологических возможностей. Этот универсальный инструмент используется как при сварке металла малой толщины, так и при сварке алюминиевых сплавов толщиной до 40 мм; для ремонтной сварки изделий из сплавов магния и алюминия; для автоматической сварки полотнищ и тавровых соединений; для сварки и резки алюминиевых сплавов сжатой трехфазной дугой.

Широкие технологические возможности трехфазной аргонодуговой сварки обусловлены как объективным фактором (физической природой самого процесса), так и субъективным фактором (результатом многочисленных исследований этого способа).

Замечательной особенностью горения трехфазной дуги, значительно расширяющей ее технологические возможности,

является способность глубокой регулировки тока, протекающего через изделие, при неизменном значении тока в электродах. Например, устанавливая с помощью разнесения обмоток трехфазного трансформатора сварочный ток в электродах, равный 100 А, можно добиться значений тока в изделии от 6 до 170 А при сохранении стабильности горения дуги во всем диапазоне изменения тока. Коэффициент тока (КТ), определяемый как отношение тока в изделии к току в электроде, при этом изменяется от 0,06 до 1,7. Такая широта диапазона тока сварки в изделии обеспечивается включением в цепь средней фазы источника питания балластного реостата. Применение балластных сопротивлений для регулировки сварочного тока известно достаточно давно, но такую глубину регулирования тока не удастся получить даже при сварке на постоянном токе (из-за нарушения устойчивости горения дуги на малых токах), а тем более – при сварке алюминиевых сплавов на переменном токе вольфрамовым электродом. Эффективность такого глубокого регулирования тока проявляется особенно при наплавке тонколистовых или малогабаритных конструкций из легких сплавов, где требуется строго ограниченное тепловложение. Как известно, для получения качественного сварного соединения при наплавке алюминиевых сплавов требуется удалить окисную пленку с поверхности металла, что как раз и обеспечивается малоамперной дугой (6...15 А), а тепла, выделяемого межэлектродной дугой, достаточно для образования сварочной ванны. Другие способы наплавки дугой прямого действия обеспечить такое дозированное тепловложение не могут и реализовать технологию наплавки тонколистовых и малогабаритных конструкций из легких сплавов не в состоянии. Ниже приведены примеры реализации широких технологических возможностей трехфазной дуги.

- Используя эффект глубокого регулирования сварочного тока в изделии, проводили наплавку на торец пакета из алюминиевых полос толщиной 1 мм с целью получения сплошной металлической поверхности на торце шинпровода. Полученные образцы сварных соединений, выполненных трехфазной дугой с глубоким регулированием сварочного тока (рис. 2.14,*а*) и обычной трехфазной дугой с величиной $КТ = 1,7$ (рис. 2.14,*б*), резко отличаются величиной проплавления. Во втором случае провар металла достигает толщины самого пакета пластин, при этом создается большой объем литого металла в торце шинпровода, возникают значительные деформации пластин, составляющих пакет шинпровода.

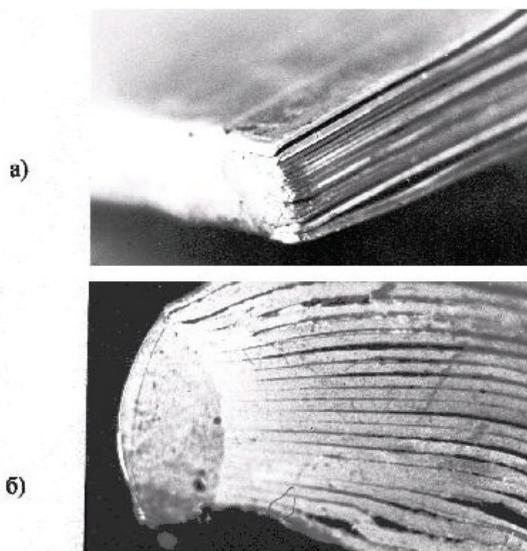


Рис. 2.14. Наплавка трехфазной дугой торца пакета шинпровода из тонколистового алюминиевого сплава:
a – при значении КТ = 0,5; *б* – при КТ = 1,7

- Достаточно наглядно широкие технологические возможности трехфазной дуги в среде аргона, связанные с глубоким регулированием сварочного тока в изделии, проявляются при наплавке пластин из сплава 1201 толщиной 20 мм и плакированных чистым алюминием толщиной 1 мм. Здесь требуется восстановить лишь плакирующий слой, не затрагивая металл основы. Используя трехфазную дугу с регулированием тока в изделии в качестве балластного сопротивления, получили необходимый результат (рис. 2.15).

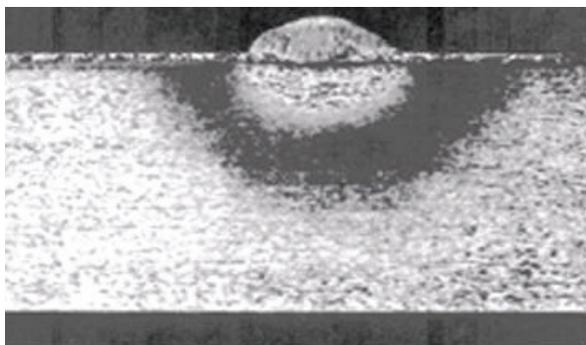


Рис. 2.15. Восстановление наплавкой трехфазной дугой плакирующего слоя на поверхности изделия из алюминиевого сплава 1201

- Ремонтная сварка и наплавка изношенных деталей, как правило, выполняется с применением присадочной проволоки, подаваемой в сварочную ванну. При этом присадочный материал может иметь как круглое, так и прямоугольное сечение («лапша»). Диаметр присадочной проволоки и размеры «лапши» иногда превышают размеры дугового промежутка, что затрудняет процесс наплавки. Специфические особенности горения трехфазной дуги и конструкции двухэлектродной горелки, применяемой для ремонтно-восстановительных работ, позволяют решить эту проблему за счет изменения величины дугового промежутка в первом и втором электродах (рис. 2.16).



Рис. 2.16. Наплавка трехфазной дугой с подачей крупногабаритной присадки

Как видно на рисунке, дуга от первого электрода воздействует на присадочный металл, расплавляя его, а дуга от второго электрода формирует сварочный валик. Поэтому при таком расположении электродов сварочной горелки даже крупногабаритные размеры присадочного материала не затрудняют процесс наплавки.

- **Ремонт литых деталей из магниевых сплавов трехфазной дугой**

Наибольшее распространение в производстве литых изделий получили литейные магниевые сплавы МЛ5 и МЛ10. Сплав МЛ5 относится к группе высокопрочных сплавов с временным пределом прочности при термообработке по режиму Т6 (закалка + старение) до 260 МПа. Рабочий диапазон температур до 150°C. Сплав МЛ10 относится к группе жаропрочных сплавов и имеет рабочий диапазон температур до 300°C. Предел прочности этого сплава ниже, чем сплава МЛ5, и составляет 220 МПа. Оба указанных сплава обладают хорошей демпфирующей способностью.

Производство изделий из магниевых сплавов методом литья сопряжено со значительными трудностями из-за сильной окисляемости и низкой температуры возгорания магния. Дополнительные трудности вызывает сложность магниевых литых изделий, особенно таких изделий, как корпуса редукторов. Они характеризуются высокой степенью жесткости конструкции, резкими переходами от толстой стенки к тонкой, наличием большого количества отверстий и ребер жесткости. Указанные причины вызывают появление в изделиях из магниевых сплавов различного рода дефектов – трещин, неслитин, шлаковых включений, газовых пузырей, пористости. Учитывая высокую стоимость магниевых литых изделий, устранение дефектов осуществляют сваркой. Дефекты, встречающиеся в изделиях из магниевых сплавов, имеют различные конфигурации, размеры, глубину залегания и проникновения в металл изделия. Просто и с достаточно высоким качеством устраняются поверхностные дефекты площадью до 1500 мм². Трудноустраняемыми дефектами из-за появления горячих трещин в месте заварки являются сквозные отверстия на тонкой стенке в жестком изделии. Основным технологическим приемом при ремонте таких изделий на предприятиях является общий предварительный подогрев изделия до температуры 380...400°С, что дает выход годных изделий после заварки на уровне 85...95%. Применение такого приема в ряде случаев невозможно (механически обработанное изделие в размер с малым полем допуска) и экономически невыгодно (дополнительные энергозатраты, снижение производительности). При использовании широких технологических возможностей сварки трехфазной дугой был разработан ряд эффективных технологий по устранению дефектов магниевых литых изделий, позволяющих ремонтировать изделия без применения общего подогрева, сохраняя высокий уровень выхода годных изделий после заварки.

Заварка отверстий на изделии из сплава МЛ10 локальными швами

Сущность этого способа заключается в создании в зоне ремонта тепловой ситуации, обеспечивающей осесимметричность температурного поля, минимальный разогрев дефектного участка и уменьшение темпа деформации кристаллизующегося металла путем наложения микрошвов в противоположных точках разделки с прогревом каждого локального шва на стадии его кристаллизации независимой дугой трехфазной горелки.

Для устранения обнаруженного дефекта ремонтируемое изделие подготавливают к заварке. Для этого место дефекта очерчивают специальным маркером и на участке разделки с помощью фрезы из углеродистой стали – «шарошки» – и пневматической

дрели зачищают поверхность от окисной пленки и защитной пленки из солей хромовой кислоты (если таковая уже имеется на поверхности изделия). Зачищенный участок должен превышать дефектный участок по площади не менее чем на 20%. Затем с помощью этого же инструмента высверливают дефектный металл на всю толщину стенки изделия, т. е. образуют сквозное отверстие. Размеры этого отверстия должны превышать размеры самого дефекта, а форма отверстия должна соответствовать конфигурации дефекта. После этого шарошкой выполняют разделку кромок отверстия, обеспечивая угол разделки 40...60° для обеспечения свободного доступа горелки к корню шва. С обратной стороны подготовленной разделки устанавливают технологическую подкладку в виде стальной или медной пластины толщиной 3...5 мм таким образом, чтобы зазор между подкладкой и поверхностью изделия не превышал 1...2 мм. Размеры технологической подкладки должны превышать величину разделки так, чтобы расстояние от кромок разделки до края пластины было не менее 15...20 мм. Технологическую подкладку закрепляют специальными прижимами либо асбестовыми листами.

Для заварки дефектного участка требуется подготовить и присадочный материал. Обычно используют специально приготовленные прутки идентичного состава с основным материалом или с небольшими — 0,5...0,7% — добавками церия в качестве элемента-модификатора. Прутки изготавливаются литьем в специальные формы диаметром 5...10 мм и длиной до 1000 мм. Иногда в качестве присадочного материала используют «лапшу», изготовленную из основного материала методом разливки расплавленного металла на плиту с канавками. Перед подачей в сварочную ванну присадочный материал зачищают механическим путем.

Непосредственно заварка дефектного участка осуществляется двухэлектродной горелкой РГТ-6 от источника питания трехфазной дуги УДГТ-315У2.

Предварительно устанавливают параметры режима сварки. При толщине стенки ремонтируемого изделия 5...8 мм и диаметре вольфрамовых электродов — 4 мм устанавливают значение тока в электродах равным 100 А, ток в изделии — 170 А, расход аргона — 10 л/мин, расход охлаждающей жидкости — 4 л/мин. Процесс заварки разделанного участка выполняют в следующей последовательности.

1. Установить заданные параметры режима сварки.
2. Включить источник питания с предварительной продувкой горелки аргоном.
3. Зажечь осциллятором или угольным стержнем межэлектродную дугу.

4. Поместить межэлектродную дугу в центр разделки и нагреть технологическую подкладку в течение 3...4 минут.
5. Поднести сварочную горелку к какому-либо краю разделки.
6. Включить цепь средней фазы источника питания нажатием педали ножного пульта управления.
7. Расплавить кромку дефектного участка с образованием сварочной ванны диаметром 10...12 мм.
8. Подать в сварочную ванну присадочный материал в количестве, сопоставимом с объемом сварочной ванны.
9. Выключить ножным пультом управления цепь средней фазы источника питания, не убирая сварочной горелки из зоны ремонта.
10. Прогреть независимой дугой двухэлектродной горелки кристаллизирующийся объем локального шва в течение 1...1,5 мин.
11. Перенести сварочную горелку с горячей межэлектродной дугой в противоположный край разделанного дефектного участка.
12. Повторить операции с 6 по 10 до окончательного заполнения разделки.
13. Наложить последний шов в виде усиления с подачей присадки.
14. Прогреть место окончания заварки независимой дугой в течение 2...3 мин.
15. Отвести горелку от места заварки и выключить дугу.

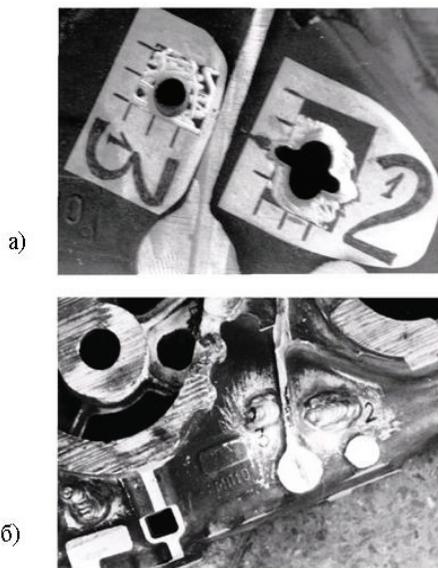


Рис. 2.17. Заварка дефекта изделия из магниевого сплава трехфазной дугой:
а – внешний вид разделки; *б* – вид заваренного участка

Разработанная технология в ряде случаев дает положительный эффект, т. е. хорошее сплавление кромок в корне шва и отсутствие горячих трещин (рис. 2.17), особенно когда изделие не обладает высокой жесткостью, остаточными напряжениями в отливке, и, что самое важное, если обеспечивается гарантированное сплавление кромок при наложении замыкающего отверстия локального валика. Трудность ситуации заключается в том, что для достижения хорошего сплавления кромок при наложении замыкающего валика требуется значительно увеличить объем сварочной ванны, а это приводит к перегреву дефектного участка, и, несмотря на воздействие на него независимой дуги, наблюдается высокая скорость охлаждения кристаллизующегося металла, как следствие — появление горячих трещин.

*Ремонт тонкостенных деталей
на технологической подкладке с выемкой*

Реализовать тепловую ситуацию в зоне ремонта, близкую к режиму общего подогрева изделия, и повысить уровень выхода годных изделий при заварке дефектов магниевого литья до 95% позволила разработанная технология устранения дефектов трехфазной дугой на технологической подкладке с глубокой выемкой методом сквозного проплавления дефектного участка. Наряду с созданием благоприятной тепловой ситуации с точки зрения снижения скорости охлаждения металла, а соответственно, и темпа его деформации в процессе кристаллизации сварочной ванны разработанный метод позволяет гарантировать сплавление кромок в корне шва, что устраняет основной недостаток ранее рассмотренного способа.

Ниже приведен типовой технологический процесс заварки дефектов магниевого литья трехфазной дугой на подкладке с выемкой.

Ремонтируется изделие «кронштейн» из сплава МЛ10. Дефект — сквозные литейные поры. Площадь дефектного участка — 250 мм². Толщина стенки отливки — 8 мм.

1. Зачистить шарошкой внешнюю поверхность дефектного участка от литейной корки и окисной пленки. Обратную сторону не зачищать.

2. Установить со стороны корня шва с помощью прижимов стальную технологическую подкладку с глубокой выемкой. Глубина выемки не менее 8 мм, диаметр — 30 мм. Зазор между подкладкой и поверхностью металла не более 1...2 мм.

3. Установить параметры режима подогрева технологической подкладки независимой дугой трехфазной горелки. Ток в электродах — 200 А, расход аргона 5 л/мин, охлаждающей жидкости через горелку — 4 л/мин.

4. Включить источник питания трехфазной дуги и зажечь независимую дугу с помощью осциллятора или угольного стержня.
5. Прогреть технологическую подкладку независимой дугой в течение 5...8 мин (при этом достигается температура подкладки 350...380°С).
6. Установить режимы сварки, не выключая межэлектродной дуги, с помощью перемещения обмоток сварочного трансформатора на следующие параметры: ток в электродах – 140 А, ток в изделии – 230 А, расход аргона оставить прежний.
7. Поднести горелку к зачищенной поверхности дефектного участка и включить с помощью ножного пульта управления цепь средней фазы источника питания.
8. Расплавить дефектный участок до полного вытекания металла в выемку технологической подкладки. Следить за тем, чтобы металл дефектного участка оплавился по всему периметру выемки технологической подкладки.
9. Заварить образовавшуюся полость, интенсивно подавая присадочный материал в виде прутков.
10. Наварить усиление по всей площади дефектного участка толщиной 2...3 мм и заварить кратер.
11. Отключить среднюю фазу источника питания ножным пультом управления, не убирая сварочной горелки из зоны ремонта.
12. Прогреть сварное соединение независимой дугой в течение 3...5 минут.
13. Выключить сварочную дугу и не ранее чем через 3...4 минуты снять технологическую подкладку.
14. Удалить механическим путем сформировавшийся проплав со стороны корня шва и зачистить усиление.

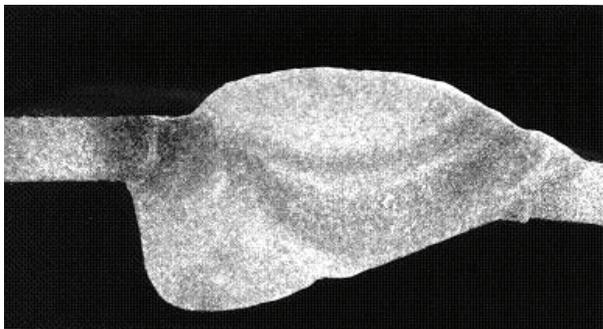


Рис. 2.18. Заваренный дефектный участок на тонкой стенке

Предложенный технологический процесс весьма эффективен с точки зрения повышения технологической прочности сварных

соединений, так как трещин в зоне сварки практически не наблюдается (рис. 2.18) Однако применение такого способа ограничено толщиной ремонтируемого участка и возможностью доступа к обратной стороне дефектного участка. Кроме того, затрудняется использование его в местах залегания дефектов вблизи ребер жесткости, в углах и переходах от тонкого к толстому металлу.

Вопросы для самоконтроля

1. По каким параметрам выбирают покрытые электроды для ручной дуговой наплавки стальных изделий?
2. Какова техника выполнения наплавки поверхностей изделий покрытыми электродами?
3. Какой припуск на механическую обработку должен быть сформирован на поверхности изделия, восстанавливаемого ручной дуговой наплавкой покрытыми электродами?
4. Какими параметрами отличается газовая сварка от электродуговой ремонтной сварки покрытыми электродами?
5. Каковы технологические особенности ремонтной сварки стальных изделий с помощью газового пламени?
6. Какой технологический прием применяется при заварке трещин на тонколистовых изделиях?
7. Какие затруднения наблюдаются при ремонтной сварке чугуна?
8. Какие группы способов для ремонтной сварки чугунных изделий имеются в арсенале технологов-ремонтников?
9. С какой целью применяют общий предварительный подогрев чугунных деталей перед заваркой дефектов?
10. Какие электроды можно применять для восстановления чугунных деталей при сварке без предварительного подогрева («в холодную»)?
11. В чем заключаются технологические и металлургические трудности при сварке сплавов на основе алюминия и магния?
12. Какие способы ремонтной сварки деталей из алюминиевых сплавов имеются в распоряжении технолога?
13. В чем состоит особенность ремонтной сварки изделий из легких сплавов трехфазной дугой неплавящимися электродами в среде аргона?
14. В чем заключаются проблемы заварки дефектов изделий из магниевых сплавов и как они решаются на ремонтных предприятиях?

Модуль 3

МЕХАНИЗИРОВАННЫЕ СПОСОБЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ

Автоматизация и механизация процесса электродуговой сварки и наплавки могут быть признаны одними из важнейших задач современной сварочной техники. В автоматизации дуговой электросварки за последние годы достигнуты такие успехи, что уже сейчас этот процесс может считаться одним из наиболее передовых и прогрессивных технологических процессов металлообработки. Автоматизации хорошо поддаются все основные виды дуговой сварки и наплавки. По степени механизации процесса различают автоматы и полуавтоматы; в последних сохраняется еще значительная доля ручного труда.

Для осуществления автоматической наплавки деталей требуется целый комплекс машин, механизмов и приспособлений, в целом составляющих автоматическую установку (прил. 3). Устройство, производящее зажигание дуги, подачу электродной проволоки по мере плавления и обеспечивающее устойчивое горение дуги, называется автоматической головкой для дуговой сварки и наплавки, или дуговым автоматом. Наиболее важное промышленное значение для ремонтно-восстановительной наплавки имеют автоматы с плавящимся металлическим электродом — проволокой или лентой.

Дуговой автомат поддерживает горение дуги и подает электродную проволоку. Для получения сварного шва или наплавленного валика необходимо перемещать дугу по линии сварки. В зависимости от способа перемещения дуги различают подвесные автоматы, самоходные автоматы и сварочные тракторы. Подвесной автомат не имеет механизма перемещения, оно производится отдельным устройством. Перемещаться может изделие при неподвижном автомате (так обычно выполняются круговые швы) или автомат, установленный на самоходную тележку, вдоль изделия, например при сварке длинных прямолинейных швов. Возможно и одновременное перемещение автомата и изделия, удобное при выполнении некоторых криволинейных швов. У самоходных автоматов имеется механизм перемещения, конструктивно объединенный с автоматом. Самоходный автомат перемещается по специальному рельсовому пути.

3.1. Способы механизированной наплавки под флюсом цилиндрических и плоских деталей

Этот вид наплавки является развитием ручной наплавки электродами с толстыми качественными покрытиями. Она была разработана коллективом под руководством академика Е.О. Патона в 1938–1939 гг. Сущность способа заключается в том, что сварочная дуга горит между электродом (проволокой) и изделием под слоем толщиной 10...40 мм сухого гранулированного флюса с размерами зерен 0,5...3,5 мм.

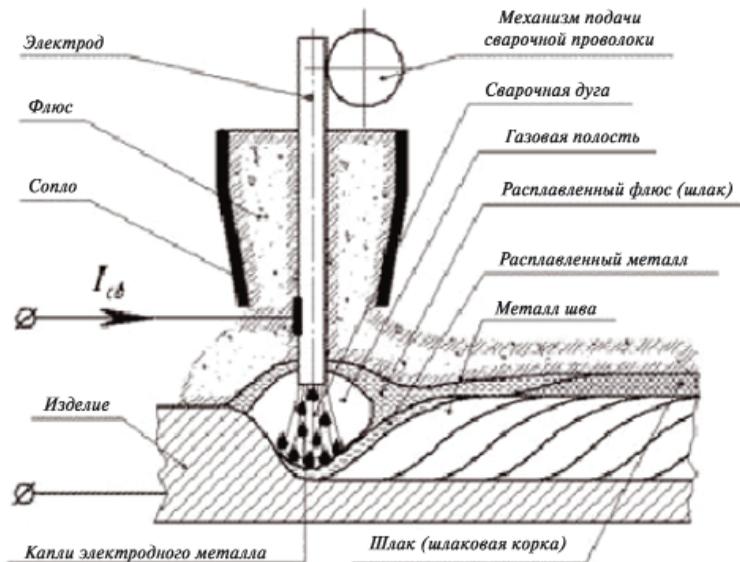


Рис. 3.1. Схема процесса наплавки под слоем флюса

Преимущества

1. Повышение производительности труда в 6...8 раз по сравнению с РДН.
2. Снижение расхода электроэнергии в 2 раза за счёт более высокого термического КПД.
3. Высокое качество наплавленного металла благодаря надёжной защите наплавленного слоя от воздействия окружающей среды.
4. Возможность получения наплавленных слоев толщиной более 2 мм.
5. Меньший расход присадочного материала в результате исключения потерь на разбрызгивание и уменьшение угара электродного металла.

6. Лучшие условия труда оператора за счёт механизации процесса и отсутствия открытой дуги.

Недостатки

1. Большое вложение тепла в материал детали, что увеличивает зону термического влияния и изменяет результаты предыдущей термообработки детали.

2. После наплавки требуется термообработка наплавленного слоя или всей детали.

3. Трудности удержания ванны расплавленного металла на поверхности цилиндрической детали (детали диаметром меньше 50 мм не наплавляют).

4. Уменьшение усталостной прочности детали на 20...40% за счет остаточных напряжений, пористости и структурной неоднородности слоя.

5. Появление при загрузке флюса в бункер и его просеивании после использования силикатной пыли, вредной для организма человека.

Автоматическая наплавка деталей

Наплавка цельнометаллической проволокой

Наплавленный металл легируют путем применения легированной проволоки, легированных флюсов или дозированной засыпки легирующих примесей на поверхность наплавляемой детали. Иногда наплавленный металл не подвергается легированию и наплавка преследует цель восстановления необходимых геометрических размеров и формы детали.

Для автоматической наплавки применяют плавные флюсы:

- высококремнистые марганцевые марок АН-348А, ОСН-45, АН-60;
- низкокремнистые марганцевые марок АН-10, АН-16, АН-22;
- высококремнистые безмарганцевые марок АН-20, АН-28, 48-ОФ-6.

Для наплавки высоколегированных сталей и сплавов применяются низкокремнистые марганцевые и безмарганцевые флюсы, обладающие меньшей окислительной способностью, – АН-30, 48-ОФ-6.

Автоматической наплавкой чаще всего восстанавливаются детали цилиндрической формы. Наплавляются такие детали, как правило, по винтовой линии. Ось вращения – горизонтальная. Такой способ обеспечивает непрерывность процесса и более высокое качество работы, симметричность остаточных напряжений по отношению к оси детали. Однако при этом способе затруднено удержание флюса и жидкого металла в зоне наплавки.

Для удержания флюса применяют специальное флюсоудерживающее приспособление в виде насадки-воротника специальной формы, расположенной вокруг мундштука горелки.

С целью удержания расплавленного металла ванны и жидкого шлака наплавочная головка автомата устанавливается с некоторым смещением конца электродной проволоки с зенита (рис. 3.2).

