

НЕПРЕРЫВНОЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

СЛЕСАРЬ

Б. С. ПОКРОВСКИЙ

# РЕМОНТНЫЕ РАБОТЫ ПОВЫШЕННОЙ СЛОЖНОСТИ

*Допущено  
Экспертным советом  
по профессиональному образованию  
в качестве учебного пособия  
для образовательных учреждений,  
реализующих программы  
профессиональной подготовки*



Москва  
Издательский центр «Академия»  
2007

УДК 69.059.25(075.9)

ББК 38.683

П487

*Серия «Непрерывное профессиональное образование»*

**Рецензенты:**

начальник технического отдела АМО ЗИЛ, Заслуженный технолог  
Российской Федерации

*Б. М. Солоницын;*

зав. сектором машиностроения, главный научный сотрудник ФИРО

*В. Н. Антонов*

**Покровский Б. С.**

П487 Ремонтные работы повышенной сложности : учеб. пособие /  
Б. С. Покровский. — М. : Издательский центр «Академия», 2007. —  
80 с. — (Слесарь).

ISBN 978-5-7695-3564-2

Приведены практические рекомендации по выполнению особо сложных ремонтных операций. Изложена последовательность восстановления деталей машин и механизмов. Рассмотрены применяемые при восстановлении инструменты, приспособления и оборудование.

Для профессиональной подготовки, переподготовки и повышения квалификации рабочих. Может быть использовано в учреждениях начального профессионального образования.

УДК 69.059.25(075.9)

ББК 38.683

*Оригинал-макет данного издания является собственностью  
Издательского центра «Академия», и его воспроизведение любым способом  
без согласия правообладателя запрещается*

© Покровский Б. С., 2007

© Образовательно-издательский центр «Академия», 2007

© Оформление. Издательский центр «Академия», 2007

ISBN 978-5-7695-3564-2

# К читателю

Слесарь-ремонтник, желающий повысить уровень своей квалификации, должен знать принципы выполнения особо сложных ремонтных работ. Добиться успеха на профессиональном поприще вам поможет предлагаемое учебное пособие.

Благодаря учебному пособию вы будете знать:

- правила нанесения дополнительного ремонтного припуска наплавкой и напылением металлического слоя и применяемое при этом оборудование;
- способы восстановления деталей механизмов передачи движения и применяемое при этом оборудование;
- способы восстановления деталей механизмов преобразования движения и применяемое при этом оборудование;
- способы восстановления деталей гидравлических и пневматических систем и применяемое при этом оборудование.

Благодаря учебному пособию вы будете уметь:

- создавать на поверхности ремонтной заготовки дополнительный ремонтный припуск наплавкой и напылением металлического слоя;
- осуществлять восстановление валов, осей, шпинделей, деталей подшипниковых узлов с подшипниками скольжения и качения;
- производить восстановление деталей ременных и зубчатых передач;
- восстанавливать работоспособность соединительных муфт;
- обеспечивать восстановление деталей механизмов преобразования движения (кривошипно-шатунный, газораспределительный, передача винт — гайка);
- выполнять ремонт элементов гидро- и пневмопривода, восстанавливая работоспособность их деталей;
- производить восстановление корпусных деталей промышленного оборудования.

# 1

## Способы создания ремонтных заготовок

---

### 1.1. Наплавка

**Наплавка** — процесс нанесения на поверхность ремонтной заготовки слоя металла, который может сопровождаться образованием трещин в материале восстанавливаемой детали, прилегающем к наплавленному слою. Для предупреждения их появления применяют ряд специальных мер:

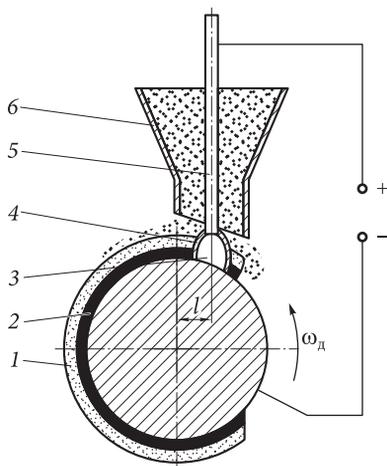
- удаляют перед наплавкой с поверхности восстанавливаемой детали дефектный слой или слой материала повышенной твердости;
- подогревают предварительно восстанавливаемую деталь и в процессе наплавки поддерживают заданную температуру;
- стремятся, по возможности, уменьшить число слоев наплавленного металла;
- продолжают подогревать восстанавливаемую деталь после наплавки для обеспечения ее медленного охлаждения;
- подвергают восстанавливаемую деталь термической обработке.

