

НЕПРЕРЫВНОЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

СВАРЩИК

В. В. ОВЧИННИКОВ

СВАРЩИК НА ЛАЗЕРНЫХ И ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВЫХ СВАРОЧНЫХ УСТАНОВКАХ

Допущено
Экспертным советом
по профессиональному образованию
в качестве учебного пособия
для использования в учебном процессе
образовательных учреждений, реализующих
программы начального профессионального
образования и профессиональной подготовки



Москва
Издательский центр «Академия»
2008

УДК 621.791.722(075.9)

ББК 30.61я721

О-355

Серия «Непрерывное профессиональное образование»

Рецензенты:

преподаватель ГУЦ «Профессионал» С.А.Лаврешин;

главный научный сотрудник ФИРО В.Н.Антонов

Овчинников В.В.

О-355 Сварщик на лазерных и электронно-лучевых сварочных установках : учеб. пособие / В.В.Овчинников. — М. : Издательский центр «Академия», 2008. — 64 с. — (Сварщик).

ISBN 978-5-7695-3994-7

В учебном пособии предлагается применение компетентностного подхода к подготовке сварщика.

Представлены сведения о процессах, протекающих при лазерной и электронно-лучевой сварке конструкционных материалов, влиянии параметров режима сварки на формирование и размеры швов. Даны рекомендации по выбору режимов сварки. Рассмотрены основные конструктивные элементы установок для электронно-лучевой и лазерной сварки.

Для подготовки, переподготовки и повышения квалификации рабочих по профессиям «Сварщик на лазерных установках» и «Сварщик на электронно-лучевых сварочных установках». Может быть использовано в учреждениях начального профессионального образования.

УДК 621.791.722(075.9)

ББК 30.61я721

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

© Овчинников В.В., 2008

© Образовательно-издательский центр «Академия», 2008

© Оформление. Издательский центр «Академия», 2008

ISBN 978-5-7695-3994-7

К читателю

Лазерная и электронно-лучевая сварка являются новыми технологическими способами сварки, имеющими ряд преимуществ по сравнению с традиционными. Работа на лазерных и электронно-лучевых сварочных установках позволяет изготавливать уникальные узлы, сваривать материалы различной толщины и конфигурации. Знания физических основ и технологических особенностей данных способов сварки, а также областей их применения являются необходимыми квалификационными требованиями к подготовке сварщиков на лазерных и электронно-лучевых сварочных установках.

Благодаря учебному пособию вы будете **знать**:

- основы электронно-лучевой и лазерной сварки;
- методы подготовки деталей под электронно-лучевую и лазерную сварку;
- типы сварных соединений для электронно-лучевой и лазерной сварки;
- технологию электронно-лучевой и лазерной сварки сталей и цветных металлов;
- конструкцию установок для электронно-лучевой и лазерной сварки.

Благодаря учебному пособию вы будете **уметь**:

- выполнять электронно-лучевую сварку различных соединений;
- правильно выбирать параметры режима сварки;
- безопасно эксплуатировать оборудование и аппаратуру для электронно-лучевой и лазерной сварки.

1

Физические основы электронно-лучевой сварки

1.1

Генерирование и формирование электронных пучков

Электронный луч — это поток электронов, разогнанных в поле высокого напряжения до больших скоростей и сконцентрированных электромагнитными линзами до необходимой плотности энергии.

Получение электронов, их ускорение в электростатическом поле, фокусировка и отклонение пучка осуществляются устройством, называемым **электронно-лучевой пушкой**.

Свободные электроны можно получить из твердого, жидкого или газообразного вещества. Процесс выхода свободных электронов из вещества называют **эмиссией**. Из холодного металла практически нет эмиссии. Объясняется это тем, что на электрон, стремящийся вылететь из металла, действует сила электрического воздействия (потенциальный барьер). Работа, которую должен совершить электрон, покидая металл, называется **полной работой выхода**.

Для обеспечения эмиссии электронов им необходимо сообщить дополнительную энергию, которая называется **эффективной работой выхода** или работой выхода.

Наибольшее применение в технике находят следующие механизмы эмиссии электронов: вторичная электронная эмиссия, фотоэлектронная эмиссия, автоэлектронная эмиссия, термоэлектронная эмиссия.

Вторичная электронная эмиссия наблюдается при бомбардировке поверхности металла в вакууме электронами. При достаточно большой энергии первичных электронов число выходящих в одну секунду с бомбардируемой поверхности вторичных электронов становится больше числа приходящих за то же время на поверхность первичных электронов.

Фотоэлектронная эмиссия заключается в том, что электроны приобретают дополнительную энергию, необходимую для преодоления потенциального барьера и выхода из металла, благодаря поглощению энергии квантов при освещении катода от внешнего источника света.

Автоэлектронная эмиссия обусловлена наличием у поверхности тела сильного электрического поля. Наличие внешнего напряжения облегчает выход электронов и способствует увеличению тока эмиссии. В обычных элект-

ронных пушках механизм автоэлектронной эмиссии имеет второстепенное значение при формировании тока луча. Во многих случаях электростатическая эмиссия в целом оказывает вредное влияние на работу электронной пушки. Результатом такого влияния являются высоковольтные пробои.

Термоэлектронная эмиссия заключается в выходе электронов из нагретых тел. При повышении температуры катода часть электронов приобретет кинетическую энергию, достаточную для того, чтобы преодолеть потенциальный барьер и выйти из металла в окружающее пространство. Чем больше температура нагрева катода и чем меньше работа выхода материала катода, тем больше ток эмиссии можно получить.

1.2

Проведение электронов до обрабатываемой поверхности

Для получения свободных электронов и для их проведения к обрабатываемой поверхности необходимо оградить их от встречи с молекулами газа. Для этого как в электронно-лучевой пушке, так и в рабочей камере должно быть создано пониженное давление воздуха (разрежение, вакуум). Чем больше разрежение, тем меньше молекул газа на пути движения электрона, тем меньше потеря энергии электронного луча. Высокий вакуум позволяет проводить пучки электронов без потерь на значительные расстояния от места их генерации, что обеспечивает определенные преимущества при сварке.

Для того чтобы электрон приобрел большую кинетическую энергию, его необходимо разогнать до больших скоростей. Разгон электронов до скоростей, соизмеримых со скоростью света, осуществляется электрическим полем, которое прикладывается между катодом и анодом.

При встрече с обрабатываемым изделием кинетическая энергия электрона превращается в тепловую энергию и идет на нагрев изделия. Кинетическая энергия одного электрона невелика, так как мала его масса. Но в пучках число электронов, бомбардирующих изделие, очень велико, поэтому наблюдается значительный нагрев изделия в зоне воздействия пучка.

Регулировать мощность электронного пучка можно изменением величины тока пучка $I_{\text{п}}$. Рассмотрим принципиально возможные способы регулирования тока электронного пучка.

Электронная пушка (рис. 1.1), в которой присутствуют только два электрода — катод (К) и анод (А), представляет собой аналог электронной лампы, называемой *диодом*. С подачей напряжения на электроды пушки в анодной цепи появляется ток пучка, который на начальной стадии растет приблизительно пропорционально увеличению напряжения.

В трехэлектродных пушках (рис. 1.2) между катодом К и анодом А вводится дополнительный электрод — управляющий (УЭ). Между ним и катодом прикладывается так называемое управляющее $U_{\text{упр}}$ напряжение, которое