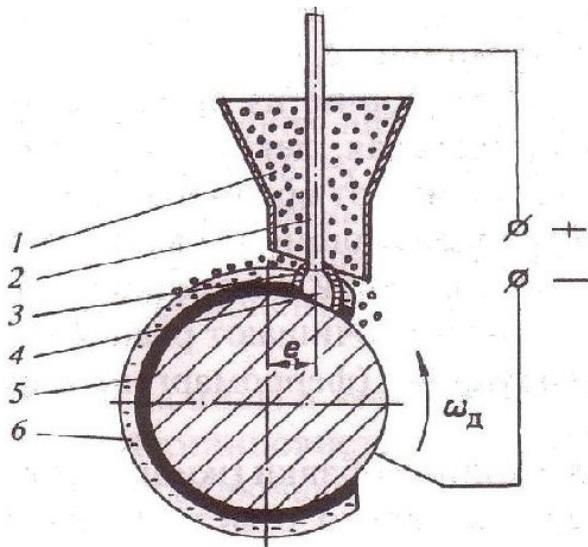


Рис. 3.2. Наплавка цилиндрической детали под слоем флюса:
1 – бункер с флюсом; 2 – электродная проволока; 3 – расплавленный флюс (шлак); 4 – сварочная дуга; 5 – наплавленный слой;
6 – шлаковая корка

Величина смещения «e» зависит от диаметра наплавляемой детали и параметров режима наплавки и принимается от 10 мм и более. Окружная скорость выбирается от 10 до 50 м/час. Чем меньше диаметр электрода, тем меньшую скорость наплавки следует выбирать. Шаг наплавки выбирается в зависимости от желательной толщины слоя, тока и напряжения в пределах от 3 до 12 мм. Сила тока для наплавки и диаметр электродной проволоки также выбираются в зависимости от диаметра наплавляемой детали.

Наплавку цилиндрических деталей (коленчатых валов, краповых колес, опорных катков и пр.) производят на специальных вращателях или специально приспособленных для этого токарных станках (рис. 3.3). Подробная информация о наплавочном оборудовании представлена в наглядном учебном пособии [7].



Рис. 3.3. Установка УНВ-3-5 для дуговой наплавки тел вращения

Поверхности плоских деталей наплавляют с помощью оборудования, предназначенного для сварки с дополнительными перемещающими устройствами – сварочными автоматами и сварочными тракторами (рис. 3.4). Сварочный трактор АДФ-800 предназначен для сварки и наплавки электродной проволокой под слоем флюса. Работает в комплекте с выпрямителями ВДУ-1250, ВДУ-1202, ВДУ-630 и др. АДФ-800 представляет собой самоходное устройство, в котором подача сварочной проволоки, перемещение и защита дуги происходят автоматически по определенной программе. Автомат подвесной самоходный А-1416 предназначен для двухдуговой сварки и наплавки сплошной проволокой под слоем флюса низкоуглеродистых и легированных сталей на постоянном токе с независимыми от параметров дуги скоростями сварки и подачи электродной проволоки. Глубокое регулирование скорости подачи электродной проволоки и скорости сварки, обеспечиваемое сменными шестернями, обуславливает широкий диапазон применения автомата.

Наплавка производится отдельными валиками вдоль или поперек наплавляемой поверхности. Наплавку менее высоких, но более широких слоев металла целесообразно проводить с наклоном электродной проволоки под углом $40...50^\circ$ к горизонту, глубина проплавления металла при этом в два раза меньше, ширина наплавленного валика больше при тех же режимах.

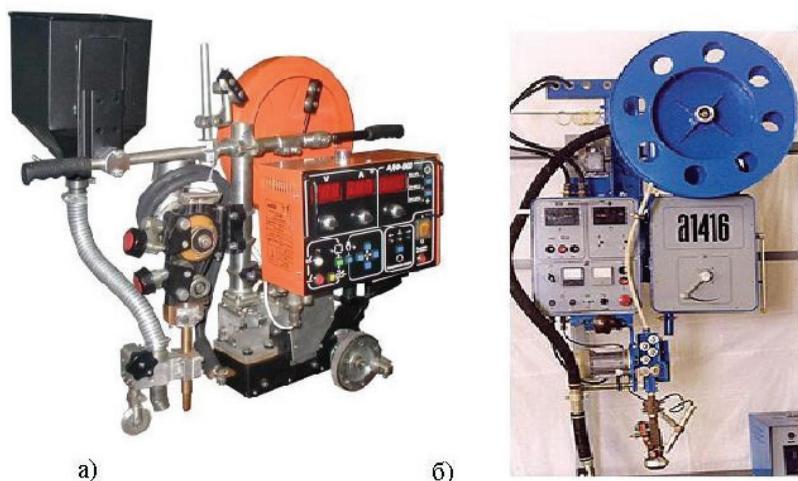


Рис. 3.4. Сварочный трактор АДФ-800 (а)
и сварочный автомат А-1416 (б),
применяемые для наплавки деталей под слоем флюса

Для получения широких слоёв металла используют наплавку:

- 1) многоэлектродную;
- 2) многодуговую;
- 3) с поперечными колебаниями электрода;
- 4) стальной лентой.

Производительность наплавки оценивается в кг/час наплавленного металла. Например, при ручной дуговой наплавке производительность оценивается в диапазоне 0,8...3 кг/час; автоматическая одним электродом – 2...15 кг/час; многоэлектродная – 5...30 кг/час; электродной лентой – 10...60 кг/час.

Автоматическая наплавка электродной лентой

Исследования института электросварки им. Е.О. Патона Национальной академии наук Украины показали, что при автоматической наплавке под слоем флюса можно вместо электродной проволоки использовать ленту малой толщины (0,3...1,0 мм) и большой ширины (10...100 мм и более). При наплавке лентой получается малая глубина проплавления основного металла вследствие невысокой плотности тока, но в то же время обеспечивается надежный провар. Доля участия основного металла в формировании наплавленного валика составляет от 5 до 15%. Высокая производительность процесса наплавки достигается за счет использования больших токов без увеличения глубины провара основного металла; наложения валика большой ширины за один проход.

Минимальная плотность тока, определяющаяся отношением силы тока к площади поперечного сечения электродной ленты, обеспечивает устойчивый процесс наплавки. Обычно плотность тока при наплавке лентой составляет около 10 А/мм²; при этом напряжение на дуге составляет $U_d = 22 - 36$ В, скорость наплавки – от 4 до 12 м/час. В зависимости от режима за один проход можно наплавить слой толщиной от 2,5 до 8 мм.

Для наплавки используются электродные ленты различного состава. Например, для износостойкой наплавки можно использовать ленту из ковкого чугуна. Применяя флюс АН-28 и автоматический регулятор напряжения дуги, можно получить хорошее формирование валика с твердостью 40...50 НРС. При этом износостойкость наплавленного слоя в несколько раз больше износостойкости конструкционной стали. Возможно получение наплавленного слоя не только из чугуна, но также из различных износостойких сталей и цветных металлов. Для коррозионно-стойких покрытий широкое применение находят ленты из сталей 12Х18Н9Т, 12Х18Н10Т, ЮХ18Н9Б, 10Х19Н11МЗ, 20Х13Н4Г9, 10Х13. При использовании таких лент лучшие результаты по формированию наплавленного слоя дает пемзовидный флюс АН-26, а при наплавке лентой из стали 20Х13Н4Г9 – флюс 48-ОФ-10. При наплавке образуются валики, имеющие правильную форму, шлаковая корка легко отделяется.

Для наплавки изделий из цветных сплавов (бронзы, меди) изготавливаются ленты следующих марок: БрАМц9-2, БрБНТ1,9, БрКМц3-1, БрА5, БрОФ6,5-0,15, БрОЦ4-3, БрОЦС4-4-2,5. В качестве защитной среды применяют флюсы, а также защитные газы – аргон, гелий, азот и их смеси. Лучшей, надежной защитой дуги является аргон, обеспечивающий также минимальное проплавление основного металла. Наплавку лентой из бронзы БрАМц9-2 можно вести под флюсами АН-348А, АН-60, АН-20, АН-26.

Для наплавки деталей из никелевых сплавов можно применять ленты из марганцовистого никеля марок НМц2,5 и НМц5,0 или чистого никеля марок НП1, НП2, НП3 и НП4. Применяют также никелевые ленты, содержащие сильные раскислители (1,5% Al и 2,0...3,5% Ti), или ленты и флюсы, содержащие 2...3% Nb и 3% Mn.

3.2. Вибродуговая наплавка

Этот способ обычно используется для наплавки деталей типа тел вращения диаметром 8...10 мм и более. Сущность этого метода наплавки заключается в том, что основной и электродный металл нагревается до расплавления теплотой, которая выделяется в результате возникновения периодически повторяющихся электрических разрядов, т. е. прерывисто горящей электрической дуги. Наплавленный слой образуется в процессе кристаллизации расплавленного основного и электродного металла. Малая длительность и прерывистость горения электрической дуги обусловлены вибрациями электродной проволоки, которые создаются с помощью электромагнитных или механических вибраторов.

Вибродуговая наплавка — разновидность механизированной дуговой наплавки плавящимся металлическим электродом. Процесс наплавки осуществляется при вибрации электрода с подачей охлаждающей жидкости на наплавленную поверхность (рис. 3.5).

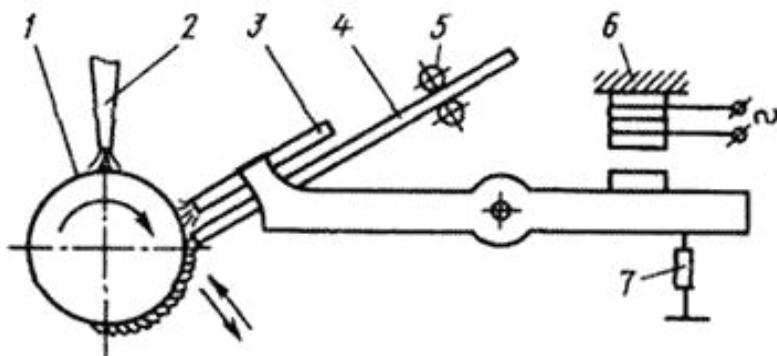


Рис. 3.5. Схема вибродуговой наплавки: 1 — наплавляемое изделие; 2 — сопло для подачи охлаждающей изделие жидкости; 3 — сопло для подачи жидкости в зону сварки; 4 — электродная проволока; 5 — подающие ролики; 6 — электромагнитный вибратор; 7 — пружина

Вибродуговая наплавка отличается тремя особенностями.

1. В цепь нагрузки источника питания включена индуктивность L .
2. Напряжение источника питания недостаточно для поддержания непрерывного дугового разряда.
3. Электродная проволока совершает колебания относительно детали с частотой 50...100 Гц и амплитудой 1...3 мм с периодическим касанием наплавляемой поверхности.

Весь процесс наплавки состоит из весьма коротких и непрерывно повторяющихся циклов, каждый из которых можно разбить на три части: короткое замыкание цепи, разрыв этой цепи и холостой ход. При коротком замыкании напряжение в сварочной цепи падает до нуля, а ток быстро возрастает. Далее наступает разрыв цепи, при котором возможно кратковременное возникновение микродуги. При частоте тока вибратора 50 Гц продолжительность одного цикла составляет 0,01 сек. Из этого времени примерно 65% приходится на холостой ход. Следовательно, КПД весьма низкий.

Во время короткого замыкания цепи через место контакта проходит ток плотностью до 400 А/мм². Вследствие этого металл в месте контакта нагревается до высокой температуры. Далее торец электродной проволоки отрывается вибратором от наплавляемой детали, оставляя на ней часть металла электрода. Возникающая затем электрическая дуга расплавляет этот металл. В это время расстояние между торцом электродной проволоки и наплавляемой деталью увеличивается, электрическая дуга гаснет и наступает период холостого хода. Частым повторением таких циклов наращивается металл наплавляемого валика.

Введение индуктивности в цепь дуги обеспечивает накопление электрической энергии в индуктивности во время разомкнутого состояния цепи, сдвиг фаз тока и напряжения, поэтому переход тока через нуль происходит при наличии напряжения источника питания и возникновении электродвижущей силы самоиндукции, которая совпадает по направлению с напряжением источника питания. Это обеспечивает повторное возникновение дугового разряда после разрыва сварочной цепи и устойчивое горение дуги.

Вибродуговую наплавку выполняют вибрирующим электродом диаметром 1,5...2 мм. При каждом коротком замыкании часть наплавляемого электрода остается на поверхности. Толщина слоя получается небольшой. Так как в зону наплавки все время подаются охлаждающая жидкость (обычно водный раствор кальцинированной соды) или потоки воздуха, изделие прогревается и деформируется очень мало. Ускоренное охлаждение способствует повышению твердости наплавленного металла. Наиболее часто этот способ применяют при наплавке цилиндрических изделий небольшого диаметра (рис. 3.6). Выполняют вибродуговую наплавку и под слоем флюса.

Вибродуговая наплавка под слоем флюса имеет ряд преимуществ: дает возможность наплавлять металл только на изношенную часть, что уменьшает трудоемкость последующей механической обработки; получать наплавленный слой без пор и трещин;

деформация детали минимальная и не превышает полей допусков посадочных мест; минимальная зона термического влияния.

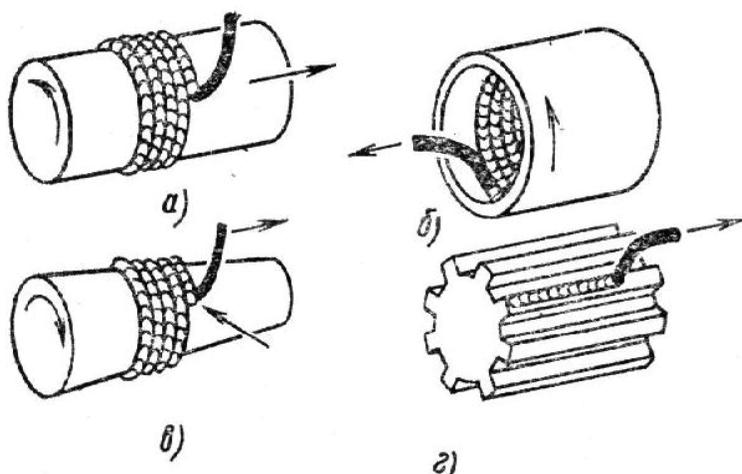


Рис. 3.6. Схемы вибродуговой наплавки изделий различной формы:
а – цилиндрической; б – внутренней поверхности трубы;
в – конической; г – шестерни

Для комбинированной наплавки под слоем флюса вибрирующим электродом можно применять головки ОКС-1252 и ОКС-6569. При применении электродной проволоки марки Нп-80 и флюса АН-348А твердость наплавленного слоя составляет 36...38 HRC. Для увеличения твердости наплавленного слоя до 52...54 HRC к флюсу АН-348А добавляют по 2% феррохрома и серебрянисто-графитового графита.

Аппараты для автоматической вибродуговой наплавки

Аппараты для автоматической вибродуговой наплавки (автоматические вибродуговые аппараты) являются основной частью наплавочных вибродуговых установок и служат для подачи к месту наплавки электродной проволоки и вибрации конца проволоки с заданной частотой и амплитудой.

Степень совершенства аппаратов для вибродуговой наплавки в значительной мере определяется конструкцией их колебательной системы, особенно видом привода системы, который может быть электромагнитным, электромоторным или пневматическим. Наиболее распространены вибродуговые аппараты с электромагнитными вибраторами. Они достаточно просты в устройстве, позволяют легко настраивать систему на заданный размах вибрации конца электродной проволоки и обеспечивают синусоидальную форму

вибрации с частотой 100 Гц (при включении вибратора в стандартную сеть переменного тока с частотой 50 Гц) (рис. 3.7).

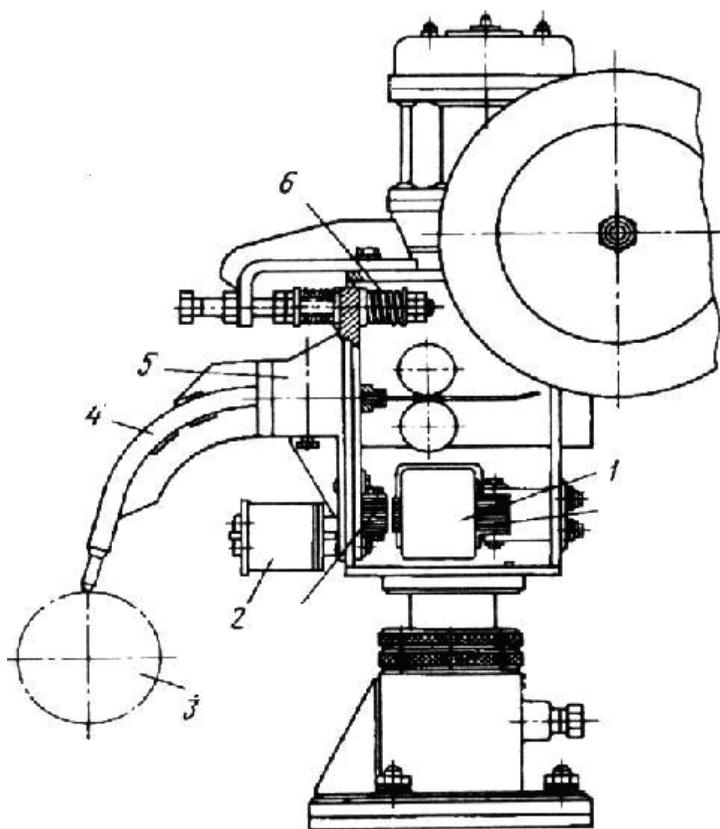


Рис. 3.7. Схема вибродугового аппарата ВДГ-3:

- 1 – электромагнитный вибратор;
- 2 – гидравлический амортизатор;
- 3 – наплавляемая деталь;
- 4 – хоботок;
- 5 – вибрирующий кронштейн;
- 6 – пружины

При необходимости наплавки деталей с различной частотой вибрации используют вибродуговые аппараты, снабженные колебательными системами с электромоторным приводом. В этом случае вибрация рычага, на котором закреплен хоботок, осуществляется с помощью вращающегося кулачка, поджатого пружиной к вибрирующему рычагу. Эксцентриситет кулачка определяет размах вибрации конца электродной проволоки, а частота вращения кулачка – частоту вибрации. В аппаратах с такими колебательными

системами предусмотрены наборы сменных кулачков и сравнительно простые способы изменения частоты их вращения.

Вибродуговые аппараты могут иметь верхний или боковой подвод электродной проволоки. Боковой подвод электрода применяют преимущественно для наплавки цилиндрических деталей. При этом вращение наплавляемой детали устанавливается таким, чтобы сварочная ванна располагалась над электродом. Жидкий металл ванны будет стремиться стечь вниз, растекаясь по ширине ванны, что приведет к образованию мало выпуклых, слегка уширенных валиков. При затекании жидкого металла под дугу уменьшается глубина проплавления основного металла, наплавленный слой меньше разбавляется металлом детали, что имеет важное значение при наплавке тонких слоев, особенно проволокой с повышенным содержанием углерода и легирующих элементов.

3.3. Газоэлектрическая сварка и наплавка деталей в среде углекислого газа

За последние годы в промышленность широко внедряются различные способы электродуговой сварки и наплавки в среде защитных газов — аргоне, гелии, углекислом газе. Применение этих способов во многих случаях позволяет восстанавливать или упрочнять поверхности изделий, наплавка которых другими способами затруднена. Кроме того, газоэлектрическая сварка создает возможности для автоматизации наплавочных работ там, где применение автоматической и полуавтоматической сварки под слоем флюса невозможно. При этом значительно увеличивается производительность труда и снижается себестоимость наплавочных работ.

Разработанный профессорами К.В. Любавским и Н.М. Новожиловым метод сварки плавящимся электродом в атмосфере углекислого газа дал возможность получать плотные швы при сварке малоуглеродистых, низколегированных и высоколегированных аустенитных сталей.

Сущность способа заключается в том, что воздух (кислород, водород, азот, пары воды и др.) оттесняется из зоны сварки струей углекислого газа, а окисление самим углекислым газом расплавленного дугой металла компенсируется за счет повышенного содержания элементов-раскислителей в электродной проволоке (рис. 3.8).

На качество сварных соединений существенное влияние, особенно при полуавтоматической сварке, оказывает техника сварки. От расстояния, угла наклона и характера движения горелки зависят

надежность газовой защиты зоны сварки от воздуха, скорость охлаждения металла, форма шва, условия удаления газовых пузырей и неметаллических включений из сварочной ванны. Процесс ремонтной сварки и наплавки в углекислом газе необходимо вести на короткой дуге. При сварке на токах 200...250 А длина дуги должна быть в пределах 1,5...4,0 мм, так как увеличение длины дуги повышает разбрызгивание жидкого металла и вызывает угар легирующих элементов. Сварка возможна на постоянном токе, а также на переменном токе с применением осциллятора.

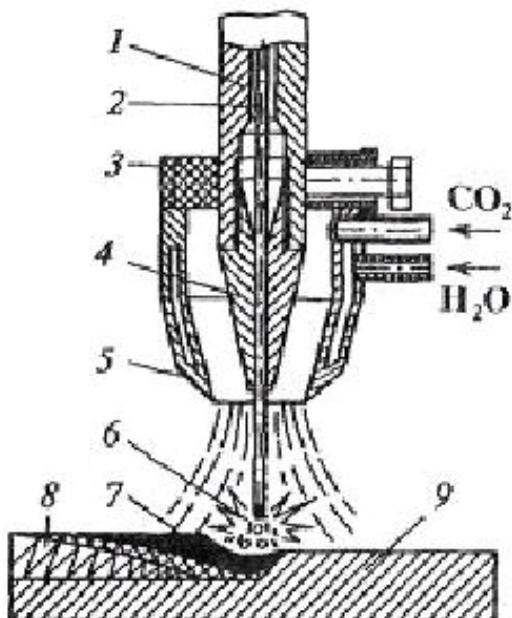


Рис. 3.8. Схема наплавки в среде углекислого газа:

- 1 – мундштук; 2 – электродная проволока; 3 – горелка; 4 – наконечник;
- 5 – сопло горелки; 6 – электрическая дуга; 7 – сварочная ванна;
- 8 – наплавленный валик; 9 – восстанавливаемое изделие

Автоматическая наплавка в защитном газе плавящимся электродом производится подачей проволоки из кассеты к месту наплавки с постоянной скоростью через токоподводящий мундштук. Защитный газ из баллона по шлангу поступает через сопло горелки к месту горения дуги. Эффективность газовой защиты зависит от конструктивных особенностей газоподводящего сопла, расстояния между торцом сопла и поверхностью детали, а также от скорости наплавки, давления защитного газа и движения воздуха в месте

наплавки. Наплавка в защитном газе позволяет механизировать процесс работы в любом пространственном положении.

Для наплавки в среде углекислого газа применяется углеродистая и низколегированная проволока диаметром от 0,8 до 3 мм. Проволоку диаметром 0,8...1,6 мм применяют при незначительном износе деталей и для наплавки цилиндрических деталей малых диаметров при любом износе. Наибольшая толщина наплавляемого однопроходного слоя в этом случае составляет 1...2,5 мм.

На поверхности проволоки не должно быть ржавчины и различных загрязнений, которые приводят к образованию пористости и снижают устойчивость горения дуги. Очистка проволоки может проводиться как механическим, так и химическим путем. Химический состав электродной проволоки должен быть таким, чтобы можно было в достаточной степени раскислить ванну расплавленного металла, легировать его и получить плотный наплавленный металл. При наплавке углеродистых и низколегированных сталей в качестве раскислителей используют кремний и марганец.

На процесс окисления в значительной степени влияет и режим наплавки, которым определяется глубина проплавления основного металла, величина сварочной ванны и продолжительность металлургических реакций. При повышении напряжения дуги, увеличении диаметра электродной проволоки и переходе с обратной полярности на прямую окисление элементов сварочной ванны значительно увеличивается.

Для наплавки стальных и чугунных изделий в среде углекислого газа применяется проволока марок Св-12ГС, Св-08Г2С, Св-Х13, Св-Х17, Св-06Х19НТ, Св-18ХМА, Св-08Х20Н9Г7Т.

Для сварки в CO_2 используется также порошковая проволока марок ПП-18Т, ПП-4Х2В8Т, ПП-Х12ВФТ.

Использование для наплавки проволок марок Св-12ГС, Св-08ГС, Св-08Г2С дает наплавленный металл не очень высокой твердости и износостойкости. Такие проволоки применяются в основном для восстановления геометрических параметров изделия.

При наплавочных работах нет необходимости получать глубокое проплавление основного металла. Поэтому главными факторами являются устойчивое горение дуги, производительность и качество наплавочных работ. С точки зрения устойчивости процесса, рекомендуется силу тока принимать в зависимости от диаметра проволоки по следующим данным:

диаметр проволоки (мм)	сила тока (А)
0,8	60...120
1,0	80...160
1,2	90...260
1,6	120...350
2,0	200...450
2,5	250...550.

Уменьшение силы тока должно соответствовать снижению скорости подачи электродной проволоки.

Повышение напряжения на дуге приводит к увеличению ширины валика наплавленного металла, росту потерь металла на разбрызгивание, угар и окисление; ухудшается качество наплавки, появляются поры. Поэтому рекомендуется выдерживать определенное напряжение на дуге в зависимости от силы тока:

сила тока (А):	60	100	140	200	250	300	400
напряжение (В):	18	19	20	22	25	28	30.

Наплавка в углекислом газе имеет особенно большие преимущества перед наплавкой под флюсом при восстановлении цилиндрических деталей малых диаметров (10...20 мм).

На устойчивость процесса наплавки весьма большое влияние оказывает вылет электродной проволоки. Большой вылет вызывает чрезмерный нагрев и перегорание проволоки в месте контакта с токоподводящим устройством. Чем больше плотность тока, тем меньше должен быть вылет электрода.

При наплавке в среде CO_2 валики должны перекрывать друг друга на $1/3$ ширины, что дает более ровную поверхность наплавленного металла.

Наплавку сталей с повышенным содержанием углерода или легирующих примесей необходимо производить с предварительным подогревом детали и с большим подогревом углекислого газа. В противном случае возможна закалка металла в зоне термического влияния, что приведет к появлению микротрещин и ухудшит обрабатываемость металла режущим инструментом.

Для сварки плавящимся электродом в среде углекислого газа используются полуавтоматы и автоматы как российского, так и зарубежного производства.

Полуавтоматы для наплавки в среде защитных газов

Полуавтомат ПДГ-603

Полуавтомат (рис. 3.9,*а*) предназначен для дуговой механизированной сварки и наплавки в среде защитных газов, а также порошковой самозащитной проволокой изделий из низкоуглеродистых и конструкционных сталей. Полуавтомат имеет плавное регулирование сварочных параметров, настройку трех независимых режимов сварки, подающую приставку с четырьмя ведущими роликами-шестернями, выносной пульт дистанционного управления, а также водяное охлаждение горелки при сварке на максимальных режимах.