**Ручная дуговая наплавка** применяется в тех случаях, когда использование механизированных способов наплавки невозможно или нецелесообразно. Ручная наплавка осуществляется электродами с толстым покрытием. Восстанавливаемые детали перед наплавкой следует прогреть до температуры, уровень которой зависит от материала электрода, используемого для наплавки.

**Дуговая наплавка под слоем флюса** по сути является модернизированным способом ручной наплавки электродом с толстым покрытием: электрическая дуга горит между электродом без покрытия и изделием под слоем сухого гранулированного флюса толщиной 10...40 мм. В данном методе наплавки электрод 5 (рис. 1.1), представляющий собой порошковую или сплошную проволоку, подает-

**Рис. 1.1.** Схема дуговой наплавки под слоем флюса:

1 — шлаковая корка; 2 — наплавленный слой; 3 — газовый пузырь; 4 — оболочка оплавленного флюса; 5 — электрод; 6 — бункер с флюсом;  $l$  — величина смещения электрода относительно оси заготовки;  $\omega_d$  — угловая частота вращения заготовки



ся в зону наплавки одновременно с флюсом, который поступает в эту зону из бункера 6.

Флюс при наплавке этим методом выполняет следующие функции:

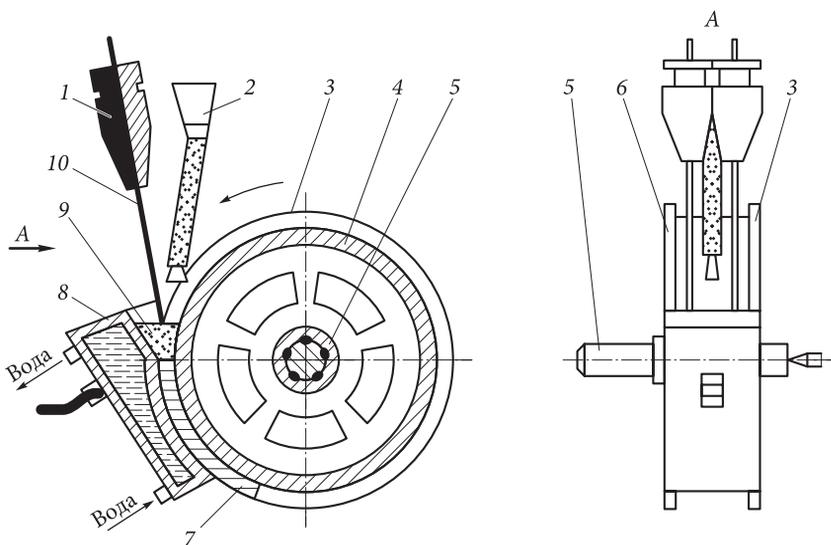
- обеспечивает устойчивое горение электрической дуги;
- защищает расплавленный металл от воздействия атмосферного воздуха;
- очищает расплавленный металл от посторонних включений и способствует его раскислению;
- обеспечивает легирование материала покрытия различными элементами;
- замедляет процесс затвердевания металла за счет образования теплоизоляционного слоя из флюса и его корки.

По составу и способу приготовления различают флюсы:

- плавные. Получают сплавлением исходных материалов и последующей грануляцией; они хорошо защищают сварочную ванну, препятствуя образованию трещин в наплавленном покрытии;
- керамические (механическая смесь легирующих, модифицирующих и шлакообразующих компонентов, соединенных при помощи жидкого стекла). Получают смешением исходных материалов и последующим дроблением смеси на гранулы;
- флюсы-смеси. Получают смешением плавных и керамических флюсов или плавных флюсов с ферросплавами и графитом.

Марки электродного материала и флюса выбирают в зависимости от требуемых физико-механических свойств наносимого покрытия.

**Электрошлаковая наплавка** (рис. 1.2) заключается в том, что на поверхности предварительно разогретой заготовки создается ванна расплавленного шлака 9 (флюса), в которую вводят электрод 10. За счет электрического тока, проходящего через жидкий шлак к детали, выделяется тепловая энергия, достаточная для расплавления материала электрода. Зона наплавки на восстанавливаемой поверхности ограничивается охлаждаемым водой кристаллизатором 8 и технологическими пластинами 3 и 6. Этим методом могут быть наплавлены покрытия толщиной 12 мм и более.