а)



б)

Рис. 3.9. Полуавтоматы для дуговой сварки и наплавки в среде защитных газов: а – полуавтомат ПДГ-603; б – полуавтомат «Мидиком-160»

Полуавтомат ПДГО-501-1

Сварочный полуавтомат ПДГО-501-1 предназначен для полуавтоматической сварки и наплавки металла плавящимся электродом как в среде защитных газов, так и порошковой проволокой. Скорость подачи проволоки регулируется ступенями от 95 до 725 м/ч, диаметр проволоки 1,2...3,2 мм. Полуавтомат размещен на легкой тележке вместе с устройством, на которое можно уложить бухту электродной проволоки массой до 80 кг. В комплект сварочного полуавтомата могут входить:

- источник питания ВДГ-506 с регулировкой напряжения на дуге от 18 до 50 В;
- горелка на ток до 300 А для сварки в среде защитного газа;
- горелка на ток до 500 А для сварки порошковой проволокой;

– провода сварочные и кабель управления с радиусом действия 10 м.

Полуавтомат «Мидиком-160»

Производитель – ООО «МидикомС» (Россия). Полуавтомат (рис. 3.9,б) сварочный малогабаритный «Мидиком-160» предназначен для ручной дуговой сварки на постоянном токе плавящимся электродом в среде защитного газа малоуглеродистых, легированных, а также нержавеющей стали суммарной толщиной до 4 мм. Может использоваться для выполнения разнообразных сварочно-монтажных работ при авторемонте, в строительстве. Полуавтомат состоит из силового трансформатора, выпрямителя и LC-фильтра сварочного тока, механизма подачи электродной проволоки с катушкой и гибким рабочим шлангом, устройства подачи защитного газа, электронного блока управления, выбора режимов работы и индикации, системы принудительного охлаждения.

Полуавтомат MIG 305 C/S

Применяется для сварки металлов любой толщины и химического состава сплошной или порошковой проволокой в защитных газах.

Технические характеристики полуавтомата

• Сила тока	40...300 А
• Напряжение сети	3 × 400 В
• Ток при ПВ = 35%	285 А
• Ток при ПВ = 60%	215 А
• Ток при ПВ = 100%	170 А
• Напряжение холостого хода	16...47 В
• Количество ступеней регулировки напряжения	20
• Класс защиты	IP 21
• Вес	130 кг

3.4. Электроконтактная приварка (наварка)

Электроконтактная наварка (ЭКН) является одним из перспективных способов формирования на рабочих поверхностях деталей машин металлопокрытий со специальными эксплуатационными свойствами. Способ позволяет наплавлять материалы различной формы с различными физико-механическими свойствами (стальные ленты, порошки, проволоки). Основные принципы процесса электроконтактной наварки проволокой были разработаны

в 70-х годах XX века. Сущность способа заключается в следующем. Наплавочный ролик прижимает наплавляемый, навариваемый или напекаемый материал к детали и деформирует его, после чего наносимый материал нагревается разрядом тока. При ЭКН на деталь компактного материала (сплошной проволоки или ленты) идут такие же процессы термомеханической обработки металла и образования сварного соединения, как и при сварке давлением. Если применяется порошковый материал или паста, то процессы уплотнения и спекания порошка, а также его соединения с основой значительно ускоряются.

Детали, восстанавливаемые электроконтактной наваркой: гильзы цилиндров, оси колес, балансиры внешние и внутренние, валы ведущих мостов, полуоси, оси катков опорных, валы коробок передач, валы муфт сцепления, опоры промежуточные, цапфы поворотные, кулаки поворотные, шкворни поворотных кулаков, рукава полуосей.

Электроконтактная наварка проволокой (лентой)

Область применения – восстановление деталей с малыми износами (посадочные поверхности, шейки коленчатых валов и т. п.); толщина стальной ленты составляет 0,2...1,0 мм; порошково-полимерной ленты – 0,5...2,0 мм.

Типовые размеры восстанавливаемых деталей: диаметр – 10...250 мм; длина – 50...1250 мм.

Затраты на восстановление деталей методом электроконтактной наварки составляют 30...40% от стоимости новых.

Процесс осуществляется следующим образом (рис. 3.10). Концы присадочных проволок (лент) 1 зажимаются между роликовыми электродами 2 и деталью 3, образуя электрическую цепь 4 вторичного контура сварочного трансформатора Тр. При пропускании во вторичном контуре импульсов сварочного тока I большой величины и малого напряжения происходит приварка проволоки (ленты) к поверхности детали. Сплошной валик наваренного металла образуется при вращении детали с угловой скоростью так, чтобы единичные объемы наваренного металла перекрывали друг друга. Восстановление всей поверхности осуществляется наваркой по винтовой линии за счет продольной подачи роликовых электродов. Толщина слоя зависит от количества проходов. Подача в зону наварки охлаждающей воды 5 приводит к закалке углеродистого наваренного металла и предотвращает перегрев всей детали. Процесс электроконтактной наварки шейки коленчатого вала представлен на рис. 3.11.

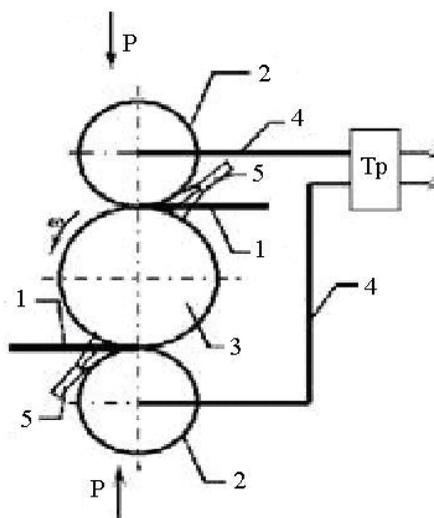


Рис. 3.10. Схема электроконтактной наварки проволоки или ленты

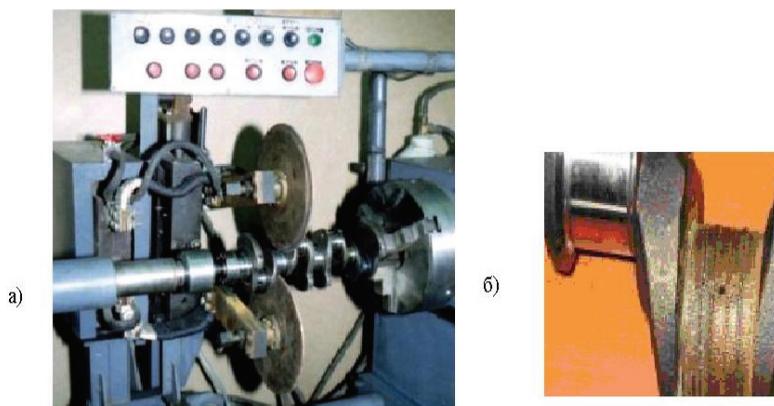


Рис. 3.11. Процесс электроконтактной наварки шейки коленчатого вала:
а – установка для наварки; *б* – наваренная шатунная шейка

Свойства наваренного металла определяются в первую очередь химическим составом присадочной проволоки (ленты). С увеличением содержания углерода возрастает твердость наваренного металла и, следовательно, его износостойкость. Наличие других легирующих элементов, например хрома, не ухудшает свариваемости. Это дает возможность наварки слоев со специальными свойствами. Наваренный металл характеризуется отсутствием

неблагоприятной литой структуры, что имеет место при дуговой наплавке. Отсутствуют также такие характерные дефекты, как поры и трещины. Структура наваренного металла неоднородна – закаленные участки чередуются с частично отпущенными зонами. Эта структура характерна для многих импульсных технологий и объясняется особенностями их термических циклов. Как показывают многочисленные исследования, такая структура не оказывает негативное воздействие на износостойкость восстановленной поверхности.

Оборудование для электроконтактной наварки

В качестве оборудования могут применяться как специально разработанные установки, так и стандартные установки для шовной сварки. Для реализации электроконтактных технологий разработаны установки УЭН-01 первого поколения (изготавливаемые на базе токарных станков), а с 2002 года – специализированные установки второго поколения УЭН-2П.М01, имеющие стабилизацию параметров режима и автоматизацию управления с единого пульта (рис. 3.12).

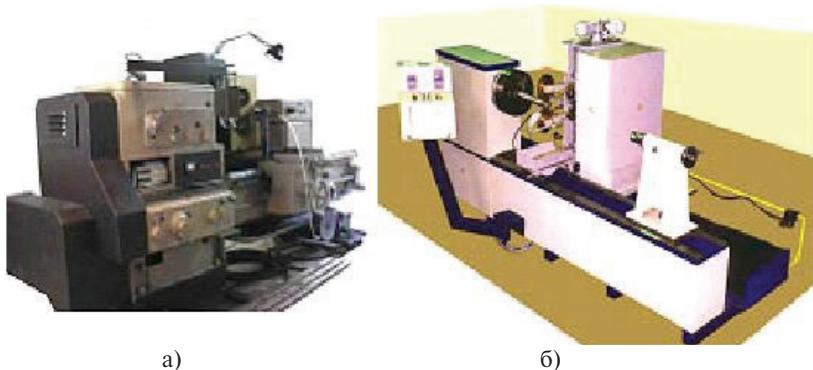


Рис. 3.12. Внешний вид установок для электроконтактной наварки:
а – установка УЭН-01; б – установка УЭН-2П.М01

Электроконтактное напекание порошков

Применяется для восстановления шеек коленчатых валов автомобилей и тракторов. Продолжительность наращивания слоя на одну шейку составляет 40...60 секунд, толщина слоя за один проход – до 1,7 мм. Микропористое покрытие на шейках получают посредством электроконтактного нагрева и спекания порошка при одновременном формовании его медным электродом. Исходным сырьем для напекания служат порошки, стружка, гранулы, отходы различных металлов и сплавов на основе меди, железа, никеля,

вольфрама, например БрОФ10-1, БрОЦ5-5-5, БрАЖ9-4, БрОС1-22, ПМС-1, ПР-Х4Г2Р4С2Ф, ПГ-СР1, ПГ-СР2, ПГ-СР3, ПГ-СР4, ПГ-УС25, ПГ-10Н-01, ПГ-10Н-02 и др.

Нарощенное покрытие имеет минимальные припуски на обработку (до 1 мм), микропористость – 15...20% и износостойкость в 1,3...1,5 раза выше, чем износостойкость закаленной стали 45 или высокопрочного чугуна с шаровидным графитом. Ресурс восстановленных напеканием валов автомобилей семейства ГАЗ составляет не менее 90 тыс. км пробега. Валы этим способом можно восстанавливать неоднократно.

3.5. Наплавка порошковой проволокой и порошковой лентой

Весьма перспективным видом механизированной сварки, позволяющим значительно увеличить производительность труда по сравнению не только с ручной, но и с механизированной сваркой в углекислом газе, является сварка и наплавка порошковой проволокой. Отличительной ее особенностью является то, что она сочетает в себе преимущества ручной сварки – простоту и мобильность – и механизированной сварки в углекислом газе – большую производительность и высокое качество сварных соединений.

Применение порошковой проволоки для наплавочных работ позволяет значительно расширить номенклатуру наплавляемых сталей, так как для большинства из них нельзя получить металлургическим путем соответствующую монолитную легированную проволоку.

Идея применения электродов, имеющих прочную токопроводящую оболочку и менее прочную «сердцевину», состав которой можно изменять, была выдвинута в прошлом веке великим русским изобретателем Н.Н. Бенардосом – родоначальником электродуговой сварки. В 30-е годы впервые в истории сварочной техники советский инженер В.Е. Сахнович экспериментально доказал возможность применения электродов, состоящих из тонкостенной стальной трубки и сердечника из сварочного флюса для автоматической сварки открытой дугой, т. е. не имеющей внешней защиты углекислым газом или флюсом. В своих работах В.Е. Сахнович применял электроды, изготовленные из цельнотянутых стальных трубок, в которые засыпан порошкообразный сухой флюс; концы трубок заваривались, затем трубки обжимались на 1,5...2,0 мм с целью уплотнения шихты. Они были названы В.Е. Сахновичем «электродами с внутренней обмазкой».

В начале 60-х годов в Институте электросварки им. Е.О. Патона была предложена трубчатая электродная проволока, получившая название «порошковая проволока для производства сварочных работ». Сварка порошковой проволокой непрерывно совершенствуется, и этот механизированный способ дуговой сварки находит все большее применение как в нашей стране, так и за рубежом.

Автоматическая и полуавтоматическая наплавка порошковой проволокой

Порошковыми называются трубчатые сложного внутреннего сечения проволоки, заполненные порошкообразным наполнителем (рис. 3.13). Наполнитель имеет состав, соответствующий покрытиям электродов для сварки. Масса порошкообразного наполнителя составляет от 15 до 40% веса проволоки. Порошок, входящий в состав порошковой проволоки, при ее расплавлении электрической дугой выполняет следующие функции:

- обеспечивает газовую и шлаковую защиту сварочной ванны от воздействия окружающей среды;
- способствует раскислению сварочной ванны;
- легирует сварной шов;
- стабилизирует дуговой разряд;
- рафинирует сварной шов.

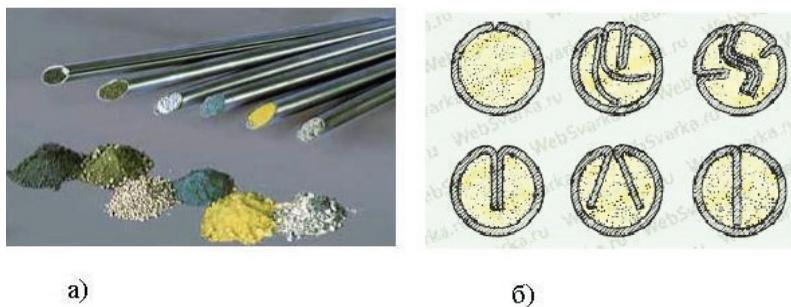


Рис. 3.13. Порошковые проволоки для сварки и наплавки:
а – внешний вид; б – сечения проволоки

По способу защиты порошковые проволоки делятся на самозащитные и используемые с дополнительной защитой газом (CO_2) или флюсом. Самозащитные проволоки, как правило, применяются и для производства сварных конструкций, и для наплавки деталей. Порошковые проволоки, используемые с дополнительной защитой, применяются в основном для наплавочных работ.

Наплавка порошковой проволокой с внутренней защитой основана на введении в сердечник проволоки кроме легирующих компонентов также шлакообразующих и газообразующих материалов. Применение флюсовой и газовой защиты при наплавке такой проволокой не требуется. Легирующие элементы порошковой проволоки переходят в шов, а газо- и шлакообразующие материалы создают защиту металла от азота и кислорода воздуха. В дуге тонкая пленка расплавленного шлака покрывает капли жидкого металла и изолирует их от воздуха. Разложение газообразующих материалов создает поток защитного газа. После затвердевания на поверхности наплавленного валика образуется тонкая шлаковая корка, которая может не удаляться при наложении последующих слоев. При наплавке используют различные самозащитные порошковые проволоки. Для наплавки низкоуглеродистых слоев используют сварочные проволоки типа ПП-АНЗ и др. Для наплавки деталей, работающих при больших давлениях и повышенных температурах, применяют порошковую проволоку ПП-3ХВЗФ-О; наплавку деталей, подвергающихся интенсивному абразивному износу, производят самозащитной порошковой проволокой ПП-У15Х12М-О. Разработаны порошковые проволоки для исправления (заварки) дефектов стального литья (ППс-ТМВ6, ППс-ТМВ29, ППс-ТМВ14, ППс-ТМВ15, ВЕЛТЕК-Н210, ВЕЛТЕК-Н215).

Технология выполнения наплавки самозащитной порошковой проволокой в основном ничем не отличается от технологии наплавки в углекислом газе. Открытая дуга дает возможность точно направлять электрод, наблюдать за процессом формирования наплавляемого слоя, что имеет большое значение при наплавке деталей сложной формы. Одним из преимуществ этого способа является использование менее сложной аппаратуры по сравнению с применяемой при наплавке под флюсом и в защитном газе, а также возможность выполнять наплавочные работы на открытом воздухе; увеличивается производительность по сравнению с наплавкой под флюсом и в защитных газах, снижается себестоимость наплавки. Порошковая проволока дает возможность более экономично расходовать легирующие вещества, поэтому применение ее очень перспективно.

Рекомендуемые марки порошковой проволоки для наплавки различных деталей приведены в прил. 4.

Обычно порошковые проволоки используют для сварки шланговыми полуавтоматами. Ввиду возможности наблюдения за образованием шва техника наплавки различных изделий практически не отличается от техники их наплавки в защитных газах плавящимся

электродом. При многослойной сварке или наплавке порошковой проволокой поверхность предыдущих слоев следует тщательно защищать от шлака.

Наплавка порошковыми проволоками имеет свои недостатки. Малая жесткость трубчатой конструкции порошковой проволоки требует применения подающих механизмов с ограниченным усилием сжатия проволоки в подающих роликах. Наплавка может осуществляться только в нижнем и редко в вертикальном положении. Это объясняется тем, что образующаяся сварочная ванна повышенного объема, покрытая жидкотекучим шлаком, не удерживается в вертикальном и потолочном положениях силой поверхностного натяжения и давлением дуги. Существенный недостаток порошковых проволок, сдерживающий их широкое промышленное применение, – повышенная вероятность образования в швах пор, вызываемая наличием пустот в проволоке. Кроме того, не расплавившиеся компоненты сердечника, переходя в сварочную ванну, способствуют появлению газообразных продуктов. Повышает вероятность образования пор также влага, попавшая в наполнитель при хранении проволоки, а ещё – смазка и ржавчина, следы которых имеются на металлической оболочке.

Для автоматической наплавки деталей порошковой проволокой применяются наплавочные установки УД-209, УД-609, УНП-350-1 и др. Обычно в состав таких установок входят манипулятор-вращатель на базе токарного станка, источник питания дуги, сварочная головка с механизмом подачи проволоки, пульт управления, баллон с защитным газом (рис. 3.14).

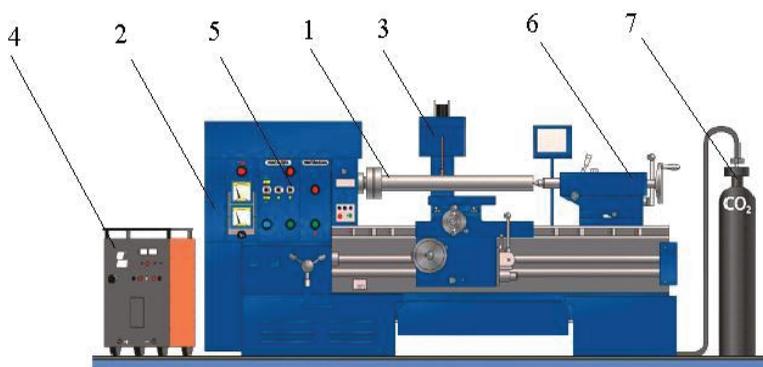


Рис. 3.14. Схема типовой установки для автоматической наплавки цилиндрических деталей порошковой проволокой: 1 – наплавляемая деталь; 2 – манипулятор-вращатель; 3 – сварочная головка; 4 – источник питания; 5 – пульт управления; 6 – задняя бабка; 7 – баллон с защитным газом

Порошковые ленты для наплавки

Порошковые ленты изготавливают на специальных станах, снабженных роликами для формирования и завальцовки ленты-оболочки. Стан имеет дозирующее устройство для подачи шихты и клеть валков для уплотнения этой шихты и формирования сердечника порошковой ленты. Процесс волочения, в отличие от производства цельнометаллической ленты, при изготовлении порошковой ленты отсутствует. Ленту изготавливают обычно шириной 40...50 мм. Порошковые ленты применяют для наплавки изделий из различных конструкционных сплавов, но в основном стали или чугуна. При наплавке порошковыми лентами в качестве защитной среды могут применяться флюсы или защитные газы. Некоторые ленты могут использоваться без дополнительной защиты. Например, порошковые ленты ПЛ-АН101 и ПЛ-АН102 универсальны. Они предназначены для наплавки под флюсом и открытой дугой. В основном порошковые ленты применяют в тех случаях, когда величина изношенной поверхности достаточно большая, а степень износа невелика. Например, порошковые ленты ПЛ-У40Х38ГЗРТЮ и ПЛ-У30Х30ГЗТЮ используют для наплавки под флюсом деталей строительных и дорожных машин, работающих в условиях абразивного износа: первая – при отсутствии ударов, вторая – для деталей, испытывающих абразивный износ с ударными нагрузками.

3.6. Индукционная наплавка

Сущность метода индукционной наплавки

Метод заключается в нанесении на поверхность детали слоя специального материала путём индукционного нагрева для восстановления первоначальной формы детали (рис. 3.15). Наплавленный слой отличается особой прочностью, что обеспечивает повышение износостойкости наплавляемых элементов, а следовательно, упрочнение деталей и увеличивает их долговечность.

Полученные этим способом биметаллические изделия позволяют экономить дорогостоящие материалы, управлять такими свойствами, как коэффициент трения, существенно снижать себестоимость и повышать долговечность деталей и узлов.

Классификация способов наплавки при индукционном нагреве была сделана В.В. Вологдиным. Наплавка может быть одновременной или непрерывно-последовательной. Последняя может выполняться на достаточно больших площадях поверхности при сравнительно небольшой мощности в индукторе.

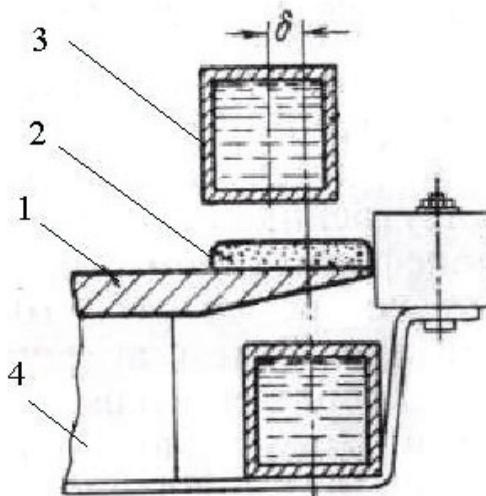


Рис. 3.15. Схема расположения наплавляемой детали в индукторе:
 1 – деталь; 2 – слой шихты; 3 – индукторное;
 4 – опорное приспособление

Наплавка может наноситься на плоскую поверхность детали, наружную или внутреннюю цилиндрические поверхности. Наплавляемый слой может удерживаться на плоских или имеющих малую кривизну поверхностях за счет сил поверхностного натяжения, а при наплавке цилиндрических поверхностей с вращением деталей – за счет центробежных сил. Для удержания расплава на плоских поверхностях могут использоваться технологические буртики или специальные формующие холодильники. Наиболее распространенный способ индукционной наплавки – расплавление наплавляемого материала на основном.

Для повышения производительности процесса при уменьшении расхода электроэнергии используются сплавы с более низкой температурой плавления, а также шихта с улучшенной теплопроводностью, увеличенной объемной массой и уменьшенным количеством флюса.

Детали, восстанавливаемые и упрочняемые индукционной наплавкой

Восстановленные и упрочненные методом индукционной наплавки детали служат в 3...10 раз дольше новых, не упрочненных деталей.

Индукционная наплавка применяется для упрочнения и восстановления деталей:

- железнодорожной техники;
- горнодобывающего оборудования;
- строительной техники;
- дорожно-ремонтной техники;
- автомобилей и тракторов;
- сельскохозяйственной техники.

К ним относятся такие изделия, как долото лемеха, лапа культиватора, хвостовик автосцепки, замок автосцепки, центрирующая балка, хомут тяговый, плита опорная и т. д.

Технология индукционной наплавки

Технологический процесс индукционной наплавки складывается из следующих операций.

1. Подготовка наплавляемой поверхности детали. Очистка от загрязнений и ржавчины.
2. Нанесение шихты на упрочняемую поверхность для получения необходимой толщины износостойкого сплава с учетом требований эксплуатации.
3. Подача детали в индуктор и расплавление шихты на всей наплавляемой поверхности.
4. Удаление детали из индуктора и передача на участок термической обработки.

При разработке оптимального процесса упрочнения деталей машин необходимо учитывать влияние технологических факторов на качество наплавленного слоя. Основным условием получения качественного слоя наплавленного металла является одновременное расплавление шихты на всей упрочняемой поверхности. С уменьшением толщины основного металла продолжительность наплавки резко увеличивается. Это объясняется снижением КПД нагрева вследствие уменьшения объема металла, разогреваемого индуктором.

В условиях массового производства неизбежны колебания толщины восстанавливаемых изделий вследствие разной степени их износа. Эта разница может достигать 25...40% от номинальной толщины кромки. Сужение этого допуска представляет значительные технические трудности и требует либо предварительной механической обработки наплавляемой поверхности, либо пластической деформации в горячем состоянии.

Решающее влияние на стабильность наплавленного слоя по толщине оказывает равномерность слоя нанесенной шихты. При использовании ручных приспособлений для нанесения шихты на наплавляемую поверхность толщина слоя насыпки колеблется в пределах $\pm 20\%$ от номинальной, что не гарантирует получения

равномерной толщины наплавленного слоя. Установлено, что по мере увеличения толщины слоя шихты увеличивается продолжительность наплавки детали.

В процессе индукционной наплавки рабочие органы подвергаются местному нагреву до высоких температур, что вызывает термические деформации детали. Величина и характер деформации зависят от общей жесткости детали, формы поверхности, метода нагрева, глубины фрезерования в период подготовки поверхности.

Наибольшей деформации во время наплавки подвергаются длинномерные детали, например режущие органы сельхозтехники: лемех рыхлителя, нож измельчающего аппарата силосоуборочного комбайна и др. С целью получения детали, соответствующей чертежу, эти заготовки перед наплавкой выгибают в обратную сторону на величину, равную деформации детали от термического воздействия, которую заранее рассчитывают или определяют эмпирическим путем.

При разработке и внедрении технологического процесса наплавки необходимо обеспечить стабильные геометрические размеры поверхности, достигнуть точности дозирования шихты по толщине не ниже $\pm 5\%$ номинальной толщины слоя шихты, обеспечить стабильную горизонтальную установку упрочняемой плоскости в индукторе, стремиться к использованию сплавов, вязких в интервале наплавочных температур.

Основной задачей термической обработки после индукционной наплавки является устранение последствий перегрева основного металла. С этой целью в технологическом процессе изготовления деталей после наплавки обычно предусматривается нормализация.

Нормализация не является совершенно необходимой операцией после индукционной наплавки. Если в эксплуатации деталь не испытывает динамических нагрузок и хрупкого разрушения можно не опасаться, то термическая обработка после наплавки не производится. Это в первую очередь относится к малоуглеродистой стали (Ст3, 20).

Для более ответственных деталей, изготавливаемых из среднеуглеродистых сталей и испытывающих при эксплуатации ударные нагрузки, например лапы культиваторов, нормализация после наплавки обязательна. В ряде случаев нормализация может быть совмещена с другими операциями, например с нагревом под гибку, если таковой применяется при придании деталям окончательной формы.

Технология индукционной наплавки опорной плиты

Для наплавки используется шихта, представляющая механическую смесь порошков твердого сплава ПС-5 и флюса, содержащего борный ангидрид, буру и силикокальций. Флюс, входящий в состав шихты, удаляет окисную пленку с основного металла, раскисляет наплавляемый металл и выполняет защитные функции, предотвращая взаимодействие расплавленного металла с кислородом воздуха и задерживая теплоотдачу в окружающую среду. Шихта наносится на наплавляемые участки поверхности детали полуавтоматическим дозатором слоем определенной толщины, которая зависит от требуемой толщины наплавленного слоя. Затем деталь с нанесенным слоем шихты вводят в специальный индуктор, питаемый от высокочастотной установки (рис. 3.16). Для удобства транспортировки деталей к наплавочным установкам шихта предварительно спекается в газовой печи при температуре около 600°С.

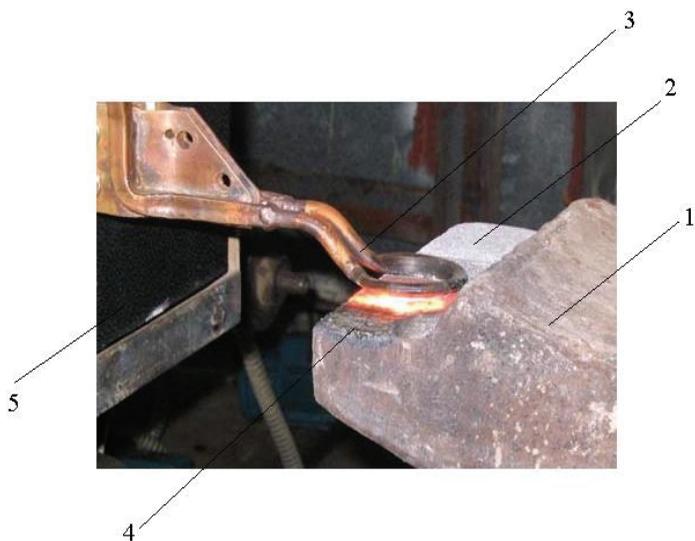


Рис. 3.16. Наплавка опорной плиты петлевым индуктором:
1 – изделие; 2 – слой шихты; 3 – петлевой индуктор; 4 – наплавленный слой; 5 – высокочастотный генератор

Источниками питания, как правило, служат высокочастотные генераторы с частотой 70...150 кГц. При прохождении тока высокой частоты через контур индуктора в поверхностных слоях основного металла индуцируются токи и наружный слой металла быстро

разогревается. Слой шихты, расположенный между индуктором и нагреваемой поверхностью, в связи с высоким сопротивлением металлического порошка слабо реагирует на воздействие переменного электромагнитного поля. Шихта нагревается главным образом за счет теплопередачи от основного металла. В связи с этим температура плавления шихты должна быть ниже температуры начала плавления основного металла, а скорость подвода тепла к нагреваемой поверхности должна быть значительно больше скорости его отвода в глубь изделия и потерь в окружающую среду.

Наплавленные детали подвергаются нормализации посредством индукционного нагрева до температуры 800...830°C для снятия внутренних напряжений и улучшения структуры основного металла.

Индукторы

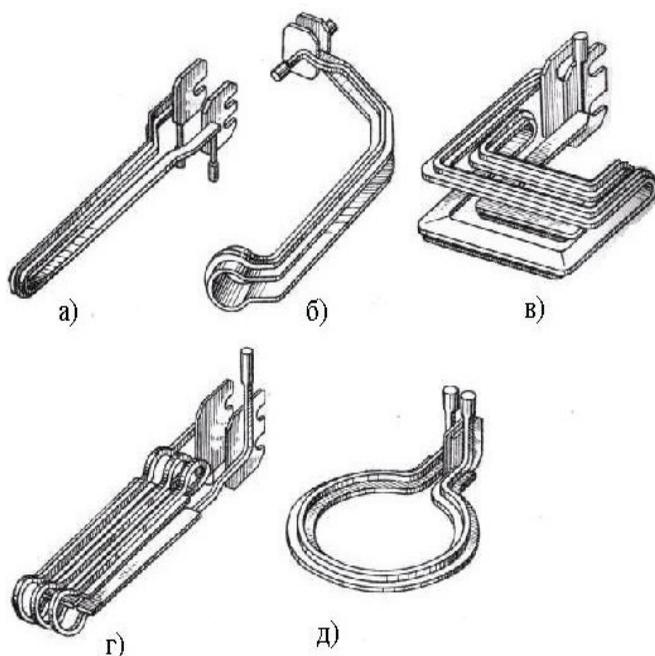


Рис. 3.17. Индукторы для наплавки различных деталей машин:
a – петлевой для наплавки лап культиваторов; *б* – петлевой для наплавки плужных лемехов; *в* – проходной для наплавки долотообразных лемехов; *г* – трехвитковой для наплавки крыльчаток вентиляторов и пескометов; *д* – для одновременной центробежной наплавки режущих кромок сферических дисков-лушильников

Индуктор нагревательный (лат. *inductor*, от *induce* – ввожу, нахожу, побуждаю) – электромагнитное устройство, предназначенное для индукционного нагрева. Индуктор состоит из двух основных частей – индуктирующего провода, с помощью которого создаётся переменное магнитное поле, и токоподводов для подключения индуктирующего провода к источнику электрической энергии (рис. 3.17). Проводящее электрический ток тело, помещенное в магнитное переменное поле, нагревается вследствие теплового действия вихревых токов, наводимых в участках изделия, непосредственно охватываемых индуктирующим проводом. В основном все типы индукторов могут быть разделены на два вида – одновременного и непрерывно-последовательного нагрева. В первом случае площадь индуктирующего провода примерно равна площади нагреваемой поверхности, что позволяет одновременно нагревать все её участки. При втором способе нагреваемое изделие перемещают относительно индуктирующего провода, последовательно нагревая участки поверхности изделия.

Установки для индукционного нагрева

Установки индукционного нагрева серии «ПАРАЛЛЕЛЬ ИП»

Установки индукционные «Параллель ИП» предназначены для напайки твердосплавных пластин режущего инструмента, а также для наплавки, нагрева и термообработки деталей различной формы с использованием индукторов и приспособлений специальной конструкции. Установки заменяют собой устаревшие высокочастотные установки с ламповыми генераторами и среднечастотные установки с машинными преобразователями, более экономичны, удобны и безопасны в эксплуатации, отличаются малыми габаритами и современным дизайном.

Установки индукционного нагрева серии «ПАРАЛЛЕЛЬ ИНТ»

Установки индукционные «ПАРАЛЛЕЛЬ ИНТ» предназначены для индукционного нагрева труб и прутков до температуры 750°C в различных технологических процессах (сушка, отжиг, нанесение покрытий, очистка труб и буровых штанг от отложений). Установка «ПАРАЛЛЕЛЬ ИНТ-30-8,0» служит для нагрева замков перед наворачиванием на бурильные трубы.

Установки индукционного нагрева серии «ПАРАЛЛЕЛЬ СТЫК»

Установки индукционные серии «ПАРАЛЛЕЛЬ СТЫК» предназначены:

- для нагрева зон стыков и дефектных участков при нанесении изоляции трубопроводов;

- для предварительного нагрева околошовной зоны при сварке и наплавке трубопроводов в полевых условиях;
- для питания ручных шлифовальных машин и другого электроинструмента с однофазными коллекторными двигателями напряжением 220 В мощностью до 2 кВт.

Установки питаются от сварочных агрегатов постоянного тока и не создают остаточной намагниченности трубы.

Установка УПИ-10-440

Установка УПИ-10-440 предназначена для напайки твердосплавных пластин на режущие кромки дисковых фрез и пил диаметром 120...1000 мм с толщиной полотна до 10 мм, сверл, резцов. Позволяет без нарушения структуры и деформации материала полотна фрезы производить пайку пластин при локальном нагреве токами высокой частоты.

Автомат для индукционной наплавки фасок клапанов 01.03-172 «РЕМДЕТАЛЬ». Поточная автоматическая линия для индукционной наплавки клапанов двигателей внутреннего сгорания

Поточная автоматическая линия управляемого индукционного нагрева предназначена для наплавки автоклапанов двигателей внутреннего сгорания методом намораживания. Автоматизированная линия обеспечивает высококачественное упрочнение поверхности клапана при высоком уровне производительности установки.

Автоматическая поточная линия включает систему подачи заготовок и охлаждающей среды, источник питания, представляющий собой тиристорный преобразователь частоты, индуктор и систему управления.

3.7. Плазменная наплавка и электродуговая металлизация

Сущность плазменной наплавки состоит в том, что присадочный и основной металл расплавляются с помощью высококонцентрированного электродугового разряда (плазменного потока), который формируется между электродом плазмотрона и изделием (плазма прямого действия) или между электродом и водоохлаждаемым соплом плазмотрона (косвенного действия). При этом присадочный материал также может быть электрически нейтральным по отношению к струе плазмы или электрически связанным с ней (рис. 3.18). В качестве присадочного материала используются проволоки, прутки, сыпучие порошковые материалы или специально приготовленные шнуры из порошков.

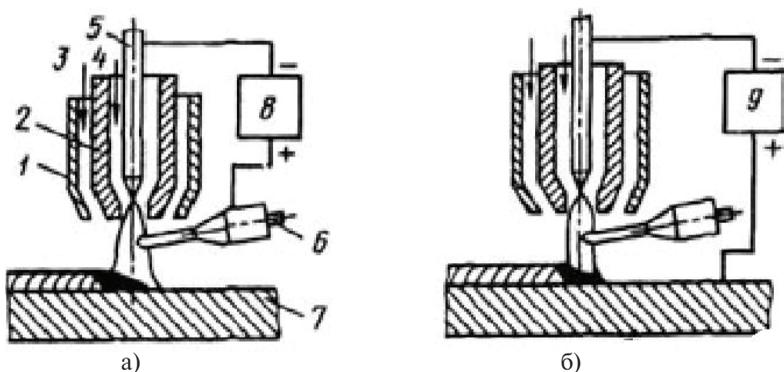


Рис. 3.18. Схемы плазменной наплавки:

- a* – плазменной струей с токоведущей присадочной проволокой;
б – плазменной дугой с нейтральной присадочной проволокой;
 1 – защитное сопло; 2 – сопло плазмотрона; 3 – защитный газ;
 4 – плазмообразующий газ; 5 – электрод; 6 – присадочная проволока;
 7 – изделие; 8 – источник питания косвенной дуги;
 9 – источник питания дуги прямого действия

Преимущества плазменной наплавки по сравнению с другими способами нанесения слоев на поверхность сводятся к следующему.

- Гладкая и ровная поверхность наплавки, что позволяет оставлять припуск на механическую обработку в пределах 0,4...0,9 мм.
- Малая глубина проплавления основного металла (0,3...2,5 мм) и небольшая зона термического влияния (3...6 мм) обуславливают долю основного металла в покрытии < 5%.
- Малое вложение тепла в обрабатываемую деталь обеспечивает небольшие деформации и термические воздействия на структуру основы.
- При плазменной наплавке получают слой толщиной 0,2...6,5 мм и шириной 1,2...45 мм. Если наносится легкоплавкий материал, то возможно нанесение покрытия с проплавлением очень тонких поверхностных слоев практически без оплавления поверхности.
- Термический КПД наплавки в 2...3 раза выше, чем при электродуговом процессе. Производительность процесса 0,4...5,5 кг/ч. Производительность плазменно-порошковой наплавки аустенитных нержавеющей сталей не уступает производительности электродуговой наплавки.

Плазменно-порошковая наплавка

Процесс плазменно-порошковой наплавки (ППН) отличается уникальными технологическими возможностями. Малая глубина проплавления основного металла, прецизионная точность, высокая культура производства и возможность наплавки самых разнообразных сплавов – все это делает его незаменимым при наплавке клапанов, запорной арматуры, шнеков экструдеров и термопластавтоматов, инструмента и многих других деталей. Для плазменно-порошковой наплавки используется специализированное оборудование, состоящее из источника питания плазмы, плазмотрона, устройства для подачи порошка, пульта управления, блока охлаждения и газобаллонной арматуры. Например, аппарат типа ПМ-300 и его модификации (*ПМ-300В, ПМ-300А и ПМ-300К*) предназначены для плазменно-порошковой наплавки плоских, цилиндрических и других поверхностей различных деталей (рис. 3.19). Для вращения или перемещения детали относительно плазмотрона может использоваться токарно-винторезный станок, манипулятор либо какой-нибудь другой механизм. Наплавка осуществляется высокотемпературной сжатой дугой, получаемой в плазмотроне с неплавящимся электродом. Присадочным материалом служит мелкозернистый порошок износостойких, коррозионно-стойких и других сплавов на основе Fe, Ni, Co и Cu.

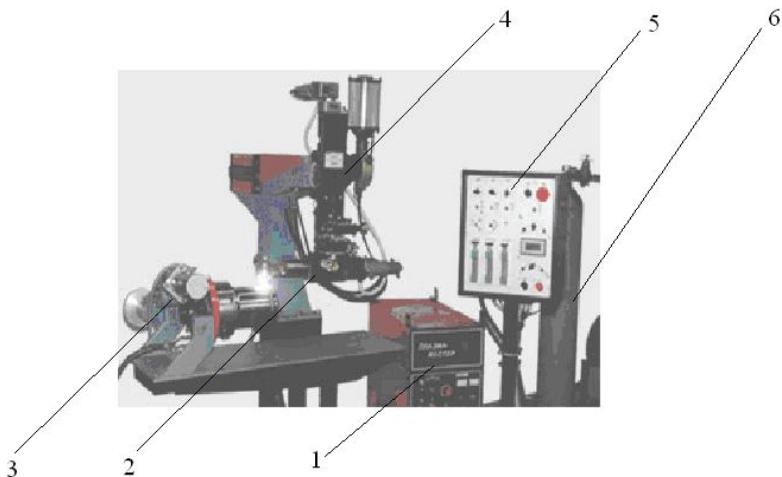


Рис. 3.19. Установка для плазменно-порошковой наплавки ПМ-300В:
1 – источник питания; 2 – плазмотрон; 3 – манипулятор-вращатель;
4 – механизм регулировки плазмотрона и подачи порошка;
5 – пульт управления; 6 – баллон с аргоном

Наплавка твердыми сплавами

Для восстановления быстроизнашивающихся деталей тракторов, автомобилей, сельскохозяйственных машин и т. д. широко применяется износостойкая наплавка различными твердыми сплавами: литыми (стеллит, сормайт), трубчатыми (рэлит), порошковыми (сталинит, сормайт, боридохромовые смеси). Плазменная наплавка рассматриваемых твердых сплавов может быть осуществлена как по схеме наплавки с токоведущей присадочной проволокой (в случае применения литых или трубчатых сплавов), так и по схеме наплавки порошками. Так как проволока из литых и трубчатых сплавов не изготавливается, то вместо присадочной проволоки применяются присадочные токоведущие прутки. Присадочный пруток подается к плазменной струе между двумя направляющими роликами по направляющей медной трубке. В качестве плазмообразующего и защитного газа применяется аргон.

Плазменная наплавка с применением в качестве присадочного материала металлического порошка

В ряде случаев из наплавочного сплава трудно изготовить проволоку, ленту или даже прутки. Тогда для плазменной наплавки в качестве присадочного материала могут применяться металлические порошки. Способы наплавки с применением порошков удобно применять и тогда, когда необходимо получить тонкий (менее 1 мм) слой металла наплавки.

При наплавке по слою порошка присадкой служит крупнозернистый порошок требуемого состава. Такой порошок либо заранее насыпается на наплавляемую поверхность, либо подается в сварочную ванну из питателя непосредственно в процессе наплавки через плазмотрон. Разработана целая серия плазмотронов для плазменно-порошковой наплавки различных поверхностей, рассчитанных на различные мощности плазмы. Например, универсальный плазмотрон ПП-6-03 предназначен для плазменно-порошковой наплавки различных деталей сплавами на основе Fe, Ni и Co с целью защиты их от износа, коррозии и т. д. Конструктивно плазмотрон состоит из двух частей – собственно плазмотрона и держателя с горизонтальным расположением коммуникаций. Плазмотрон присоединяется к держателю с помощью четырех питающих трубок и фиксируется четырьмя полыми винтами, что позволяет очень быстро присоединять или отсоединять его при монтаже и обслуживании (рис. 3.20).

Чаще всего для плазменной наплавки применяются порошки на основе никеля, кобальта или железа. Присадки бора и кремния снижают температуру плавления сплава, что позволяет получить

тонкий слой металла наплавки при малой (меньше 10%) степени проплавления основного металла. В то же время примеси бора и кремния повышают твердость и износостойкость металла наплавки. Такие сплавы жаростойки до температуры 950°C, сохраняют высокую твердость при нагреве до 750°C и обладают хорошей коррозионной стойкостью в растворах NH_4Cl , KCl , NaOH , 10%-ной серной кислоте и других средах. Поэтому хромоникелевые сплавы с бором и кремнием нашли широкое применение для наплавки клапанов двигателей внутреннего сгорания, поршней кислотных насосов и т. д.

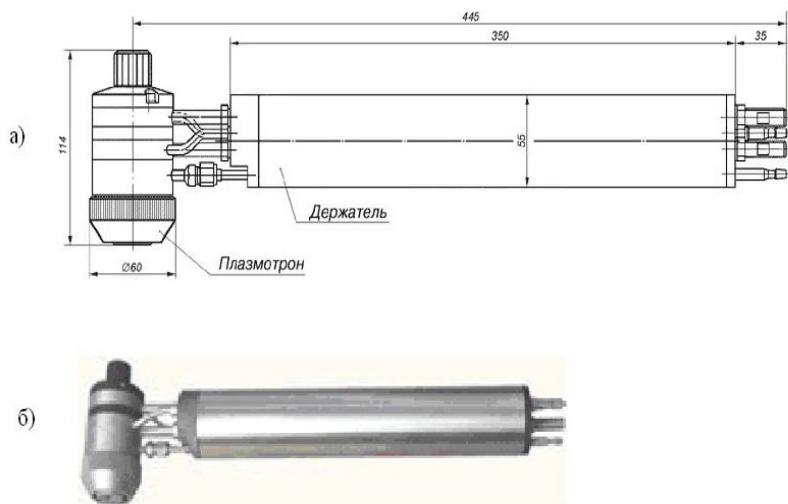


Рис. 3.20. Универсальный плазмотрон для плазменно-порошковой наплавки ПП-6-03: а – схема плазмотрона; б – внешний вид

Плазменная наплавка по способу вдувания порошка в струю может применяться для наплавки на основной металл как легкоплавких, так и тугоплавких сплавов. Достижимая минимальная глубина проплавления основного металла составляет около 0,25 мм. Минимальная толщина слоя наплавки – 0,5 мм; максимальная толщина при наплавке в один проход – 5...6 мм. Для наплавки по способу вдувания порошка в плазменную струю применяются те же порошки, что и при наплавке по слою порошка. Качество наплавки при этом остается хорошим.

Плазменная наплавка с применением присадочных материалов в виде порошковых сплавов обеспечивает высокое качество наплавленного металла. Так, наплавленный порошком ЛП8

металл по химическому составу соответствует кобальтовому стеллиту. Порошки ПГ-У30Х28Н4С4 и ЛПЗ предназначены для наплавки деталей, работающих в условиях абразивного износа. При наплавке сплавов на основе кобальта с добавками хрома (21...32%), вольфрама (4...17%), углерода, кремния, марганца, железа, никеля обеспечивается твердость наплавленного слоя HRC 32...52, на основе никеля – HRC 34...54, на основе железа – HRC 55...63.

Микроплазменное напыление с использованием проволочных материалов

Одним из видов плазменно-дугового напыления (наплавки) является метод получения покрытий с использованием проволок в качестве присадочного материала. До настоящего времени такое напыление осуществлялось плазмотронами достаточно большой мощности. Например, в установке УПУ-8М плазмотрон мощностью 40 кВт проводит напыление из проволочных материалов диаметром 0,8...1,2 мм. При этом на деталях с толщиной стенок ≤ 1 мм возникает опасность местного перегрева и коробления изделия. Необходимость плазменного напыления на узкие ребра или дорожки ведет к большим потерям напыляемого материала (диаметр пятна напыления обычно составляет 15...30 мм). Проанализировав существующие установки и теоретическую оценку возможности распыления проволоки микроплазменной струей, в ИЭС им. Патона разработали приставку к плазмотрону для микроплазменного напыления, позволяющую проводить процесс с применением проволочных материалов. Приставка была использована в комплекте с существующей установкой МПН-004, предназначенной для напыления покрытий из порошковых материалов. Она включает источник питания с панелью управления, плазмотрон и специальное устройство для подачи порошка. Конструкция и параметры работы плазмотрона обеспечивают формирование ламинарной плазменной струи, что обуславливает ряд особенностей процесса:

- возможность уменьшения размера пятна напыления до 1...5 мм;
- возможность нанесения покрытий на изделия малых размеров с тонкими стенками без излишнего локального перегрева и коробления;
- низкий уровень звука ламинарной плазменной струи (всего 30...50 дБ).

Отличительной особенностью этой установки является наличие компактного механизма подачи проволоки в межэлектродный участок плазменной струи. Проволока подается приводом постоянного тока при помощи фрикционных роликов. Подающий

механизм имеет ступенчатую (за счет сменных роликов) и плавную (за счет изменения числа оборотов на валу электродвигателя) регулировки скорости подачи проволоки. В результате экспериментов установлено, что стабильный процесс распыления нейтральной проволоки микроплазменной струей наблюдается при более высоких (в 3...5 раз) скоростях подачи проволоки по сравнению с традиционными методами плазменного напыления с использованием проволочных материалов.

Электродуговая металлизация

Принцип действия и устройство электродугового металлизатора

Принцип работы металлизатора состоит в расплавлении двух проволочных электродов образующейся между ними электрической дугой и распылении расплавленного металла струёй сжатого воздуха. Металлические частицы, попадая на покрываемую поверхность, сцепляются с ней и образуют сплошное покрытие; при этом толщина слоя регулируется числом проходов металлизатора и скоростью его перемещения относительно металлируемой поверхности.

Металлизатор обычно состоит из следующих основных частей: корпус, привод механизма подачи проволоки, распылительная головка, шланги защитные для проволоки и пульта управления.

Для питания электрической дуги требуется постоянный ток напряжением от 17 до 35 вольт. Работа на постоянном токе обеспечивает мелкозернистое распыление, более спокойное горение дуги и повышение коэффициента использования металла. Источниками питания служат сварочные выпрямители типа ВДУ-504, 505, 506, ВС-600, ПСГ-500, ПСУ-500 и другие с регулируемым напряжением и жесткой вольт-амперной характеристикой. Эти источники тока позволяют производить распыление практически любых металлов в широком диапазоне режимов работы.

Технология нанесения покрытий

Технология нанесения металлопокрытий складывается из подготовки поверхности, нанесения покрытия и (в случае необходимости) его обработки. Подготовка поверхности имеет целью удаление с нее загрязнений и оксидной пленки, а также придание ей возможно большей шероховатости, так как распыляемый металл с гладкой поверхностью надежно сцепляться не может.

Обычным средством подготовки поверхности изделий со сложной конфигурацией или тел вращения является дробеструйная обработка стальной или чугуновой колотой дробью грануляции 0,8...1,6 мм или корундовым порошком той же грануляции при

давлении воздуха 0,4...0,6 МПа, очищенного от влаги и масла. Для деталей с незакалённой поверхностью может применяться подготовка нарезанием рваной резьбы: для термообработанных твердых поверхностей после нарезания резьбы необходима струйно-абразивная обработка электрокорундовым порошком. Значения параметров шероховатости поверхности изделия, требования к металлизации, покрытию и методы контроля должны соответствовать ГОСТ 9.304-84. Подготовленную поверхность следует металлизировать в течение двух часов после окончания подготовки.

Режим работы металлизатора (напряжение, дистанция металлизации) устанавливается оператором в зависимости от применяемого металла подложки и проволоки, её диаметра, давления воздуха, скорости подачи проволоки. При нанесении покрытия необходимо избегать нагрева металлируемой поверхности выше 100...120°С.

Во избежание перегрева и отслоения покрытия его нанесение должно выполняться при непрерывном вращении детали и возвратно-поступательном перемещении металлизатора вдоль её оси; или металлизатор перемещается относительно неподвижной поверхности плоской или сложной конфигурации. Высокое качество покрытий может быть достигнуто только при условии непрерывности подачи проволоки и минимального напряжения дуги, обеспечивающего стабильность её горения. Завышение напряжения ведет к перегреву покрытия и чрезмерному выгоранию легирующих элементов проволоки.

Вопросы для самоконтроля

1. Какие преимущества и недостатки характерны для способа механизированной наплавки цилиндрических изделий под слоем флюса?
2. Какие технологические приемы используются при механизированной наплавке под слоем флюса цилиндрических изделий?
3. Какие основные преимущества и недостатки характерны для способа вибродуговой наплавки?
4. В чем состоит сущность способа вибродуговой наплавки деталей?
5. С какой целью подают углекислый газ в зону наплавки в процессе выполнения ремонта изделия?
6. Какие проволоки используются для наплавки стальных и чугунных деталей в среде углекислого газа?
7. В чем заключается сущность способа электроконтактной наварки цилиндрических поверхностей?

8. Какие функции выполняет порошок, входящий в состав порошковой проволоки для наплавки стальных изделий, в процессе ее плавления?

9. Какие типы порошковых проволок применяются для электродуговой ремонтно-восстановительной наплавки стальных деталей?

10. В чем заключается сущность метода индукционной наплавки деталей?

11. Какие преимущества и недостатки характерны для метода индукционной наплавки?

12. Каковы преимущества плазменной наплавки по сравнению с другими способами нанесения слоев на поверхность?

13. Какие присадочные материалы используются для плазменной наплавки и какие – для электродуговой металлизации?

РЕМОНТ ДЕТАЛЕЙ АВТОМОБИЛЕЙ И ТРАКТОРОВ СВАРКОЙ И НАПЛАВКОЙ

4.1. Ремонт кузовных деталей и кабин сваркой

Кузова современных легковых автомобилей представляют собой сложную пространственную систему, рассчитанную на статические нагрузки, динамическую прочность и жесткость. Являясь несущей конструкцией, кузов воспринимает нагрузки через тонкостенные элементы силового каркаса, а также внутренние и наружные панели. В нормальных условиях эксплуатации такие кузова надежно служат по 10...12 лет и более. Однако при дорожно-транспортных происшествиях и при езде на повышенных скоростях по выбитым дорогам в кузове возникает остаточная деформация или разрывы элементов. Такие дефекты кузовов подлежат восстановлению, в том числе методами сварки.