**Рис. 1.2.** Схема электрошлаковой наплавки:

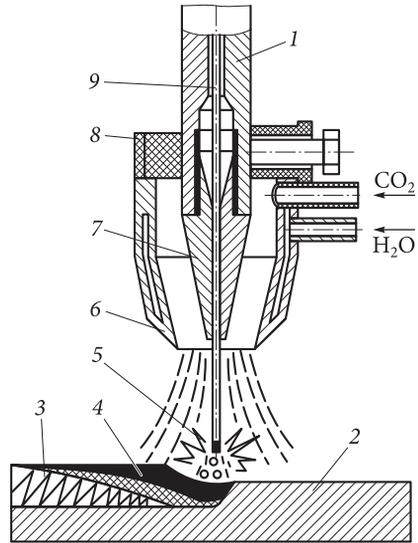
1 — мундштук; 2 — дозатор легирующих добавок; 3, 6 — технологические пластины; 4 — восстанавливаемая деталь; 5 — оправка; 7 — покрытие; 8 — кристаллизатор; 9 — шлаковая ванна; 10 — электрод

В качестве электродов и присадочного материала используют проволоку, ленту или порошковые присадочные материалы.

**Наплавка в среде защитных газов** (рис. 1.3) заключается в подаче под давлением защитного газа в зону горения электрической дуги, этим обеспечивается защита дуги и сварочной ванны от воздействия атмо-

**Рис. 1.3.** Схема наплавки в среде диоксида углерода:

1 — мундштук; 2 — восстанавливаемая деталь; 3 — покрытие; 4 — сварочная ванна; 5 — электрическая дуга; 6 — сопло горелки; 7 — накопечник; 8 — горелка; 9 — электродная проволока



сферного воздуха. Защитная атмосфера создается инертными (аргон, гелий или их смесь), активными (диоксид углерода, азот, водород, водяной пар) газами или их смесями. Наиболее часто для создания защитной атмосферы применяют диоксид углерода ( $\text{CO}_2$  — углекислый газ) и водяной пар ( $\text{H}_2\text{O}$ ), так как они существенно дешевле других защитных сред.

Наплавку в защитной среде диоксида углерода применяют для нанесения покрытий на стальные и чугунные детали разных форм и размеров.

Наплавка в среде защитных газов по сравнению с наплавкой под слоем флюса имеет ряд преимуществ:

- восстанавливаемая деталь меньше нагревается;
- производительность выше приблизительно в 1,5 раза;
- отсутствует необходимость в операциях отделения шлаковой корки (она не образуется) и зачистки швов;
- возможность проведения наплавки при любом пространственном положении восстанавливаемой детали;
- затраты на наплавку в 1,2 — 1,5 раза меньше.

**Вибродуговая наплавка** как метод имеет следующие отличительные особенности:

- в нагрузочную цепь источника питания включена катушка индуктивности;
- напряжения источника питания недостаточно для поддержания непрерывного горения электрической дуги;
- электрод совершает колебательные движения относительно восстанавливаемой поверхности (амплитуда колебаний 1 ... 3 мм, частота колебаний 50 ... 100 Гц).

Применяется вибродуговая наплавка при восстановлении стальных деталей, работающих в разных условиях при невысоких требованиях к их сопротивлению усталостным разрушениям, например при ремонте осей или толкателей.

**Ручная газопорошковая наплавка** — процесс, применяемый для восстановления профильных поверхностей, например кулачков распределительных валов. Процесс имеет небольшую производительность.

Для нагрева применяют газовые горелки для ацетиленокислородной смеси или смеси газов пропан-бутан, используя нейтральное или восстановительное газовое пламя. Основными этапами наплавления газопорошкового покрытия являются:

- равномерный нагрев нейтральным газовым пламенем восстанавливаемой поверхности с расстояния 10 ... 30 мм до температуры 400 °С (при этом пламя горелки должно равномерно перемещаться по всей восстанавливаемой поверхности);
- нанесение равномерного слоя порошка на подогретую поверхность восстанавливаемой детали;
- нагрев нанесенного порошка до полного его расплавления.

При использовании метода газопорошковой наплавки для нанесения покрытия на наружные и внутренние поверхности цилиндрических деталей используют специальные установки.