В зависимости от степени деформации кузова устанавливается следующая классификация перекосов.

1. Перекос проема – боковой двери, ветрового окна или заднего окна – это повреждение кузова с нарушением геометрических параметров проема сверх допустимого предела.

2. Несложный перекос кузова – повреждение кузова с нарушением геометрических параметров проема капота или крышки багажника (двери задка) сверх допустимого предела без нарушения геометрии основания кузова, каркаса салона, дверных и оконных проемов, за исключением зазоров дверей с передними и задними крыльями.

3. Перекос кузова средней сложности – одновременное нарушение геометрических параметров проемов капота и крышки багажника (двери задка) или повреждение кузова с нарушением геометрических параметров передних или задних лонжеронов сверх допустимого предела без нарушения геометрии каркаса салона (при отсутствии в конструкции автомобиля поперечины переднего моста – только задних лонжеронов).

4. Сложный перекос кузова – одновременное нарушение геометрических параметров передних и задних лонжеронов; или повреждение кузова с нарушением геометрических параметров передних или задних лонжеронов и каркаса салона; или только передних лонжеронов для автомобилей, в конструкции которых отсутствует поперечина переднего моста (сверх допустимого предела).

5. Перекос кузова особой сложности – повреждение кузова с нарушением геометрических параметров передних и задних лонжеронов и каркаса салона сверх допустимого предела.

Анализируя параметры классификации дефектов кузова, можно сделать вывод: восстановить геометрию кузова и его проемов, устранить перекосы возможно только с помощью специального оборудования, используя в ремонтных операциях методы гидравлической и ручной правки, а также сварочные работы с последующим контролем всех геометрических параметров кузова.

В зависимости от степени повреждения или коррозионного разрушения кузовной детали предусматриваются следующие виды ремонта при снятых узлах и деталях, препятствующих проведению рихтовочных, сварочных и окрасочных работ:

- **ремонт 0** – устранение повреждений на лицевых поверхностях кузова без повреждения окраски;
- **ремонт 1** – устранение повреждений в легкодоступных местах (поверхности детали);
- **ремонт 2** – устранение повреждений со сваркой или ремонт 1 на поверхности детали, деформированной до 50%;
- **ремонт 3** – устранение повреждений со вскрытием и сваркой, частичной реставрацией детали до 30%;
- **ремонт 4** – устранение повреждений с частичной реставрацией детали на поверхности свыше 30%;
- **частичная замена** – замена поврежденной части детали кузова ремонтной вставкой (из номенклатуры запасных частей);
- **замена** – замена поврежденной детали кузова деталью из запасных частей;
- **крупноблочный ремонт** – замена поврежденных частей кузова блоками деталей от выбракованных кузовов с разметкой, отрезкой, подгонкой, вытяжкой, рихтовкой, сваркой последних.

Из всей гаммы ремонтных работ при восстановлении кузова автомобиля около 30% занимают работы, связанные со сваркой: заварка трещин, вварка заплат, приварка элементов и т. д. Наиболее подходящим способом сварки для проведения кузовного ремонта является полуавтоматическая сварка плавящимся электродом в среде углекислого газа.

Полуавтоматическая сварка при ремонте кузова

Преимущество ее состоит в том, что сварщик во время работы может наблюдать за ходом процесса и горением дуги. Достоинства этой сварки: хорошее использование тепла сварочной дуги,

вследствие чего обеспечивается высокая производительность; возможность вести ее во всех пространственных положениях; ремонтировать малые толщины; осуществлять на весу и без подкладки.

При ремонте кузова применяют проволоку марок Св-08ГС, Св-08Г2С, Св-12ГС и др. диаметром 0,8 и 1 мм. Лучшими сварочными свойствами обладает проволока Св-08Г2С, позволяющая получать плотные швы без пористости, поскольку в ее составе присутствует достаточно большое количество раскислителей – марганца и кремния.

Для сварки используется сжиженный углекислый газ (пищевая углекислота), поставляемый в баллонах черного цвета с желтой надписью под невысоким (5...6 МПа) давлением. В стандартный баллон вместимостью 40 л заливается 25 кг углекислоты, из которой образуется 12,725 м³ газа. Этого количества газа хватает на 12...15 часов непрерывной работы.

В качестве оборудования при сварке кузовов, кабин и оперения применяют полуавтоматы MIG 305C/S, ПДГ-270, ПДГ-3020, ПДГ-525, А-547У, А-825 и др. (рис. 4.1), рассчитанные на подачу электродной проволоки диаметром 0,8...1,2 мм. Эти полуавтоматы комплектуются малыми и большими горелками, предназначенными для сварки токами соответственно 150 и 300 А.



Рис. 4.1. Сварочные полуавтоматы:
1 – MIG 305C/S; 2 – ПДГ-270; 3 – ПДГ-3020; 4 – ПДГ-525

Из всех полуавтоматов самый малогабаритный и легкий подающий механизм имеет полуавтомат А-547У, который позволяет подвешивать его на плечо сварщика, но лучше все-таки его закреплять вместе с катушкой проволоки на тележке, удобной для перемещения. Пульт управления полуавтоматом монтируется

на передней стенке источника питания, в качестве которого обычно используют выпрямитель ВС-300.

Прежде чем приступить к сварке в среде углекислого газа, необходимо позаботиться о подготовке проволоки, деталей, а на образцах проверить правильность выбранного режима.

Применяемая для сварки электродная проволока должна быть очищена от ржавчины, так как ее наличие нарушает процесс. С завода-изготовителя проволока поступает на предприятие-потребитель чистой. Поэтому, чтобы избежать лишних операций по ее очистке, следует сразу же эту проволоку положить на хранение в сухое проветриваемое помещение. А тонкий слой смазки, имеющейся на проволоке, можно снимать перед сваркой при помощи нескольких резиновых колец, через которые пропускают проволоку, прежде чем направить ее в подающий механизм.

Чтобы избежать нарушения процесса сварки, выходящий конец электродной проволоки должен иметь плотный контакт с токоподводящим наконечником, диаметр отверстия которого может быть лишь на 0,2...0,3 мм больше диаметра проволоки.

Если подлежащие ремонту кузов, кабина или оперение поступают на сварку вскоре после снятия с них краски и прохождения мойки, то практически дополнительной подготовки не требуется, кроме рихтовки соответствующих поверхностей и хорошей подгонки мест сварки. Если же они имеют ржавчину или другие загрязнения, то их следует очистить стальной щеткой. Основными параметрами режима сварки являются сила сварочного тока, напряжение дуги, скорость подачи и вылет электродной проволоки. Силу сварочного тока устанавливают в зависимости от диаметра применяемой проволоки и толщины свариваемого металла.

Полуавтоматическую сварку кузовных деталей толщиной 1...1,5 мм ведут на следующих режимах: сила тока – 100...120 А, напряжение – 18...20 В, расход газа – 6...9 л/мин, вылет электрода – 9...13 мм.

Уменьшение или повышение напряжения приводит к чрезмерному укорочению или удлинению дуги и нарушает процесс сварки. Величина напряжения имеет особенно важное значение при сварке тонкого металла. Скорость подачи проволоки подбирают практически так, чтобы дуга горела устойчиво при данном токе и напряжении.

Расход углекислого газа должен обеспечивать надежную защиту сварочной ванны от окружающего воздуха. В зависимости от этого условия определяется и наиболее целесообразное положение мундштука относительно поверхности сварочной ванны. Расстояние

между мундштуком и поверхностью детали при напряжении 18...20 В сохранять в пределах 8...13 мм, а угол наклона электрода к вертикали – 15...20°.

Перемещение электрода должно быть равномерным на протяжении всей сварки и без поперечных колебаний. Лучше вести ее «углом вперед», это уменьшает глубину проплавления основного металла и увеличивает ширину валика. При сварке стыковых соединений из тонкого металла лучше, если между деталями зазора вообще не будет, во всяком случае, он должен быть минимальным – не более 0,5 мм. При невозможности обеспечить это условие необходимо во избежание прожогов подкладывать под свариваемые детали шину (подкладку) из меди.

С течением времени даже при хорошо отлаженном режиме сварочный аппарат может разладиться: начинается разбрызгивание металла, менее устойчиво горит дуга, заедает проволока. Эти неполадки происходят из-за чрезмерной выработки отверстия мундштука, засорения спирали шланга металлическими частицами. Чтобы предупредить это, необходимо периодически, один раз в месяц, извлекать спираль из шланга и промывать ее в керосине.

Пример выполнения сварочных работ на кузове автомобиля приведен на рис. 4.2.



Рис. 4.2. Сварка переднего лонжерона кузова автомобиля

4.2. Технология восстановления деталей агрегатов автомобиля

Обеспечение ремонтных предприятий запасными частями осуществляется за счет изготовления новых запасных частей и путем восстановления деталей, бывших в эксплуатации. Большую часть номенклатуры восстанавливаемых деталей составляют гладкие и шлицевые валы, оси и крестовины. В большинстве случаев именно эти детали лимитируют ресурс узлов агрегатов машин. При восстановлении этих деталей необходимо обеспечить следующие требования: точные размеры и шероховатость, твердость поверхности, сплошность покрытия, прочность сцепления нанесенных слоёв с основным металлом, а также симметричность и соосность сопрягаемых поверхностей, отсутствие радиального и торцового биений.

Из всех известных способов восстановления деталей наплавка способна удовлетворить все вышеперечисленные требования. Этот способ восстановления по сравнению с другими дает возможность получать на поверхности детали слой необходимой толщины и нужного химического состава, высокой твердости и износостойкости.

Таблица 4.1

Номенклатура основных деталей агрегатов автомобилей, подлежащих восстановлению сваркой и наплавкой

Наименование	Восстанавливаемая поверхность
Поворотная цапфа	Шейки под внутренний и наружный подшипники
Распределительный вал	Опорные шейки
Коленчатый вал	Шатунные и коренные шейки вала
Впускные и выпускные клапаны	Торец клапанов и фаска тарелки
Блок цилиндров	Опорные поверхности коренных подшипников
Головка блока цилиндров	Плоскость разъема, отверстия под клапаны
Гильза цилиндров	Посадочные пояски
Трансмиссионные валы	Опорные шейки
Картер коробки передач	Отверстия под подшипники ведущего, ведомого и промежуточного валов
Картер редуктора заднего моста	Отверстия под подшипники ведущего конического зубчатого колеса. Отверстия под гнезда подшипников ведущего цилиндрического зубчатого колеса. Отверстия под подшипники дифференциала

Наименование	Восстанавливаемая поверхность
Гнездо подшипника ведущего цилиндрического зубчатого колеса редуктора заднего моста. Крестовины карданного вала	Наружные и внутренние посадочные поверхности. Наружные поверхности шипов
Насос системы охлаждения ДВС	Валик водяного насоса

В общем виде технология восстановления включает такие основные пункты, как мойка, дефектация, подготовка технологических баз, наплавка изношенных поверхностей или заварка трещин, сколов и пр., механическая, термическая, финишная обработка, контроль качества.

Восстановление валика водяного насоса

Одной из часто восстанавливаемых деталей машин является валик водяного насоса. Валик передает вращение от вала вентилятора к крыльчатке, которая перегоняет охлаждающую жидкость в системе охлаждения ДВС. Крыльчатка крепится к левому концу валика и закрепляется на нем посредством сегментной шпонки и гайки (рис. 4.3).

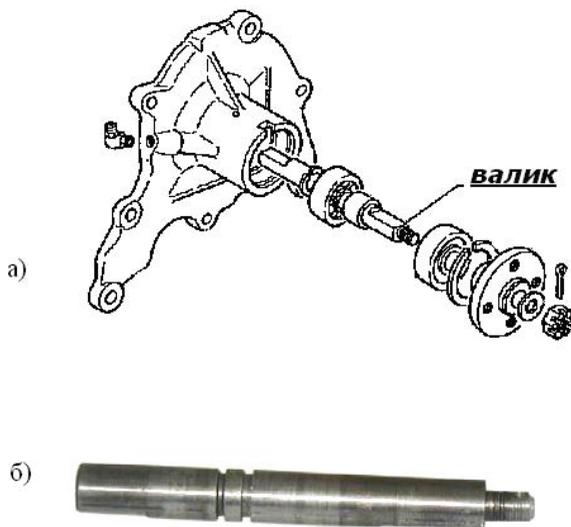


Рис. 4.3. Валик водяного насоса: *a* – схема валика в сборке; *б* – внешний вид

Повышенные требования при эксплуатации и ремонте должны предъявляться к поверхностям под подшипник и сальниковое уплотнение, так как неудовлетворительное (изношенное) состояние данной цилиндрической поверхности может вызвать протекание охлаждающей жидкости и попадание ее в масло, что может вывести двигатель из строя.

Напряжения, которые испытывает валик, носят скручивающий характер.

Валик изготовлен из качественной стали типа СТ45 с твердостью заготовки НВ 241...285, часть данной детали закаливается (ТВЧ), при этом закаленный слой имеет твердость HRC 52...62.

Таблица 4.2

Анализ дефектов детали и способы ее восстановления

Номер дефекта	Название дефекта	Метод или прибор контроля	Способ устранения дефектов
1	Износ поверхности под подшипник и сальниковый уплотнитель	Штангенциркуль	Хромирование в саморегулирующемся электролите
2	Износ шпоночной канавки	Визуально	Электроимпульсная наплавка
3	Износ резьбы М14 × 1,5 кл. 2	Визуально, резьбовой шагомер	Железнение с нанесением сплава

Подготовка детали к нанесению покрытия

Подготовка детали включает механическую обработку поверхностей, подлежащих наращиванию; очистку от окислов и предварительное обезжиривание; монтаж детали на подвесное приспособление; изоляцию поверхностей, не подлежащих покрытию; обезжиривание детали с последующей промывкой в воде; анодную обработку.

Цель предварительной механической обработки детали – придать восстанавливаемым поверхностям правильную геометрическую форму. Производится эта обработка согласно рекомендациям по механической обработке соответствующего материала. Очистку деталей от окислов с целью «оживления» поверхности проводят шлифовальной шкуркой или мягкими кругами с полировальной пастой. Предварительное обезжиривание деталей производят путем промывки в растворителях. После обезжиривания детали

промывают в горячей, а затем в холодной воде. Сплошная, без разрывов, пленка воды на обезжиренной поверхности свидетельствует о хорошем качестве удаления жиров. Декапирование (анодную обработку) производят для удаления тончайших оксидных пленок с поверхности детали и обеспечения наиболее прочного сцепления гальванического покрытия с подложкой. Эта операция непосредственно предшествует нанесению покрытия.

Обработка детали после нанесения покрытия

Обработка включает нейтрализацию детали от остатков электролита; промывку её в холодной и горячей воде; демонтаж с подвесного приспособления и удаление изоляции; механическую обработку до требуемого размера; термическую обработку.

Так, если детали подвергались хромированию, их сначала промывают в ванне с дистиллированной водой (для улавливания электролита), а затем – в проточной воде, после чего погружают на 0,5...1 мин в 3% раствор кальцинированной соды (для нейтрализации остатков электролита) и окончательно промывают в теплой воде. Затем детали снимают с подвесных приспособлений, удаляют с них изоляцию и сушат в сушильном шкафу при температуре 120...130°C. В некоторых случаях для снятия внутренних напряжений в хромовых покрытиях детали проходят термообработку с нагревом до 180...200°C в масляной ванне и выдержкой при этой температуре в течение 1...2 часов.

Таблица 4.3

Схема технологического процесса

№ п/п	Операция	Оборудование и инструменты
1.	Моечная. Мойка и очистка валика от масла и грязи	Моечная машина Ew 30 olympus optical
2.	Дефектовочная. Выявление изношенных поверхностей и резьбы	Штангенциркуль, шагомер резьбовой
3.	Наплавочная. Наплавка поверхности шпоночной канавки	Установка для автоматической наплавки Weld Lathe 613
4.	Предохранительная. Защита поверхностей от действия электролита	Установка для защиты винипластовыми материалами
5.	Наращивающая. Нарастивание диаметра вала	Гальваническая ванна

№ п/п	Операция	Оборудование и инструменты
6.	Предохранительная. Защита поверхностей от действия электролита	Установка для защиты винипластовыми материалами
7.	Наращивающая. Восстановление резьбы	Гальваническая ванна
8.	Слесарная. Правка шпоночной канавки	Слесарный станок и инструмент
9.	Шлифовальная. Шлифовка валика	Круглошлифовальный станок ВНА75СNC d 75 mm L 150 mm
10.	Резьбонарезная. Прогонка резьбы плашкой	Токарный станок Pinacho – модель taugus 310

Технология восстановления и упрочнения рабочей поверхности крестовины автомобиля КамАЗ

Крестовины карданного вала изготавливаются из стали 18ХГТ и имеют твердость HRC 58...64. Крестовина в процессе работы подвергается механическому изнашиванию и усталостному разрушению. Усталостное разрушение проявляется в виде трещин и поломок от длительного воздействия переменных нагрузок. Вначале возникают микроскопические трещины, которые затем развиваются в глубь детали, охватывая значительную часть сечения. Вследствие механического изнашивания появляется износ наружных поверхностей шипов.

При восстановлении деталей на ремонтных предприятиях применяются различные способы наплавки. Для восстановления крестовины рассмотрим вибродуговую наплавку, так как этот способ оказывает наименьшее термическое влияние, вследствие чего деталь практически не деформируется.

Сущность процесса автоматической вибродуговой наплавки была рассмотрена в этом учебном пособии ранее (модуль 3), поэтому здесь приведем только технологический процесс восстановления поверхности изделия.

Деталь закрепляется в центрах токарного станка. Отрицательный полюс источника питания постоянного тока (например, ВС-300) присоединён к детали, положительный полюс соединен с электродом. При включении источника питания между деталью

и электродом возбуждается дуга, под действием которой плавится основной металл и металл электрода. Во время наплавки деталь вращается с заданной скоростью, а электродная проволока по мере расплавления непрерывно подается к детали. При этом электрод совершает также и поступательное движение вдоль оси детали, подобно резцу токарного станка. Металл наплавляется по винтовой линии. В процессе наплавки электрод вибрирует с частотой 50...100 колебаний в секунду. Это достигается с помощью вибратора. По трубке в зону дуги подаётся охлаждающая жидкость. В результате быстрого охлаждения наплавленный слой закаляется, его твёрдость и износостойкость возрастают. Охлаждающая жидкость защищает расплавленный металл от вредного воздействия кислорода и азота воздуха.

Оборудование для наплавки

Вибродуговую наплавку производят на специальных установках, основными элементами которых являются токарный станок с наплавочной головкой вместо резцедержателя и источник питания дуги. Для наплавки может использоваться токарно-винторезный станок модели 1И611П или 1К62. Наплавочная головка – важнейший механизм установки для вибродуговой наплавки. Головка обеспечивает одновременную подачу электродной проволоки к детали и вибрацию конца проволоки. От конструктивного совершенства и качества исполнения головки зависит качество восстановленной детали. Обычно используется наплавочная головка ОКС-6569М.

Подготовка поверхности к наплавке

Состояние наплавляемой поверхности существенно влияет на качество восстановленных деталей. Если поверхность наплавляемой детали загрязнена или покрыта ржавчиной, то в наплавленном металле будут шлаковые включения и несплавления. Наплавка на поверхность, покрытую маслом, приведёт к появлению газовых пор. Все эти дефекты могут стать очагами разрушения детали, причиной её преждевременного выхода из строя. Вот почему наплавляемые места должны предварительно промываться и очищаться с помощью металлических щеток, наждачной бумаги и ветоши.

Установка детали

После того как деталь подготовлена к наплавке, её устанавливают в центрах токарного станка (рис. 4.4). Для этого используют круглый стержень сплошного сечения диаметром 40 мм. Стержень специально затачивается под отверстие в шипах крестовины. Конусное окончание позволяет закреплять деталь по центру. Стержень зажимается в кулачковом патроне токарного станка. Деталь

подпирают центром задней бабки, который также имеет конусное окончание. Такое закрепление является достаточно надежным в данном случае, так как усилия, создаваемые наплавочной головкой, невелики.

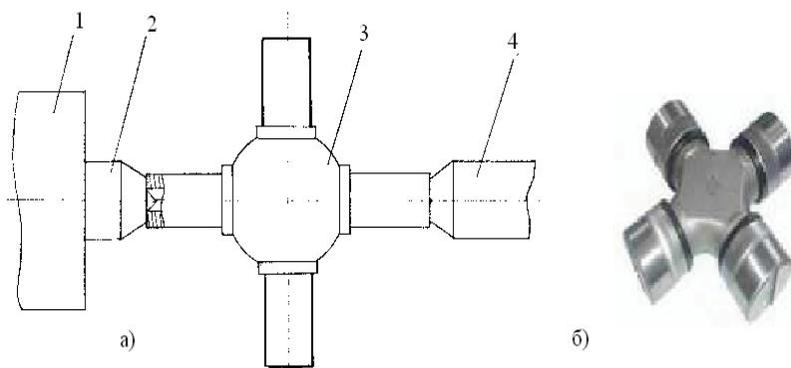


Рис. 4.4. Восстанавливаемая крестовина карданного вала:
 а – схема закрепления для наплавки; б – внешний вид крестовины после восстановления; 1 – зажимной патрон; 2 – центр; 3 – крестовина; 4 – задняя бабка станка

Режимы наплавки

Режим вибродуговой наплавки характеризуется силой тока, напряжением на дуге, скоростью подачи и диаметром электродной проволоки, шагом наплавки, расходом охлаждающей жидкости, частотой вибрации электрода. Все эти параметры, как правило, взаимосвязаны, и качество наплавленного слоя определяется именно правильно выбранным соотношением между указанными параметрами.

Вибродуговую наплавку обычно производят при напряжении на дуге от 12 до 40 В. Уменьшение напряжения на дуге приводит к увеличению времени короткого замыкания. Вследствие этого уменьшается общее количество выделяющегося тепла. Это, в свою очередь, приводит к уменьшению степени расплавления основного металла и в конечном счете к полному или частичному несплавлению.

Чрезмерное увеличение напряжения на дуге также приводит к нежелательным результатам: возрастает удар и разбрызгивание металла, деталь перегревается, сильнее коробится. При дальнейшем росте напряжения нарушается равенство между скоростью подачи проволоки и скоростью её расплавления. Наплавку постоянным током всегда ведут на обратной полярности: положительный

полюс источника тока присоединяется к электроду, отрицательный — к детали.

Экспериментально установлено, что наилучшая скорость подачи проволоки составляет 0,9...1,65 м/мин. С увеличением скорости подачи проволоки увеличивается сила тока. Величина сварочного тока определяется внешней вольт-амперной характеристикой источника питания, скоростью подачи и диаметром проволоки. Для вибродуговой наплавки характерны средние значения силы тока 100...200 А.

Размах вибрации электрода выбирается в зависимости от диаметра электродной проволоки и обычно равен ему. Шаг наплавки зависит от диаметра электродной проволоки, скорости ее подачи и напряжения на дуге. Обычно он соответствует диаметру проволоки.

От расхода охлаждающей жидкости, подаваемой на деталь, зависят величина ее коробления, твердость наплавленного металла, химический состав, а также вероятность появления пор и трещин. Обычно расход жидкости составляет 0,5...3 л/мин.

Высокое качество наплавки крестовины получают при использовании следующих режимов:

- шаг наплавки — 2,8 мм/об;
- скорость подачи электрода — 1,25 м/мин;
- частота вибрации — 100 Гц;
- амплитуда колебаний — 1,95...2,6 мм;
- толщина наплавленного слоя, при которой обеспечивается надёжное сплавление, — 2,5 мм.

Наплавка

После необходимой подготовки детали и выбора режима наплавки включают установку. Сначала включается двигатель станка и насос, подающий жидкость. Затем устанавливают нужное число оборотов детали, включают источник питания дуги и, руководствуясь показаниями вольтметра, регулируют напряжение. Далее конец электродной проволоки подводится к детали, суппорт станка включается, приводятся в действие вибратор и двигатель, подающий проволоку. Так начинается процесс наплавки. По окончании вибродуговой наплавки подача проволоки выключается. Выключение всех остальных механизмов производится в последовательности, обратной последовательности включения.

Контроль качества

При вибродуговой наплавке контроль осуществляется на всех стадиях процесса. Перед наплавкой при внешнем осмотре выявляются поверхностные дефекты деталей. В процессе наплавки

контролируются расход и место подвода охлаждающей жидкости, напряжение на дуге, наличие проскальзывания электродной проволоки в роликах и т. п. Внешний осмотр и обмер наплавленной детали осуществляются дважды: непосредственно после наплавки и после механической обработки. В первом случае проверяются толщина наплавленного слоя, его чистота, наличие открытых пор, пропусков наплавки, крупных трещин, чрезмерного коробления, правильность наплавки галтелей, величина припуска на механическую обработку.

Часть обнаруженных дефектов поддается исправлению. Прерывистость слоя легко исправить местной ручной дуговой наплавкой. Недостаточная толщина слоя исправляется путем повторной наплавки. При низком качестве наплавленного слоя его удаляют и производят наплавку заново. Наличие даже легко устранимых дефектов – явление нежелательное.

После механической обработки наплавленной детали проверяются чистота поверхности и соответствие размеров обработанной детали чертежу. Одновременно выявляются скрытые дефекты – газовые поры, крупные трещины и т. д. Иногда после механической обработки или в её процессе обнаруживается местное несплавление. Его признаки – отслаивание части металла или характерное шелушение наплавленного слоя. Все эти дефекты выявляются при внешнем осмотре.

Наплавка ведущих звездочек бульдозера

Детали ходовой части транспортных гусеничных машин эксплуатируются в условиях интенсивного трения металла о металл при наличии прослойки абразива и испытывают значительные контактные ударные нагрузки, вследствие чего быстро изнашиваются. В связи с этим вопрос о выборе способа и технологии упрочнения рабочих поверхностей с целью повышения надежности и долговечности машины весьма актуален. Не менее важно решение проблемы восстановления изношенных деталей для повторного их использования.

Ведущие звездочки бульдозеров на базе тракторов Т-100, ТЦ-130, «Интер», «Камасу» и др. работают в тяжелых условиях. Сложный характер изнашивания контактных пар зубья–втулки и наличие вязкого водоземлюсионного слоя с большим количеством частиц кварца различной фракции усиливают истирание рабочих поверхностей, что приводит к изнашиванию закаленного поверхностного слоя примерно в два-три раза быстрее, чем это предусмотрено нормативами. Износ зубьев звездочки достигает 50...60 мм, а впадин составляет 20...25 мм. Такая неравномерность изнашивания криволинейной поверхности значительно усложняет технологию восстановления.

Ведущие звездочки бульдозеров в основном изготавливают из высокоуглеродистых литых сталей, легированных марганцем и молибденом, с закаливанием рабочей поверхности до твердости примерно 420 HV на глубину до 5 мм.

С учетом требований, предъявляемых к материалу звездочек, работающих в контакте с гусеничной цепью, была опробована технология нанесения рабочего слоя оптимальной твердости и высокой износостойкости путем применения легирующих флюсов. Для наплавки под слоем флюса целесообразно использовать наплавочный материал, не содержащий дорогих легирующих элементов (W, Ni, V), но обеспечивающий достаточную износостойкость. Хромомарганцевоборидные сплавы (Fe-C-Cr-Mn-B) являются в этом смысле наиболее приемлемыми.

Установлено, что износостойкость рабочего слоя наиболее высокая при наплавке под механической смесью флюсов (АН-348А) + (АНК-18) с добавками легирующих элементов. Наплавку производили сварочной головкой А-1416, дополнительно оборудованной механизмом колебания электрода. Диапазон колебаний – от 0 до 140 мм, частота колебаний – регулируемая. Для восстановления звездочек использовали проволоки Св-08Г2С и Нп-30ХГСА диаметром 2 мм. Режим обработки: постоянный ток обратной полярности, номинальный ток 260...300 А, напряжение на дуге 32...35 В, скорость подачи проволоки 119 м/ч, скорость наплавки 20 м/ч, шаг наплавки 6...8 мм.

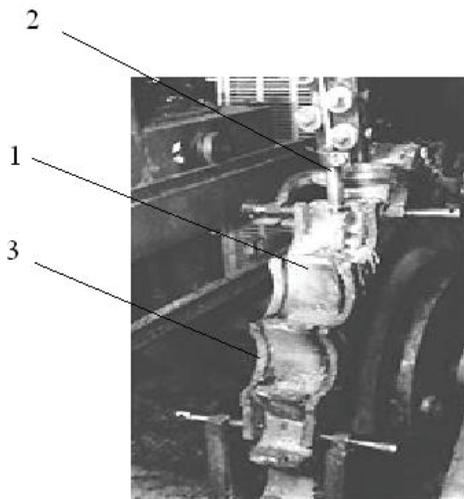


Рис. 4.5. Наплавка ведущей звездочки бульдозера:
1 – изделие; 2 – наплавочная головка; 3 – кокиль

Зубья наплавлялись методом горки (рис. 4.5). Наплавку производили в кокиль, одновременно являющийся шаблоном для контроля заданного шага и формы зуба. Поскольку износ у кромки зуба больше, была выбрана кинематическая схема механизма колебания электрода с замедлением в зоне выработки.

В зависимости от модели бульдозера выбирают технологию восстановления зубьев: по ширине, шагу, износу и др. После наплавки поверхность зубьев не требует термической и механической обработки. Структура наплавленного металла феррито-перлитная, переходящая в игольчатый троостит. Твердость наплавленного слоя поверхности контакта составляет 400...420 НВ. В зоне сплавления отсутствуют трещины и непровары.

Технология восстановления опорного катка гусеничного трактора

Мойка

Детали, поступающие на восстановление, подвергаются очистке для того, чтобы их можно было осмотреть и выявить дефекты. При очистке деталей удаляются продукты коррозии, остатки смазочных материалов и жировых пятен, абразивные и металлические частицы и др. Очистка деталей от загрязнений является специфической операцией процесса восстановления. От качества и полноты её проведения зависит долговечность восстановленных изделий. Так, недостаточно качественно удаленные загрязнения с поверхностей восстанавливаемых деталей приводят при наплавке к образованию в наплавленном материале пор и раковин и, как следствие, снижению ресурса их работы.

Для выполнения этой операции необходимо уложить деталь в ванну с 8...10% раствором кальцинированной соды, удалить продукты загрязнения с помощью металлической щетки, извлечь деталь из ванны и высушить техническим феном до полного удаления влаги с поверхности.

Дефектация

Дефектацию деталей производят с целью определения их технического состояния и выявления следующих дефектов: целостности материала, величины износа и деформации. Измерительный инструмент и деталь должны иметь температуру одного порядка. Универсальные средства измерения выбирают в зависимости от допусков на восстанавливаемые размеры и конструктивных особенностей детали.

Осмотреть каток на наличие сколов, смятия, трещин, изломов и других видимых повреждений; определить величину износа рабочих поверхностей при помощи штангенциркуля. Катки с износом рабочих поверхностей по диаметру более 16 мм восстановлению не подлежат.

Установка детали

Установить каток в зажимной патрон наплавочной установки (например, УД-209) с помощью электротали типа ЭТ-300М и троса (рис. 4.6).

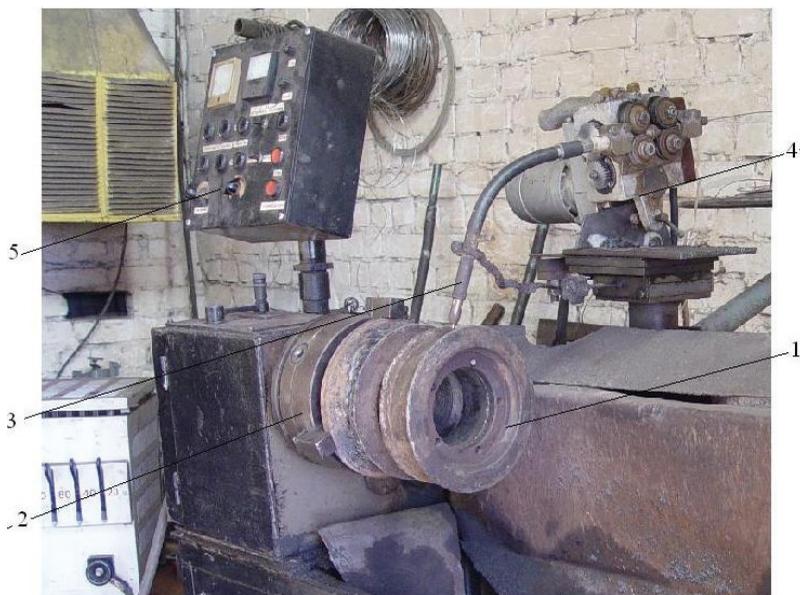


Рис. 4.6. Наплавка опорного катка гусеничного трактора порошковой проволокой на установке УД-209: 1 – каток; 2 – зажимной патрон; 3 – горелка; 4 – подающий механизм; 5 – пульт управления

Предварительный подогрев

Предварительный подогрев детали осуществляется, если поверхностная твердость детали превышает $HRC_3 = 30$. Как правило, изделие, изготовленное из стали марки Ст45, имеет твердость поверхности более 30 единиц, даже если оно не подвергалось закалке. Предварительный подогрев делается для того, чтобы предотвратить образование трещин. Подогрев можно осуществлять газовой горелкой ПГУ-40, нагревая деталь до температуры 150...200°C. Деталь необходимо прогревать равномерно, для этого обеспечивают её вращение в зажимном патроне.

Наплавка

Наплавка производится на постоянном токе обратной полярности. В качестве наплавочного материала используется порошковая проволока марки ПП-АН122 диаметром 2,8 мм. Это дает следующие преимущества перед другими материалами:

- 1) можно увеличить силу тока и тем самым повысить производительность процесса наплавки в два раза;
- 2) не требуется отделение шлаковой корки от детали после наплавки;
- 3) обеспечивается необходимая твердость наплавки $HRC = 40...50$.

Наплавочная головка обеспечивает поперечные колебания электрода с амплитудой до 40 мм в обе стороны. Поэтому можно наплавлять изношенную поверхность по всей ширине за один проход.

Последовательность и режимы наплавки рабочей поверхности

- Наплавить первую рабочую поверхность катка диаметром $\varnothing 170$ мм на длине $L = 40$ мм.
- Наплавить вторую рабочую поверхность диаметром $\varnothing 170$ мм на длине $L = 40$ мм.

Режимы наплавки: ток – $I_H = 300$ А; напряжение на дуге – $U = 26$ В; скорость наплавки – $V_{напл} = 8$ м/ч; амплитуда колебаний – $A_k = 20$ мм; частота колебаний – $f_k = 35$ кол/мин; скорость подачи проволоки – $V_{пр} = 375$ м/ч; вылет электрода – $H_э = 15$ мм; угол наклона электрода от вертикальной оси – $\alpha = 40^\circ$; смещение электрода от зенита в сторону, противоположную вращению детали, – $L = 8$ мм.

После наплавки рабочих поверхностей необходимо наплавить реборды.

Последовательность и режимы наплавки реборд

- Наплавить одну реборду по диаметру от 170 мм до 200 мм, угол реборды 30° .
- Наплавить вторую реборду по диаметру от 170 мм до 200 мм.
- Валики (4 штуки) накладывать друг на друга без поперечных колебаний электрода. Высота каждого наплавленного валика – 4 мм; ширина – 5 мм.

Режимы наплавки: ток – $I_H = 300$ А; напряжение – $U = 26$ В; скорость наплавки – $V_{напл} = 30$ м/ч; скорость подачи проволоки – $V_{пр} = 375$ м/ч; вылет электрода – $H_э = 15$ мм; угол наклона электрода – $\alpha = 40^\circ$; смещение электрода от зенита в сторону, противоположную вращению детали, – $L = 8$ мм.

Механическая токарная обработка

С помощью электротали ЭТ-300М и троса снять каток с наплавочной установки и установить его на токарно-винторезный станок 1К625Д.

Токарная обработка наплавленной детали необходима для обеспечения требуемых геометрической формы, размеров и

шероховатости поверхностей. Поскольку твердость поверхности изделия из Ст45 после наплавки достаточно высока, то для точения наружной цилиндрической поверхности и реборд используют резец из твёрдого сплава Т15К6. Обработку ведут в один проход: число оборотов шпинделя станка – $n = 315$ об/мин; подача резца – $S = 0,3$ мм/об; глубина резания – $t = 1,5$ мм.

Калибровка внутреннего диаметра катка

С помощью электротали ЭТ-300М и троса снять каток со станка и установить вертикально в специальную оснастку для калибровки внутреннего диаметра. Калибровку внутреннего диаметра проводят для восстановления первоначальных размеров, так как после наплавки происходит усадка и внутренний диаметр становится меньше. Для калибровки внутреннего отверстия катка используют сверлильный станок 2М112 (2М-112) и специальную фрезу диаметром 50 мм. Калибровку (расточку) ведут на режимах: скорость вращения шпинделя станка – $n = 190$ об/мин; подача фрезы – $S = 0,5$ мм/об. Контроль всех размеров восстановленного катка проводят с помощью штангенциркуля.

Технология восстановления шарнирной трубы трактора К-700

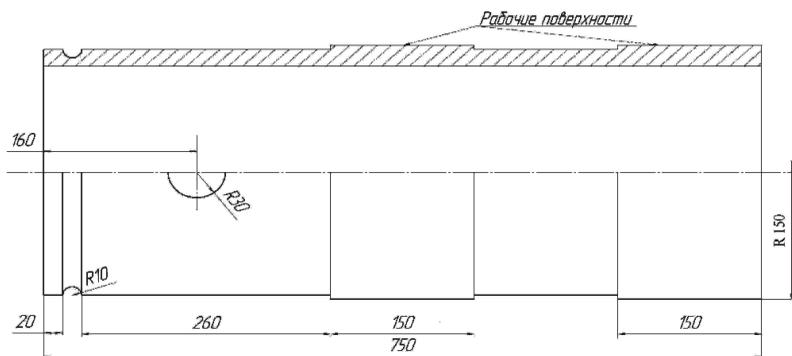


Рис. 4.7. Шарнирная труба трактора К-700, подлежащая восстановлению

Мойка и дефектация

Уложить деталь в ванну с 8...10% раствором кальцинированной соды; удалить продукты загрязнения с помощью металлической щетки; извлечь деталь из ванны и высушить техническим феном.

Дефектацию детали производят с целью определения её технического состояния и выявления следующих дефектов: целостности материала изделия, величины износа поверхностей и степени ее деформации. Необходимо осмотреть деталь на наличие сколов, смятия, трещин, изломов, царапин и других видимых повреждений;

определить величину износа рабочих поверхностей при помощи штангенциркуля ШЦ- III со шкалой 0 – 500 мм (0,1 мм).

Установка и предварительный подогрев детали

Установить деталь в патрон наплавочной установки УНВ 3-31 с помощью электротали ЭТ-300М и троса, при установке контролировать надежность сцепки между шарнирной трубой и тросом, закрепить деталь задней бабкой (рис. 4.8).

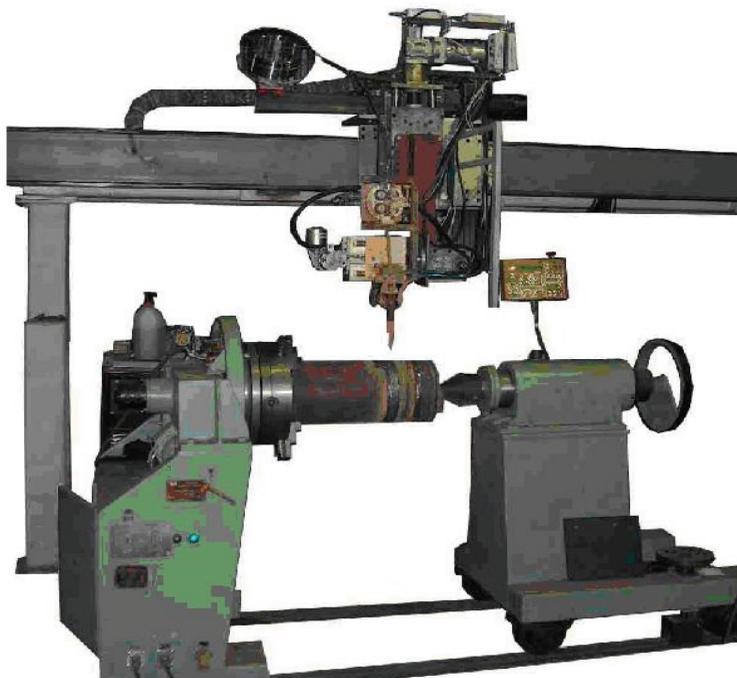


Рис. 4.8. Установка для наплавки УНВ 3-31

Газовой горелкой ПГУ-40 нагреть деталь до температуры 150...200°С. Восстанавливаемые поверхности детали прогревать равномерно, вращая деталь в патроне установки.

Наплавка

Наплавка производится на постоянном токе обратной полярности. Источником питания для электрической дуги может служить универсальный выпрямитель ВДУ-1202. В качестве наплавочного материала может использоваться порошковая проволока марки ПП-АН122 диаметром 2,8 мм. Наплавка этой порошковой проволокой может выполняться без дополнительной защиты сварочной ванны флюсом или газом.

Наплавить первую рабочую поверхность диаметром $\varnothing 300$ мм на длине $L = 150$ мм; наплавить вторую рабочую поверхность диаметром $\varnothing 300$ мм на длине $L = 150$ мм; контролировать качество наплавки. Ток наплавки $I_H = 280...300$ А, напряжение $U = 26...28$ В. Наплавка широкослойная с амплитудой колебаний электрода $A_k = 30$ мм. Частота колебаний $f_k = 32$ кол/мин. Скорость наплавки $V_{напл} = 6...8$ м/ч. Скорость подачи проволоки $V_{пр} = 370...380$ м/ч. Вылет электрода $H_3 = 10...15$ мм. Угол наклона электрода $\alpha = 40...45^\circ$ от вертикальной оси. Смещение электрода от центра детали в сторону, противоположную ее вращению при наплавке, $L = 10...12$ мм.

Токарная обработка

С помощью электротали ЭТ-300М и троса снять каток с наплавочной установки и установить на токарно-винторезный станок 1К625Д.

Для обтачивания наружной цилиндрической поверхности используют резец из твёрдого сплава Т15К6. Обработку ведут в два прохода: первый – черновой: число оборотов шпинделя – $n_1 = 215$ об/мин; подача резца – $S_1 = 0,6$ мм/об; глубина резания – $t_1 = 1,5$ мм. Второй проход – чистовой на следующих режимах: $n_2 = 600$ об/мин, подача $S_2 = 0,2$ мм/об, глубина резания $t_2 = 0,5$ мм. После точения необходимо проконтролировать все размеры шарнирной трубы на соответствие их чертежу детали.

4.3. Технология восстановления деталей двигателя

Восстановление блока и головки блока цилиндров

Блок цилиндров (рис. 4.9) служит основой двигателя. К его верхней части крепится головка блока. Блок цилиндров – литая деталь, как правило, из чугуна, реже – из алюминиевого сплава. Блок цилиндров выполняет ещё одну важную функцию: по отверстиям, которые в нём находятся, масло под давлением подаётся к местам смазки. В ДВС с жидкостным охлаждением имеются также отверстия, по которым охлаждающая жидкость попадает в головку блока.

Технология восстановления

Для восстановления эксплуатационных свойств блока и головки блока цилиндров ДВС в общем случае применяют следующие технологические операции:

- предварительная мойка;
- расточка / хонингование блока цилиндров;
- гильзование чугунного или алюминиевого блока цилиндров;
- расточка/хонингование постели коленвала;

- шлифование плоскости блока цилиндров;
- электродуговая и холодная молекулярная заварка дефектов;
- микродуговое оксидирование;
- газотермическое напыление;
- опрессовывание блока и головки блока цилиндров;
- шлифование головок блока цилиндров;
- правка рабочей фаски седла клапана;
- притирание клапана;
- установка футорки под свечу.

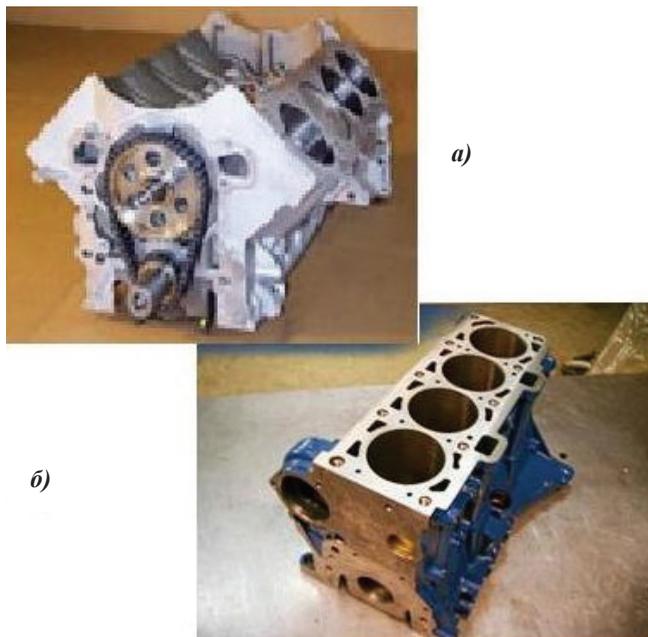


Рис. 4.9. Блок цилиндров ДВС:

а – двухрядный V-образный; *б* – однорядный 4-цилиндровый

Мойка деталей

Для этого используется автоматическая моечная машина контейнерного типа. Сверху и снизу барабана, в который укладываются детали, расположены две пары труб с установленными в них жиклерами, через которые под давлением подается разогретый до 90 градусов специальный моющий состав. Под действием этого состава приблизительно в течение 15 минут растворяются масляные отложения, смываются грязь и продукты износа с поверхностей деталей, после чего детали омывают проточной горячей водой

в отдельной ванне. Далее впускные и выпускные каналы, камеры сгорания и привалочные плоскости головки блока цилиндров очищаются с помощью металлических щеток (рис. 4.10).



Рис. 4.10. Подготовка деталей к восстановлению:
а – загрузка в моечную машину; *б* – очистка клапанов в головке блока цилиндров металлическими щётками

Дефектация

Во время дефектации тщательно изучается состояние деталей головки: проводятся визуальный осмотр тела головки блока цилиндров, измерение стебля клапана, биения тарелки клапана, промер внутренних диаметров направляющих втулок клапанов, осмотр свечных отверстий, состояния резьбы шпилек, проверка плоскостности привалочных поверхностей и многое другое. Для этого необходимо иметь целый ряд контрольно-измерительных приборов. Во время этой операции заполняется дефектационная ведомость, на основании которой формируется заключение о необходимом объеме работ.

Способы восстановления блоков цилиндров ДВС

- *Расточка и хонингование цилиндров*

Для расточки рядных блоков используются специальные станки российского или импортного производства, дающие наиболее точные размеры цилиндров, например VB 182 M фирмы AZ. Шпиндель этого станка может перемещаться только по вертикали, поэтому базирование блока цилиндров относительно шпинделя осуществляется путем перемещения стола с закрепленным на нем блоком. При таком способе центрирования цилиндра погрешность базирования минимальная, однако производительность не самая высокая. Тем не менее на нынешний момент это наиболее распространенная схема (рис. 4.11, *а*).

V-образные блоки растачиваются от постели коленчатого вала. Для этого также лучше использовать станок американского производства FN фирмы Kwik-Way. Простота установки блока и автоматическое базирование шпинделя существенно увеличивают производительность данного оборудования при незначительном снижении точности базирования.

Хонингование – финишная операция, при которой обеспечивается необходимый размер цилиндра, достигаются минимальные отклонения от круглости и цилиндричности, формируется специальный микрорельеф и обеспечивается определенная структура металла на поверхности цилиндра. Используется хонинговальный станок AZ CH 150 (рис. 4.11,б).

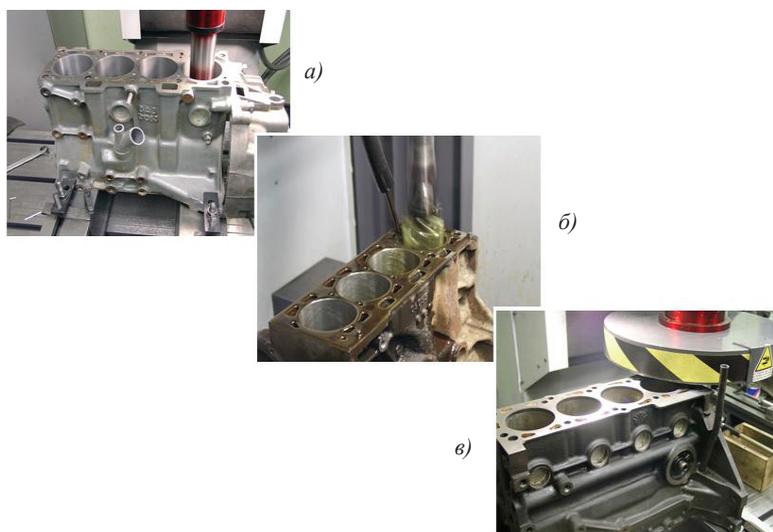


Рис. 4.11. Восстановление блока цилиндров:

a – расточка цилиндров; *б* – хонингование; *в* – фрезерование плоскости

Фрезеровка необходима для обеспечения плоскостности привалочных поверхностей, а также для устранения забоин и царапин на них (рис. 4.11,в). При сильном перегреве мотора механики, как правило, проверяют привалочную плоскость головки блока цилиндров, забывая про блок. Несмотря на то что головка деформируется значительно сильнее блока, пренебрегать проверкой плоскости блока не следует. Прогиб около 0,05...0,07 мм может стать причиной утечек охлаждающей жидкости или попадания ее в цилиндры.

- *Восстановление чугунного блока цилиндров сваркой*

Для восстановления цилиндров пользуются методом сварки. С этой целью проводят следующие работы. Удаляют дефектное место газовой резкой или механическими способами. Разделяют место под сварку. Сварка сопровождается предварительным и сопутствующим обогревом цилиндра, для чего приходится сооружать специальные печи с электрообогревом. Для ускорения сварки применяют электроды большого диаметра. Наложение слоев проводят с послойной проковкой шва пневматическим молотком-зубилом. Особенности ремонтной сварки чугунных изделий и материалы для ее осуществления приведены в разделе 2.3 данного учебного пособия.

- *Восстановление отверстий коренных опор чугунных блоков цилиндров двигателей комбинированным способом*

Разработан ресурсосберегающий технологический процесс восстановления поверхности отверстий коренных опор чугунного блока цилиндров комбинированием электроискровой наплавки и нанесения металлополимерного покрытия, позволяющий обеспечить необходимую размерную, геометрическую и пространственную точность восстановления поверхностей и повторно использовать часть деталей, ранее подвергшихся выбраковке.

- *Восстановление блоков цилиндров двигателей с помощью напыления*

Напыление является одним из наиболее интересных и эффективных способов нанесения защитных и упрочняющих покрытий на поверхность деталей. Это процесс, при котором наносимый материал в виде порошка или проволоки вводится в струю плазмы и нагревается в процессе движения с потоком газа до температур, превышающих температуру его плавления, и разгоняется в процессе нагрева до скоростей порядка нескольких сотен метров в секунду.

- *Микродуговое оксидирование внутренней поверхности цилиндров из алюминиевого сплава*

В настоящее время метод микродугового оксидирования является наиболее перспективным по сравнению с существующими технологиями нанесения покрытий на алюминиевые и магниевые сплавы и позволяет получать покрытия с высокими механическими, диэлектрическими и теплостойкими свойствами. Покрытия на алюминиевых и магниевых сплавах по износостойкости превышают все существующие материалы, используемые в современной технике.

- *Восстановление холодной молекулярной сваркой*

Восстановление поверхностей под упорные полукольца в блоке цилиндров традиционными способами связано с большими трудозатратами и иногда не обеспечивает необходимое качество восстановленной детали. Применение холодной молекулярной сварки для ремонта этой неисправности позволяет восстановить исходные геометрические размеры изношенной поверхности, свести к минимуму механическую обработку блока, и все это – в течение двух часов. Следует заметить, что можно восстанавливать как наружную, так и внутреннюю поврежденные поверхности.

Восстановление головок блока цилиндров двигателей

Полный цикл восстановительных работ гарантирует длительную и безупречную работу головок блоков цилиндров. Проводят следующие восстановительные операции:

- глубокая мойка и чистка головок от отложений нагара;
- заварка трещин;
- шлифовка поверхности прилегания;
- замена направляющих втулок клапанов;
- замена клапанов;
- замена седел;
- притирка клапанов;
- замена стаканов форсунок;
- проверка на герметичность прилегания клапанов и гидроиспытания на герметичность.

Заварка трещин на головке блока, изготовленной из алюминиевого сплава, вызывает особые затруднения вследствие технологических сложностей, возникающих при сварке алюминия, и высоких требований к точности размеров и формы самого изделия.