## 1.2. Напыление металлического слоя

При напылении покрытий не наблюдается расплавления материала восстанавливаемой поверхности, что существенно снижает деформацию детали в процессе нанесения покрытия.

Для обеспечения формирования качественного покрытия при напылении металлического слоя необходимо выполнять следующие правила:

- термическое воздействие на материал восстанавливаемой детали не должно вызывать фазовых и структурных превращений;
- материал покрытия и основной материал не должны перемещаться в процессе напыления, т. е. следует предупреждать диффузию материала покрытия в материал детали;
- при нанесении покрытий не должно происходить реакций, способных изменить химический состав наносимого покрытия по сравнению с исходным материалом.

Для выполнения приведенных правил необходимо использовать такие способы нанесения покрытий, которые обеспечивают сохранение твердого состояния наносимого материала в процессе напыления. Наиболее рациональным является способ газотермического напыления порошковых покрытий.

В общем случае процесс напыления складывается из следующих этапов: нагрев напыляемого материала, его дробление, перенос на восстанавливаемую поверхность с большой скоростью, удар об эту поверхность, деформирование и закрепление наносимого материала.

Нагрев напыляемого материала осуществляется газовым пламенем, электрической дугой, плазмой и т. п.

В качестве материала для нанесения покрытий используется проволока или порошки разного состава.

В зависимости от источника нагрева и способа дробления напыляемого материала различают несколько способов напыления: электродуговое, газопламенное, детонационное и плазменное (индукционное или плазменно-дуговое). Напыление может производиться без защиты зоны напыления от окружающей среды, с местной защитой или в герметичной камере.

**Подготовка наносимого покрытия** заключается в очистке материала, предназначенного для напыления, от загрязнений, например удаление антикоррозионной смазки с проволоки в растворах технических моющих средств с последующим ее отжигом, обработкой в растворе серной кислоты, промывкой в проточной воде и просушиванием.

**Механическая обработка восстанавливаемой поверхности** обеспечивает придание ей правильной геометрической формы и равномерность толщины наносимого покрытия. Предварительная механическая обработка сводится к протачиванию, растачиванию, подрезанию торцов и обдирочному (черновому) шлифованию.

**Подготовка восстанавливаемой поверхности к напылению** может осуществляться несколькими способами.

**Механические способы** заключаются в обработке поверхности, подлежащей восстановлению, струей газа (обдув сжатым воздухом) или жидкости либо твердыми материалами с использованием в качестве инструмента резцов, металлических проволочных щеток или зерен свободного абразива. Механическая обработка также включает в себя нарезание «рваной резьбы» на цилиндрических поверхностях восстанавливаемых деталей.

На конических поверхностях восстанавливаемых деталей прорезают кольцевые канавки шириной 1,2 ... 1,4 мм на глубину 0,7 ... 0,8 мм. Шаг нарезаемых канавок должен составлять 1,6 ... 2,0 мм.

На плоских поверхностях прорезают канавки по Архимедовой спирали, используя токарные или карусельные станки. Спиральные канавки после их нарезания подвергают дробеструйной обработке, обеспечивающей притупление острых кромок и создание дополнительной шероховатости восстанавливаемой поверхности с целью повышения прочности сцепления наносимого слоя с материалом восстанавливаемой детали.

При твердости восстанавливаемой поверхности меньше 35 HRC механическую обработку ведут без снятия стружки. В этом случае выполняется сетчатая накатка поверхности, которая практически не оказывает влияния на усталостную прочность материала восстанавливаемой детали, обеспечивая надежное соединение покрытия с основным металлом.

Термически обработанные поверхности, обладающие высокой твердостью, обрабатывают зёрнами корунда, перемещаемого в струе сжатого воздуха; термически не обработанные поверхности подвергают дробеструйной обработке стальной или чугунной дробью.

**Химические способы** осуществляются путем травления восстанавливаемых поверхностей разными растворами. Выбор раствора для травления зависит от материала восстанавливаемой поверхности. Для выбора раствора пользуются справочными таблицами. Интервал времени между процессами травления и нанесения покрытий не должен превышать 3 ч.

**Термические способы** предусматривают использование разогретого (неподвижного или движущегося) или ионизированного газа, инфракрасного, ультрафиолетового или лазерного излучения.

Выбор способа подготовки восстанавливаемых поверхностей для нанесения покрытий методом напыления зависит от физико-механиче-