Сложности при электродуговой наплавке алюминиевых сплавов, связанные с наличием тугоплавкого окисла на поверхности основного и присадочного материалов, преодолеваются тщательной подготовкой проволоки перед сваркой (обычно методом травления в 10% растворе щелочи с последующей промывкой водой и просушкой) и механической зачисткой поверхности основного материала металлической щеткой или шабером. В процессе наплавки окисная пленка удаляется воздействием механизма «катодного распыления», возникающего при наличии обратной полярности сварочного тока. Однако в тех случаях, когда изделие работает в условиях масляной ванны или интенсивной смазки, требуется более тщательная подготовка основного материала: либо применение обжига восстанавливаемой поверхности открытым пламенем, либо глубокая (до 0,5 мм) механическая обработка режущим инструментом.

Большие технологические затруднения при наплавке вызывают такие свойства алюминиевых сплавов, как высокие коэффициенты теплопроводности и линейного расширения. Высокая теплопроводность материала изделия требует для получения гарантированного сплавления основного и присадочного материалов применения мощных источников тепла и форсированных режимов наплавки. При этом происходит интенсивный разогрев изделия, увеличивается глубина проплавления основного материала, что с учетом высокого коэффициента линейного расширения приводит к короблению самого изделия и, соответственно, к нарушению его эксплуатационных характеристик. Особенно высокие требования по части отсутствия коробления предъявляются именно к таким изделиям, как головки блоков цилиндров, где требуется обеспечить соосность посадочных отверстий с отклонением не более 0,05 мм. Существующие технологии восстановления таких изделий предусматривают использование предварительного подогрева с целью минимизации воздействия термического цикла сварки на основной металл, наложение каждого последующего валика с промежуточным охлаждением металла, что значительно уменьшает производительность процесса и увеличивает затраты.

Имеется опыт заварки трещин на головке блока ДВС автомобиля ВАЗ, изготовленной из сплава АЛ25, с помощью трехфазной аргонодуговой сварки с применением присадочной проволоки, подключенной к средней фазе источника питания. Такой способ ремонта позволил устранить течь водяной рубашки без использования предварительного подогрева изделия и без нарушения его геометрических параметров.

Восстановление опорной стойки распределительного вала дизельного двигателя

Опорная стойка распределительного вала двигателя предназначена для поддержания вала в горизонтальном положении и должна обеспечивать свободное вращение вала вокруг его оси. Конструктивно опорная стойка выполнена из двух половин, одна из которых – нижняя – жестко закреплена болтовым соединением на головке блока двигателя, а вторая – верхняя – предназначена для фиксации распределительного вала в посадочном месте. Вместе они создают самосмазывающийся подшипник скольжения, который на внутренней поверхности имеет каналы для подачи смазки.

Опорная стойка (рис. 4.12) распределителя изготовлена из литейного алюминиевого сплава АЛ-9, который обладает хорошими литейными свойствами, герметичностью, сравнительно высокой прочностью и пластичностью. Возможность применения этого

сплава в подшипниках скольжения обусловлена тем, что после проведения термообработки (закалка + старение) поверхность детали достигает твердости до 80 НВ.

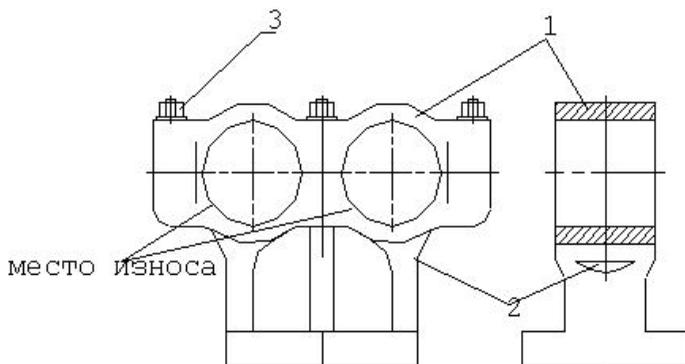


Рис. 4.12. Конструкция опорной стойки распределительного вала:
1 – крышка подшипника; 2 – опорная стойка; 3 – гайки крепления

Во время работы двигателя при вращении распределительного вала подшипник скольжения воспринимает различные виды нагрузок и, несмотря на обильную смазку, изнашивается за счет истирания или увеличивает свои посадочные размеры за счет пластического деформирования при «биении» вала. Естественно, что изношенные подшипники скольжения подлежат замене и последующему восстановлению эксплуатационных свойств.

Восстановление алюминиевых подшипников скольжения выполняется с помощью аргонодуговой сварки, но при этом возникает ряд затруднений, связанных как с особенностями сварки самого алюминия, так и с особенностями конструкции и требованиями, предъявляемыми к восстановленной детали.

Обеспечение необходимой твердости наплавленного слоя достигается применением присадочного материала, отличающегося по своему составу от основного материала. Технологический процесс наплавки опорной стойки распределительного вала судового дизельного двигателя предусматривает применение присадочной проволоки марки Св-1557. Если сплав АЛ-9 имеет в своем составе кремния – 6%, магния – 0,2%, железа – 0,6%, то проволока Св-1557 имеет следующий состав: магний – 5%, марганец – 0,4%, хром – 0,15%, бериллий – 0,003%. Чаще всего для получения более высоких показателей твердости наплавленного слоя осуществляют термообработку изделия – закалку и искусственное старение.

Технология наплавки опорной стойки распределительного вала

Для того чтобы повысить производительность процесса, уменьшить термическое влияние сварочной дуги на основной металл и уменьшить коробление изделия, была разработана технология наплавки посадочных мест подшипника скольжения опорной стойки распредвала судового двигателя с помощью трехфазной аргодуговой сварки с перераспределением теплового потока от дуги между основным металлом и присадочной проволокой, подключенной к средней фазе трехфазного источника питания. Для наплавки используется специальный сварочный стенд, включающий источник питания трехфазной дуги УДГТ-315У2, сварочную горелку ГАСТ-5 с тремя степенями свободы, реостат балластный РБ-6, сварочный стол с перемещающейся от электропривода кареткой, ножной пульт управления, механизм подачи присадочной проволоки, контрольно-измерительные приборы, баллон с аргоном, снабженный газовым редуктором и расходомером. Для технологического процесса наплавки необходимо выполнить следующие операции.

1. Подготовить для наплавки присадочную проволоку диаметром 2 мм, марка Св-1557:

- травить в 10% растворе NaOH в течение 10 минут;
- промыть проточной водой и просушить струей воздуха.

2. Подготовить посадочную поверхность опорной стойки к наплавке:

- удалить верхний слой металла на глубину 0,5 мм по всей поверхности наплавки фрезой на горизонтально-фрезерном станке;
- собрать отдельные половины подшипников (верхние и нижние) в ряд по 12 штук в каждом в специальном зажимном приспособлении, прокладывая между каждой половиной медную пластину соответствующей конфигурации толщиной 2 мм;
- зачеканить маслоканалы кусками медной проволоки диаметром, соответствующим диаметру канала;
- протереть фрезерованные поверхности собранных блоков подшипников ветошью, смоченной этиловым спиртом;
- установить собранные блоки на сварочный стол и закрепить так, чтобы наплавку можно было вести по образующей поверхности.

3. Включить источник питания трехфазной дуги УДГТ-315У2 с предварительной продувкой аргоном сварочной горелки ГАСТ-5.

4. Подключить через балластный реостат к средней фазе источника питания посредством скользящего контакта (мундштука) присадочную проволоку.

5. Установить параметры режима наплавки: ток в электродах – 110 А, ток через балластное сопротивление – 140 А, расход аргона – 8 л/мин, скорость наплавки – 15 м/час, скорость подачи проволоки – 45 м/час, установочная длина дуги – 4 мм.

6. Подвести место начала наплавки под сварочную горелку и зажечь с помощью осциллятора межэлектродную дугу.

7. Замкнуть присадочную проволоку на изделие непосредственно под электродами сварочной горелки.

8. Включить с помощью ножного пульта управления основную дугу и развести сварочную ванну, соизмеримую с диаметром присадочной проволоки (4...5 мм).

9. Задать перемещение сварочной каретке и одновременно подачу присадочной проволоки и наплавить валик по всей длине собранного блока подшипников.

10. Повернуть зажимное приспособление вокруг своей оси таким образом, чтобы последующий валик перекрывал предыдущий не менее чем на четверть его ширины.

11. Повторить операции с 6 по 10 до тех пор, пока не будет наплавлена вся поверхность подшипника скольжения опорной стойки.

Используя эффект разделения теплового потока трехфазной дуги между присадочной проволокой и основным металлом, можно наплавлять как в автоматическом, так и в ручном варианте детали из алюминиевых сплавов сложной формы и с малой толщиной стенки.

Плазменная наплавка впускных и выпускных клапанов

Внешне конструкция клапана довольно проста (рис. 4.13). Основные части – стебель, перемещающийся в направляющей втулке, и головка, которая «садится» на седло, герметизируя камеру сгорания. Формой головка напоминает перевернутую вверх дном тарелку, поэтому головку называют еще «тарелкой клапана». Она имеет рабочую фаску с углом 30° или 45° относительно плоскости тарелки и цилиндрический поясок. Он необходим для увеличения жесткости тарелки и защиты ее кромок от обгорания и коробления. Кроме того, поясок позволяет сохранить основные геометрические размеры тарелки клапана в случае перешлифовки его рабочей фаски.

Основанием для отбраковки клапана служат следующие дефекты:

- явные повреждения клапана: изгиб стебля, прогары, трещины, забоины;
- изменение диаметра стебля по его длине более чем на 0,02 мм;
- ступенчатый или боковой износ стебля клапана;
- поврежденные проточки под сухари;

- уменьшение высоты цилиндрического пояска ниже допустимой производителем;
- расклеп торцевой части стебля и глубина выработки торцевой части более 0,2...0,3 мм.

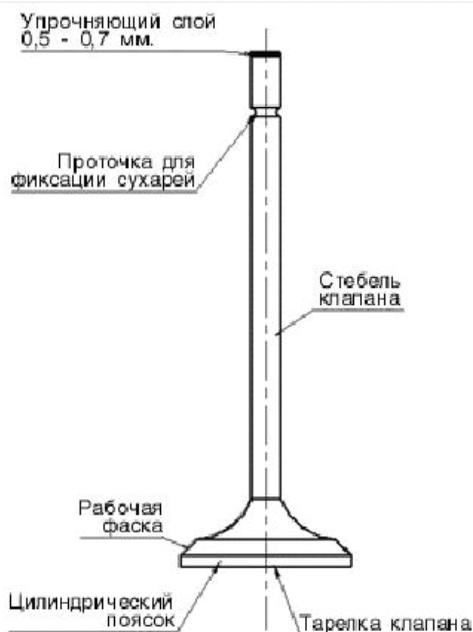


Рис. 4.13. Конструкция клапана ДВС

Одной из наиболее перспективных технологий восстановления является плазменная порошковая наплавка. Она отличается высоким качеством наплавленного металла, малыми остаточными напряжениями и, как следствие, отсутствием деформаций восстанавливаемых деталей. В качестве присадочных материалов применяются различные порошки: быстрорежущие, хромоникелевые и высокоуглеродистые легированные сплавы, бронзы и др.

Существовавшие ранее в России технологии наплавки клапанов были ориентированы на нанесение сплавов на основе никеля (например, порошок ПГ-СР 2) с использованием плазменно-дугового процесса. Эта технология на сегодняшний день не отвечает требованиям надежности и долговечности клапанов в связи с недостаточно высокой коррозионно- и износостойкостью покрытия при высоких температурах. Ведущие зарубежные фирмы DELORO STELLITE (Великобритания), INTERWELD (Австрия), SNMI

(Франция), выпускающие оборудование для наплавки клапанов и внедряющие этот процесс во всем мире, ориентируются на новую технологию, получившую название РТА-процесс (plasma transferred arc), в русском варианте – процесс плазменной наплавки-напыления (ПНН) или плазменно-порошковой наплавки (ППН). В качестве присадочного материала для наплавки клапанов используется исключительно материал на основе кобальта (стеллит). Ведущие производители этих материалов выпускают до двадцати модификаций различных стеллитов. Такая технология сейчас используется повсеместно, на всех российских заводах – производителях автомобилей и на ремонтных предприятиях.

Сущность процесса ППН (рис. 4.14) состоит в нанесении порошковых покрытий толщиной 0,5...4,0 мм с гибким регулированием ввода тепла в порошок и изделие плазмотроном с двумя дугами – основной и пилотной. При этом пилотная (косвенная) дуга используется для расплавления присадочного материала, а основная дуга (переносимая на изделие) – для поддержания температуры частиц порошка на детали. При ППН увеличение времени нахождения частиц порошка при высокой температуре способствует максимальному сцеплению и уплотнению частиц с минимальным перегревом поверхности детали. Оптимизация основных характеристик процесса (токи основной и пилотной дуги, расстояние до изделия, скорость подачи порошка и скорость перемещения изделия относительно плазмотрона) ведет к минимальной чувствительности к скорости подачи порошка и в определенных пределах – к скорости перемещения изделия.



Рис. 4.14. Процесс плазменно-порошковой наплавки фаски клапана

Технологический процесс наплавки клапанов состоит из следующих операций:

- предварительная очистка и дефектация;
- подготовка поверхности;
- непосредственно процесс наплавки;
- термическая обработка;
- предварительная механическая обработка;
- дефектоскопия наплавленной поверхности;
- окончательная механическая обработка;
- технический контроль;
- маркировка.

Для ремонта клапанов без наплавки методом проточки фаски американской фирмой NEWAY создан ручной специальный комплект инструмента GIZMATIC. Набор свободно умещается в слесарном чемоданчике. Преимущество GIZMATIC заключается в том, что фрезы уже настроены так, чтобы формируемый угол рабочей фаски клапана составлял $45^{\circ}30'$ или $30^{\circ}30'$. Это приспособление позволяет обработать фаски клапанов любых встречающихся размеров. GIZMATIC снабжен устройством самоцентрирования режущих ножей относительно клапана и микролифтом, обеспечивающим точную вертикальную подачу режущей головки к клапану (рис. 4.15).

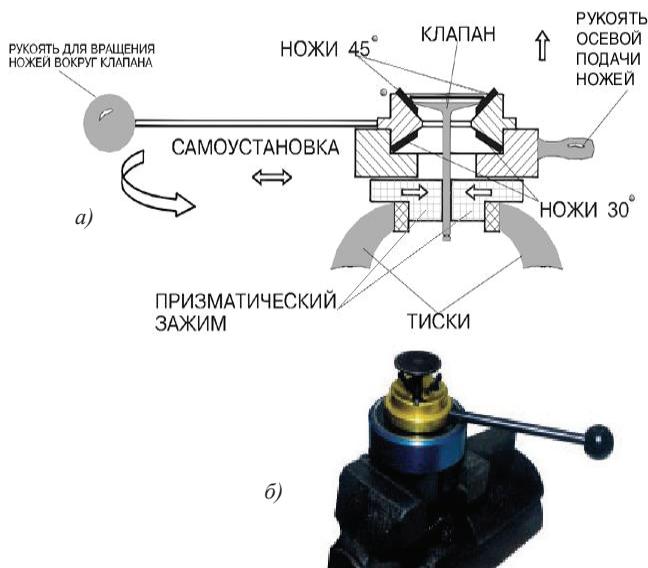


Рис. 4.15. Ручной инструмент GIZMATIC для ремонта фаски клапанов:
а – схема инструмента; б – внешний вид в тисках

Наплавка стальных коленчатых валов

Наиболее простым из существующих в настоящее время способов наплавки стальных коленчатых валов с изношенными шейками является автоматическая наплавка под слоем легирующего флюса. При этом способе термическая обработка валов не нужна, потому что наплавленный металл в процессе его охлаждения самозакаливается до требуемой твердости. После наплавки коленчатые валы не укорачиваются. Усталостная прочность коленчатых валов, наплавленных под легирующим флюсом, несколько понижается, но это на их ходимость особого влияния не оказывает.

Автоматическую наплавку коленчатых валов под слоем флюса производят на специальных установках, основными элементами которых являются токарный станок, наплавочная головка и источник питания сварочной дуги. Чтобы снизить обороты шпинделя станка, между его приводом и ведомым шкивом устанавливают редуктор, рассчитанный на вращение шпинделя с частотой 2...5 об/мин. Для подачи электродной проволоки в зону горения дуги используются наплавочные головки. Возможно применение головок ОКС-1031Б, ОКС-1252А и др. Новая наплавочная головка ОКС-5523 работает в полуавтоматическом режиме. Особенностью ее является бесступенчатое регулирование скоростей подачи электродной проволоки и наличие универсальных центросместителей.

В качестве источников тока при автоматической наплавке под слоем флюса используют преобразователи ПСГ-500, ПСУ-500-2, выпрямители ВС-600, ВДУ-1202 и др.

Стальные коленчатые валы наплавляют чаще всего пружинной проволокой 2-го класса диаметром 1,6...2 мм. Флюс используют для защиты расплавленного металла от воздействия воздуха, стабилизации горения дуги и легирования наплавленного металла. Наибольшее применение при наплавке шеек стальных валов находит комбинированный флюс такого состава: флюс марки АН-348А – 93%, графит порошковый – 2,5%, феррохром порошковый – 2%, жидкое стекло натриевое – 2,5%.

Перед наплавкой восстанавливаемые поверхности шеек валов зачищают абразивной шкуркой до металлического блеска. Проволоку для наплавки очищают от ржавчины и органических масел. Для снятия с электродной проволоки остатков смазки перед входом проволоки в наплавочную головку устанавливают резиновые шайбы.

Отверстия масляных каналов коленчатого вала перед наплавкой закупоривают графитовой пастой, которую приготавливают в виде смеси графита с «жидким стеклом». Эту операцию выполняют заранее, чтобы паста успела затвердеть (приблизительно за 3...5 ч до наплавки).

Деталь в установочном приспособлении (центросместителе) нужно жестко закрепить, биение наплавляемых шеек не должно превышать 1,5 мм.

Наплавку шеек ведут на следующих режимах: напряжение на дуге – 22...26 В, сила сварочного тока – 170...200 А, частота вращения детали – 3...4 об/мин, шаг наплавки – 3...4 мм/об. Скорость подачи проволоки зависит от ее диаметра. При диаметре проволоки 1,6 мм скорость ее подачи составляет 100...120 м/час, при диаметре 1,8 мм – 90...110 м/час, при диаметре 2 мм – 80...100 м/час.

В процессе наплавки флюс должен закрывать достаточно толстым слоем сварочную ванну и дугу, горящую между деталью и проволокой. Малейшее обнажение электрической дуги приводит к нарушению стабильности протекания процесса, разбрызгиванию электродного металла, плохому формированию шва, образованию в наплавленном металле пор и раковин. Для того чтобы флюс лучше удерживался на поверхности шейки, электродную проволоку подают к детали с некоторым (8...10 мм) смещением по отношению к зениту в сторону, противоположную вращению детали. Чтобы поверхность наплавки была более ровной, образующийся валик должен перекрывать ранее наплавленный не менее чем на треть его ширины.

Современные технологии восстановления чугуновых коленчатых валов

Для восстановления чугуновых коленчатых валов разработан целый ряд различных технологических процессов, которые предусматривают как механическую, так и термомеханическую обработку, в том числе наплавку и напыление. Применение той или иной технологии зависит от степени износа валов, а также от наличия на предприятии соответствующего оборудования и материалов.

Шлифовка под ремонтные размеры

Один из часто применяемых способов восстановления работоспособности коленчатых валов – шлифовка под ремонтные размеры. Преимущества этого способа в его простоте и минимуме технологических операций. Из оборудования требуются кругло-шлифовальный станок и типовая оснастка к нему. Но у этого способа имеется и ряд недостатков: потеря взаимозаменяемости деталей, потребность в дополнительных деталях (вкладыши) с ремонтными размерами и складских площадях под них.

Вибродуговая наплавка в жидкости

При этом способе качество наплавленного металла зависит от многих факторов и резко ухудшается при изменении режимов наплавки и химического состава электродной проволоки.

Поэтому даже при хорошо отлаженном процессе восстановления на шейках чугунных коленчатых валов часто встречаются поры и трещины. Количество пор увеличивается с глубиной слоя, поэтому восстановленные чугунные коленчатые валы шлифуют лишь до третьего ремонтного размера, а затем выбраковывают. Усталостная прочность чугунных коленчатых валов, восстановленных вибродуговой наплавкой в жидкости, снижается на 35...40%. Однако благодаря двукратному запасу прочности в эксплуатации наблюдается незначительное количество их поломок. Но применение этого способа наплавки для восстановления чугунных коленчатых валов двигателей грузовых автомобилей из-за значительного снижения усталостной прочности становится неприемлемым.

Вибродуговая наплавка в водокислородной среде

При этом способе восстановления наплавленный металл имеет структуру троостита, переходящую в сорбитообразный перлит с твердостью слоя HRC 42...48. Такой металл по износостойкости уступает высокопрочному чугуноу, тем не менее коленчатые валы, восстановленные этим способом, обеспечивают срок службы двигателей, соответствующий пробегу автомобиля 50...60 тыс. км. В целом эксплуатационные свойства таких валов изучены недостаточно, но из-за низкой в сравнении с высокопрочным чугуном износостойкости наплавленного металла этот способ наплавки не может быть рекомендован к повсеместному использованию.

Однослойная наплавка под флюсом

Этот способ наплавки исследовался в Научно-исследовательском институте авиационных технологий (НИИАТ). Для наплавки применяли проволоку разных марок, в том числе пружинную 2 класса ГОСТ 1071-81, ОВС, НП-30ХГСА, Св-08, Св-10Х13, Св-12ГС ГОСТ 792-67 и др. Наплавку производили под флюсами АН-348А, ОСЦ-45, АН-15, АН-20 ГОСТ 9087-81 без примешивания и с примешиванием к флюсу графита, феррохрома, ферромарганца, ферромолибдена, алюминиевого порошка и других компонентов для получения наплавленного металла мартенситной структуры с твердостью HCR 56...62 без пор и трещин. Наплавку производили при разном шаге, токе прямой и обратной полярности, разных напряжениях дуги и индуктивности сварочной цепи, скорости подачи электродной проволоки и вращения детали. Все разновидности однослойной наплавки под флюсом не дали положительных результатов. Наплавленный металл имел неоднородную структуру и твердость, содержал поры, трещины и шлаковые включения.

Двухслойная наплавка проволокой Св-08 под легирующим слоем флюса

Этот способ наплавки также разработан в НИИАТе. Лучшие результаты из многочисленных вариантов двухслойной наплавки получаются при использовании малоуглеродистой проволоки Св-08 диаметром 1,6 мм и легирующего флюса АН-348А (2,5 части графита, 2 части феррохрома № 6 и 0,25 части жидкого стекла). Металл первого слоя имеет аустенитное строение и твердость HRC 35...38. Второй слой имеет мартенситное строение и твердость HRC 56...62 и содержит небольшое количество пор. Недостатком этого способа наплавки является образование большого количества трещин в наплавленном слое, вызывающих повышенный износ сопряженных вкладышей. Усталостная прочность чугунных коленчатых валов двигателей ЗМЗ 53-А, восстановленных двухслойной наплавкой под легирующим флюсом, снижается на 26...28%, т. е. меньше, чем при вибродуговой наплавке в жидкости. Наличие на поверхности шеек большого количества трещин не позволяет рекомендовать этот способ для широкого применения.

Наплавка в среде углекислого газа

Способ наплавки разработан в НИИАТе. Шейки чугунных коленчатых валов наплавливались проволокой разных марок, в том числе Нп-2Х13, ОВС, Св-12ГС, Нп-30ХГСА, Св-08 и др. Во всех случаях структура наплавленного металла была неудовлетворительной, в слое имелись поры и трещины. Наименьшее количество дефектов на поверхности шеек получается при наплавке проволокой Нп-2Х13, наплавленный металл при этом имеет структуру аустенита с карбидной сеткой и неравномерную по длине твердость HRC 51...60. Износ шеек чугунных коленчатых валов, наплавленных в углекислом газе проволокой Нп-2Х13, был больше, чем у ненаплавленных шеек. Усталостная прочность при этом способе снижается на 45...50%. Из-за указанных недостатков такую наплавку применять нецелесообразно.

Плазменная металлизация

Среди новых технологических процессов большой интерес для восстановления деталей автомобилей представляют способы нанесения металлопокрытий с использованием плазменной струи в качестве источника тепловой энергии. Наиболее перспективным способом восстановления деталей нанесением износостойких металлопокрытий является плазменное напыление с последующим оплавлением покрытия. При этом в металле оплавленного покрытия доля основного металла минимальна. Покрытие обладает высокой износостойкостью, без пор и трещин. Процесс является

высокопроизводительным. Недостаток этого способа – высокие начальные капиталовложения в оборудование, следовательно, при отсутствии оборотных средств у предприятий этот способ, скорее всего, не будет использован.

Наплавка под легирующим флюсом по оболочке

Этот способ восстановления чугунных коленчатых валов позволяет получить наплавленный металл без пор и трещин при более высокой по сравнению с другими способами усталостной прочности этих восстановленных деталей. Достоинством этого способа является отсутствие пор и трещин, высокие прочностные характеристики и простое, доступное по цене оборудование.

Сущность способа заключается в следующем. Деталь обертывают металлической оболочкой из листовой стали, плотно прижимают оболочку к поверхности детали с помощью специального приспособления и сваркой в среде углекислого газа прихватывают ее в стыке. После удаления приспособления производят автоматическую наплавку детали под флюсом непосредственно по металлической оболочке.

Известно, что для устранения трещин в наплавленном металле необходимо уменьшить в нем содержание углерода, кремния, марганца, серы и фосфора. Поскольку высокопрочный чугун содержит значительное количество этих элементов, при экспериментах применяли оболочку из стали 08 и проволоку Св-08, содержащие их в небольшом количестве.

При наплавке под флюсами АН-348А, ОСЦ-45, АН-15, АН-20 лучшее формирование слоя и меньшее количество дефектов получилось при использовании флюса АН-348А. С увеличением толщины оболочки глубина проплавления высокопрочного чугуна уменьшается, соответственно уменьшается поступление в наплавленный металл углерода, кремния, марганца и других элементов. Поэтому для получения наплавленного металла мартенситной структуры с твердостью HRC 56...62 во флюс добавляли графит и феррохром, обеспечивая содержание в наплавленном металле углерода 0,6...0,8% и требуемое количество хрома.

При толщине оболочки 0,8 мм трещины и поры в наплавленном металле отсутствовали, в то время как при обычных способах наплавки высокопрочного чугуна при содержании углерода 0,6...0,8% трещин и пор избежать не удается.

С увеличением толщины оболочки уменьшается глубина проплавления чугуна и, соответственно, количество образующейся окиси углерода, вызывающей образование пор. При толщине оболочки 0,8 мм и более небольшое количество окиси углерода успевает выделиться из расплавленного металла и пор в нем не наблюдается.

Устранению трещин при наплавке по оболочке способствуют два фактора: уменьшение поступления в наплавленный слой кремния, марганца, магния и уменьшение величины и скорости нарастания растягивающих напряжений в наплавленном валике в период его кристаллизации благодаря уменьшению сил сопротивления усадок валика за счет перемещения или пластической деформации оболочки. Доказано, что образование горячих трещин происходит в период нахождения расплава в твердожидком состоянии при определенной величине и скорости нарастания внутренних напряжений.

Высокоскоростное газотермическое напыление

В основе метода лежат нагрев порошковых частиц и их нанесение со скоростью от 300 до 1000 м/с на поверхность детали. Частицы порошка газовой струей переносятся на деталь, обладая высокой кинетической энергией, которая при ударе о подложку превращается в тепловую. В качестве напыляемых материалов используются различные металлические и металлокерамические порошки. При этом происходит увеличение износостойкости более чем в 1,5 раза, увеличение коррозионной стойкости в два и более раза, восстановление износа посадочных и трущихся поверхностей от 10 мкм до 5 мм по диаметру с плотностью покрытия 99%.

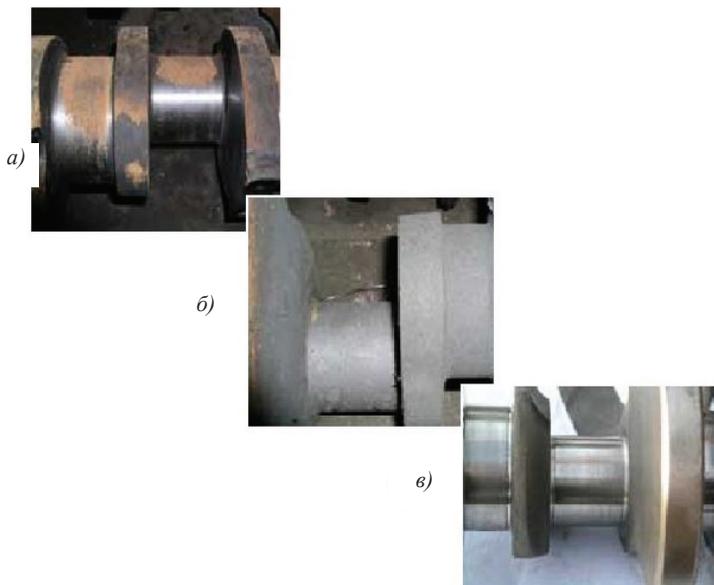


Рис. 4.16. Фрагмент коленчатого вала автомобиля:
а – изношенная поверхность шеек; б – напыленная поверхность;
в – поверхность шейки вала после финишной обработки

Вопросы для самоконтроля

1. Какие виды ремонта предусматриваются в зависимости от степени повреждения или коррозионного разрушения кузовной детали?
2. Какой вид сварки, как правило, применяется при ремонте кузовных деталей?
3. Какие основные операции включает в общем виде технология восстановления агрегатов и отдельных деталей автомобиля?
4. Каким способом рекомендуется наплавлять мелкогабаритные детали типа валика водяного насоса или крестовины карданного вала?
5. Какие способы рекомендуется использовать при восстановлении поверхностей массивных изделий типа ведущей звездочки бульдозера?
6. Какой наплавочный материал рекомендуется для восстановления опорного катка гусеничного трактора или шарнирной трубы трактора К-700?
7. Какие существуют способы восстановления эксплуатационных свойств блоков цилиндров ДВС?
8. В чем заключаются особенности ремонтной сварки головок блока ДВС из алюминиевых сплавов?
9. Какие наплавочные материалы применяются для наплавки фасок клапана ДВС?
10. В чем состоит затруднение при восстановлении шеек стальных и чугунных коленчатых валов методами электродуговой наплавки?

Библиографический список

1. Бельфор, М.Г. Оборудование для дуговой и шлаковой сварки и наплавки / М.Г. Бельфор, В.Е. Патон. — М. : Высш. шк., 1974. — 256 с.
2. Восстановление деталей машин : справочник / Ф.И. Пантелеенко [и др.] ; под ред. В.П. Иванова. — М. : Машиностроение, 2003. — 672 с.
3. Воловик, Е.Л. Справочник по восстановлению деталей / Е.Л. Воловик. — М. : Колос, 1981 — 351 с.
4. Грохольский, Н.Ф. Восстановление деталей машин и механизмов сваркой и наплавкой / Н.Ф. Грохольский. — М. — Л. : Машиностроение, 1996. — 270 с.
5. Есенберлин, Р.Е. Восстановление автомобильных деталей сваркой, наплавкой и пайкой / Р.Е. Есенберлин. — М. : Транспорт, 1994. — 256 с.
6. Ельцов, В.В. Ремонтная сварка и наплавка изделий из легких сплавов : учеб. пособие / В.В. Ельцов, В.Ф. Матягин. — Тольятти : ТГУ, 2007. — 215 с.
7. Ельцов, В.В. Оборудование для восстановления и упрочения деталей машин и аппаратов : учеб. пособие / В.В. Ельцов // [CD] : альбом презентаций: наглядное учеб. пособие. — Тольятти : ТГУ, 2009. — 702 МБ.
8. Каракозов, Э.С. Справочник молодого электросварщика / Э.С. Каракозов, Р.И. Мустафаев. — М. : Высш. шк., 1992. — 304 с.
9. Микотин, В.Я. Технология ремонта сельскохозяйственных машин и оборудования / В.Я. Микотин. — М. : Колос, 2000. — 368 с.
10. Молодык, Н.В. Восстановление деталей машин : справочник / Н.В. Молодык. — М. : Машиностроение, 1989. — 480 с.
11. Титунин, Б.А. Ремонт автомобилей КАМАЗ / Б.А. Титунин. — 2-е изд., перераб. и доп. — М. : Агропромиздат, 1991. — 320 с.
12. Шадричев, Е.А. Основы технологии автостроения и ремонта автомобилей / Е.А. Шадричев. — М. : Машиностроение, 1976. — 486 с.
13. http://www.streetriding.nm.ru/8_1.html.

Глоссарий

Азотирование – технологический процесс диффузионного насыщения поверхности изделий атомами азота.

Вязкость – способность материала поглощать механическую энергию внешних сил за счет пластической деформации.

Деформация – изменение размеров и формы тела под действием внешних или внутренних сил.

Жаропрочность – способность материала выдерживать рабочие нагрузки при повышенных температурах.

Закалка – термическая обработка материала с целью получения твердых неравновесных структур за счет высоких скоростей охлаждения.

Износостойкость – способность металла выдерживать абразивное изнашивание.

Карбид (металла) – химическое соединение металла с углеродом, например, карбид хрома, карбид титана, карбид кальция.

Наклеп – упрочнение материала в процессе пластической деформации поверхности.

Нормализация – разновидность термической обработки, при которой охлаждение производится на спокойном воздухе, что способствует измельчению структуры.

Отжиг – термическая обработка с целью получения равновесных структур; обеспечивает устранение закалочных (неравновесных) структур.

Отпуск – термическая обработка с целью обеспечения распада неравновесных структур или снятия остаточных напряжений, вызванных технологической обработкой (например, сваркой или наплавкой).

Обмазка электрода – специально приготовленная шихта из природных минералов и ферросплавов с добавлением «жидкого стекла» для нанесения на поверхность стального стержня.

Проволока порошковая – трубчатая, сложного внутреннего сечения металлическая проволока, заполненная специальным неметаллическим порошком, обеспечивающим при его расплавлении в процессе сварки защиту сварочной ванны и стабильность горения дуги.

Проволока присадочная – электрически нейтральная металлическая проволока, подаваемая в сварочную ванну для формирования шва или наплавляемого валика.

Проволока электродная – металлическая проволока для формирования сварного шва или наплавленного валика, через которую протекает сварочный ток и с торца которой горит дуга, оплавляя ее.

Прочность технологическая – способность металла не разрушаться под воздействием технологической обработки, например отсутствие трещин при сварке или наплавке изделий.

Флюс (сварочный) – специально приготовленный неметаллический гранулированный порошок с размером отдельных зерен от 0,25 до 4 мм; предназначен для защиты расплавленного металла сварочной ванны и обеспечения устойчивого горения дуги.

Цементация – технологический процесс диффузионного насыщения поверхностей изделий углеродом.

Цикл термический – зависимость температуры точки металла от времени при воздействии на него сварочной дуги.

Электрод сварочный покрытый – металлический стержень диаметром обычно от 1 до 6 мм, покрытый специальной обмазкой для обеспечения стабильности горения дуги и защиты сварочной ванны от воздействия окружающей среды.

Приложение 1

Технологические показатели способов наплавки

Способ наплавки	Производительность, кг/ч	Доля основного металла в наплавленном, %	Толщина наплавленного слоя, мм (один проход)
Ручная дуговая покрытыми электродами	0,8...3,0	20...50	2,0...5,0
Полуавтоматическая и автоматическая дуговая	0,8...3,0	20...50	2,0...5,0
Электрошлаковая	10...200	5...20	1,5...50,0
Плазменная	0,8...6,0	5...15	0,3...6,0
Индукционная	2...15	5...15	0,4...3,0
Лазерная (световая)	1,0...2,0	0,1...1,5	0,1...3,0
Электронно-лучевая	1,0...2,0	3,0...10,0	0,5...3,0
Газовая	0,5...3,0	1...3	0,3...3,0
Электроконтактная	0,5...1,5	—	0,2...1,5
Плакирование прокаткой и экструдированием	—	—	0,5...30,0
Наплавка трением	—	—	0,3...0,5

Приложение 2

Электроды для холодной сварки чугуна

Марка	Диаметр, мм	Тип наплавляемого металла	Основное назначение
ЦЧ-4	3,0 4,0 5,0	Сталь легированная	Сварка и заварка дефектов литья в деталях из серого, высокопрочного и ковкого чугунов. Сварка серого и высокопрочного чугунов со сталью
ОЗЧ-2	3,0 4,0 5,0	Сплав на медной основе	Сварка, наплавка и заварка дефектов литья в деталях из серого и ковкого чугунов
ОЗЧ-6	2,0 2,5 3,0 4,0 5,0	Сплав на медной основе	Сварка деталей (предпочтительно тонкостенных) из серого и ковкого чугунов
МНЧ-2	3,0 4,0 5,0 6,0	Сплав медно-никелевый	Сварка, наплавка и заварка дефектов литья в деталях из серого, высокопрочного и ковкого чугунов
ОЗЖН-1	2,5 3,0 4,0 5,0	Сплав железоникелевый	Сварка, наплавка и заварка дефектов литья в деталях из серого и высокопрочного чугунов
ОЗЖН-2	3,0	Сплав железоникелевый	Сварка, наплавка и заварка дефектов литья в деталях из серого и высокопрочного чугунов
ОЗЧ-3	2,5 3,0 4,0 5,0	Сплав на никелевой основе	Сварка и заварка дефектов литья в деталях из серого и высокопрочного чугунов
ОЗЧ-4	2,5 3,0 4,0 5,0	Сплав на никелевой основе	Сварка и наплавка деталей из серого и высокопрочного чугунов

Приложение 3

Специальное оборудование для восстановления деталей

№ п/п	Обозначение и назначение оборудования	Изготовитель оборудования
1.	Установка 01-11-022М «Ремдеталь» для восстановления крупногабаритных деталей электроконтактной приваркой стальной или спеченной лентой и проволокой к изношенным и внутренним поверхностям	Бийский машиностроительный завод ВНПО «Ремдеталь»
2.	Установка У-653 для дуговой наплавки сплошной и порошковой проволоками наружных и внутренних цилиндрических и конических поверхностей валов, шестерен и плоских поверхностей	Челябинский опытный завод ВНПО «Ремдеталь»
3.	Установка 01.12.280 «Ремдеталь» для контактной наварки металлического порошка на коренные подшипники блоков цилиндров	ВНПО «Ремдеталь»
4.	Автомат 01.03-172 «Ремдеталь» для индукционной наплавки фасок клапанов механизма газораспределения двигателей	Липовецкий опытный завод ВНПО «Ремдеталь»
5.	Установка 05.12.351 «Ремдеталь» для плазменной наплавки кулачков распределительных валов, а также гладких валов	ВНПО «Ремдеталь»
6.	Установка 01.06-152 «Ремдеталь» для дуговой наплавки шлицевых и гладких цилиндрических поверхностей сплошной проволокой в среде углекислого газа или под флюсом	ВНПО «Ремдеталь»
7.	Установка УД-302 для электродуговой наплавки опорных катков, а также направляющих колес тракторов под флюсом сплошной и порошковой проволоками	Наманганский опытный завод ВНПО «Ремдеталь»
8.	Аппарат 021-4 «Ремдеталь» для газопламенного напыления порошковых материалов на поверхности цилиндрических, фигурных и плоских поверхностей	ВНПО «Ремдеталь»
9.	Установка 0013-040 «Ремдеталь» для восстановления отверстий корпусных деталей, а также валов, станков подшипников и других деталей электрическим железнением	ВНПО «Ремдеталь»
10.	Установка 17.418 «Ремдеталь» для раздачи шипов крестовин карданных валов	ВНПО «Ремдеталь»
11.	Автомат 01.01-153М для термораздачи поршневых пальцев двигателей	ВНПО «Ремдеталь»

Приложение 4

Проволоки порошковые: для наплавки; самозащитные; для стали 110Г13Л

Наименование продукции	Твердость, HRC, диаметр, мм	Область применения
ПП-12Х10Н9Г15* (аналог ППАНВ-2У)	ТУУ 20200793-001-2000-2,3-3,0	Самозащитная для сварки комбинированных соединений перлитных сталей типа 30Г с аустенитными типа 110Г13Л, а также электродуговая наплавка и металлизация деталей из низкоуглеродистых и высокомарганцовистых сталей типа 110Г13Л
ПП-Нп-200Х15С1ГРТ (ПП-АН-125)	ГОСТ 26101-8450-562,6-3,2	Самозащитная для наплавки деталей, испытывающих абразивный износ с умеренными ударными нагрузками, в частности лемехов плугов, ножей бульдозеров и грейдеров; зубьев, козырьков и стенок ковшей экскаваторов, лопаток смесителей
ПП-Нп-80Х20Р3Т (ППАН-170)	ГОСТ 26101-8458-672,6-3,2	Самозащитные для наплавки деталей, испытывающих интенсивный абразивный износ и газо-абразивный, в частности тарельчатых клапанов доменных печей, шламовых насосов, лемехов плугов, ножей бульдозеров и грейдеров, зубьев ковшей экскаваторов, лопаток смесителей
ПП-Нп-20Х13Г12М3Т	ТУУ27.1-30268695-001-2001230-3002,6-3,6	Самозащитная, а также для наплавки под нейтральными флюсами типа АН-20, АН-26. Предназначена для наплавки деталей, подвергающихся интенсивному гидроабразивному износу при кавитационных и коррозионных воздействиях

Продолжение прил. 4

Наименование продукции	Твердость, HRC, диаметр, мм	Область применения
ПП-Нп-80Х8М2С1ФТ	ТУУ27.1-30268695-001-200153-572,6-3,6	Самозащитная, а также для наплавки под нейтральными флюсами типа АН-20, АН26. Предназначена для наплавки деталей, работающих в условиях температурно-деформационного циклирования
ПП-08Х20Н9Г7Т	ТУУ27.1-30268695-001-2001150-180 НВ 3,6...6,0	Для сварки и наплавки низколегированных, высокомарганцовистых сталей типа Г13Л, разнородных сталей; наплавка валков пилигримовых станов, плунжеров гидропрессов, лопаток гидротурбин и др. Сварку и наплавку рекомендуется осуществлять под флюсами АН-20, АН-26
ПП-Нп-25Х5ФМС (ППАН-130)	ГОСТ 26101-8440-463,6-6	Для наплавки ножей горячей резки металла, прессовочного и штамповочного инструмента, штампов горячей штамповки, валков горячей прокатки, пресс-пуансонов. Рекомендуются для наплавки под флюсами АН-20, АН-26, АН-60
ПП-Нп-30Х4В2М2ФС (ППАН-132)	ГОСТ 26101-8447-511,8-6	Наплавка направляющих линеек прокатных станов, штампов горячей штамповки и др.
ПП-Нп-60Х3В10ФТ	ТУУ27.1-30268695-001-2001400-495 НВ 3,6...6,0	Для наплавки под флюсами АН-20, АН-26 ножей горячей резки металла, прессовочного и штамповочного инструмента, прокатных валков непрерывных, раскатных станов, головок пресс-пуансонов прошивного пресса
ПП-Нп-50Х6ФМС	ТУУ27.1-302686995-001-2001360-400 НВ 3,6...6,0	Наплавка под флюсом АН-20 валков трубопрокатных, сортопрокатных станов, штампов горячей штамповки

Продолжение прил. 4

Наименование продукции	Твердость, HRC, диаметр, мм	Область применения
ПП-Нп-14ГСТ ПП-Нп-19ГСТ (аналог ПП-ТН-250)	ГОСТ 26101-84250-300 НВ 2,6...3,0	Самозащитные для наплавки валов, опорных катков, шкивов, автосцепок на ж/д транспорте. Применяются также для наплавки в атмосфере CO ₂
ПП-Нп-ПСТ2	ТУУ28.7-30268695-006-2004 210-260 НВ 3,0...6,0	Наплавка лопастей гидротурбин, крановых колёс, валов, осей, шкивов, плунжеров гидроприводов и других деталей, работающих в условиях кавитации и трения
ПП-Нп-ПСТ3	ТУУ28.7-30268695-006-2004 22-28 HRC 2,0...6,0	Наплавка поверхностей тяжело нагруженных деталей передаточных узлов (например, шестерён), а также валов, осей, шкивов, роликов, валков, крановых колёс, автосцепок на железнодорожном транспорте, заварка дефектов литья
ПП-Нп-ПСТ4	ТУУ28.7-30268695-006-2004 48-56 HRC 3,6...6,0	Наплавка высокохромистого износостойкого чугуна на поверхность деталей, в частности, наплавка направляющих линеек прокатных станов
ПП-Нп-ПСТ8	ТУУ28.7-30268695-006-2004 180-300 НВ 3,6...6,0	Наплавка деталей оборудования из конструкционных низколегированных сталей и сталей аустенитного класса в химическом аппарато- и машиностроении, нефтеперерабатывающей промышленности, работающих в агрессивных средах. Наплавленный слой обеспечивает стойкость к общей и межкристаллитной коррозии

Продолжение прил. 4

Наименование продукции	Твердость, HRC, диаметр, мм	Область применения
ПП-Нп-ПСТ20	ТУУ28.7-30268695-006-2004 170-240 НВ 3,2...6,0	Наплавка деталей, работающих в слабоагрессивных и агрессивных средах, таких как вода, пар, аммиак, влажный природный газ, жидкие и газообразные углеводородные среды. Наплавленный металл обеспечивает высокую коррозионную стойкость, жаропрочность и жаростойкость
ПП-Нп-ПСТ119	ТУУ28.7-30268695-006-2004 160-280 НВ 3,0...6,0	Наплавка деталей из аустенитных марганцовистых сталей, работающих в условиях высоких удельных давлений, существенных ударных нагрузок и трения металла по металлу, в частности, наплавка бронеплит, а также заварка дефектов литья из марганцовистой стали типа 110Г13Л
ПП-Нп-ПСТ180	ТУУ28.7-30268695-006-2004 300-380 НВ 2,2...6,0	Наплавка опорных катков, валов, осей, крановых колёс, деталей ходовой части гусеничных машин, звеньев агломерационных машин, роликов рольгангов
ПП-Нп-ПСТ189	ТУУ28.7-30268695-006-2004 7-24 HRC 3,6...6,0	Наплавка оборудования и арматуры, работающих в контакте со средами повышенной агрессивности в химической и нефтеперерабатывающей промышленности
ПП-Нп-ПСТ350	ТУУ28.7-30268695-006-2004 47-52 HRC 3,0...6,0	Наплавка валов трубопрокатных, сортопрокатных станов, штампов горячей прокатки
ПП-Нп-ПСТ1009	ТУУ28.7-30268695-006-2004 150-220 НВ 3,6...6,0	Наплавка и сварка марганцовистых, упрочняющихся и трудно свариваемых сталей. Используется также для создания буферного слоя при нанесении твёрдосплавных покрытий, для ремонта рельсов без их подогрева

Продолжение прил. 4

Наименование продукции	Твердость, HRC, диаметр, мм	Область применения
ПП-Нп-ПСТ1795	ТУУ28.7-30268695-006-2004 24-34 HRC 3,6...6,0	Наплавка уплотнительных поверхностей трубопроводной арматуры, а также других деталей, работающих при повышенной температуре и высоком давлении в агрессивных средах. Металл наплавленного слоя отличается особыми требованиями к общей и межкристаллитной коррозии, стойкостью против эрозии и задиоров
ПП-Нп-ПСТ2013	ТУУ28.7-30268695-006-2004 220-300 НВ 3,2...6,0	Наплавка деталей, подвергающихся интенсивному гидроабразивному износу, обусловленному кавитационным и коррозионным воздействиями. Наплавленный металл обеспечивает высокую жаропрочность и коррозионную стойкость
ПП-Нп-ПСТЭКБ	ТУУ28.7-30268695-006-2004 не менее 59 HRC 3,2...6,0	Наплавка лемехов плугов, ножей бульдозеров и грейдеров, зубьев ковшей экскаваторов, лопаток смесителей, рабочих колес, улиток насосов и др.
ПП-Нп-ПСТЭКБ2	ТУУ28.7-30268695-006-2004 50-60 HRC 3,2...6,0	Наплавка конусов и чаш засыпных аппаратов доменных печей, валков и бил коксовых дробилок, броневых плит, ножей бульдозеров
ПП-Нп-200Х12М (ППАН-103)	ГОСТ 26101-8440-44 3,6	Наплавка флюсами АН-20, АН-26 деталей, работающих в условиях абразивного изнашивания и ударных нагрузок, роликов рольгангов, ножей холодной резки металла, шеек смесителей
ПП-Нп-30Х5Г2СМ (ППАН-122)	ГОСТ 26101-8450-56 2,0-3,6	Наплавка под флюсом АН-20 катков, валов, осей, шнеков и др.
ПП-Нп-350Х10Б8Т2	ГОСТ 26101-8450-56 2,8-4,0	Самозащитная для наплавки деталей, работающих в условиях интенсивного абразивного и газоабразивного износа

Окончание прил. 4

Наименование продукции	Твердость, HRC, диаметр, мм	Область применения
ПП-Нп-18X1Г1М (ПП АН-120)	ГОСТ 26101-84350-400 НВ 3,6	Для наплавки под флюсом АН-348 колёс кранов, тормозных шкивов, роликов рольгангов, посадочных мест валов, валков обжимных станов
ПП-Нп-90Г13Н4 (ПП АН-105)	ГОСТ 26101-84160-240 НВ 2,8...3,0	Самозащитная для заварки дефектов литых деталей из стали 110Г13Л
ПП-Нп-10X14Т (ПП-АН106)	ГОСТ 26101-8442-48 1,8-3,6	Наплавка под флюсом АН-20 уплотнительных поверхностей арматуры, газовой и нефтяной аппаратуры, плунжеров гидропрессов и др. Может использоваться для наплавки в атмосфере CO ₂
ПП-Нп-10X17Н9С5ГТ (ППАН-133)	ГОСТ 26101-8427-34 2,8-3,6	Самозащитная, а также для наплавки под флюсами АН-20, АН-26 энергетической и химической аппаратуры
ПП-Нп-30X20МНФ*	ТУУ27.1-30268695-001-200138-44 2,2-3,6	Металлизация и наплавка под флюсом АН-20 плунжеров гидропрессов, лопаток турбин и др.
ПП-Нп-12X13	ТУУ27.1-30268695-001-200140-46	Наплавка под флюсом АН-20 деталей металлургического, энергетического и др. оборудования

СОДЕРЖАНИЕ

От автора	3
Введение	10
Экономические и технологические предпосылки возникновения ремонтных технологий	10
Из истории возникновения ремонтных технологий	14

Модуль 1. ХАРАКТЕРИСТИКА СПОСОБОВ НАПЛАВКИ И ВОССТАНАВЛИВАЕМЫХ ИЗДЕЛИЙ

1.1. Способы восстановления и упрочнения деталей машин. Характеристики способов наплавки. Преимущества и недостатки технологии наплавки	16
1.2. Классификация восстанавливаемых изделий. Классификация дефектов деталей	29
1.3. Технологическая подготовка деталей к восстановлению: очистка, контроль, дефектация и сортировка. Выбор способа наплавки	33

Модуль 2. РУЧНАЯ РЕМОНТНАЯ СВАРКА И НАПЛАВКА

2.1. Электродуговая ручная сварка и наплавка покрытым электродом	41
2.2. Газовая сварка и наплавка стальных деталей. Заварка трещин	45
2.3. Способы ремонтной сварки чугуновых деталей	52
2.4. Ремонтная сварка и наплавка деталей из алюминиевых и магниевых сплавов	64

Модуль 3. МЕХАНИЗИРОВАННЫЕ СПОСОБЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ

3.1. Способы механизированной наплавки под флюсом цилиндрических и плоских деталей	83
3.2. Вибродуговая наплавка	89
3.3. Газоэлектрическая сварка и наплавка деталей в среде углекислого газа	93
3.4. Электродуговая контактная приварка (наварка)	98
3.5. Наплавка порошковой проволокой и порошковой лентой	102

3.6. Индукционная наплавка	106
3.7. Плазменная наплавка и электродуговая металлизация	113
<i>Модуль 4. РЕМОНТ ДЕТАЛЕЙ АВТОМОБИЛЕЙ И ТРАКТОРОВ СВАРКОЙ И НАПЛАВКОЙ</i>	122
4.1. Ремонт кузовных деталей и кабин сваркой	122
4.2. Технология восстановления деталей агрегатов автомобиля	127
4.3. Технология восстановления деталей двигателя	142
Библиографический список	162
Глоссарий	163
Приложения	165

Учебное издание

Ельцов Валерий Валентинович

РЕМОНТНАЯ СВАРКА И НАПЛАВКА
ДЕТАЛЕЙ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ

Учебное пособие по дисциплинам
«Ремонтная сварка и наплавка деталей машин и механизмов»
и «Основы восстановления деталей и ремонт автомобилей»

Редактор *Т.Д. Савенкова*
Технический редактор *З.М. Малявина*
Компьютерная верстка: *И.И. Шишкина*
Дизайн обложки: *Г.В. Карасева*

Подписано в печать 11.09.2012. Формат 60×84/16.
Печать оперативная. Усл. п. л. 10,23.
Тираж 100 экз. Заказ № 1-87-11.

Издательство Тольяттинского государственного университета
445667, г. Тольятти, ул. Белорусская, 14

