

## **Уважаемые студенты!**

### **Задание:**

1. Прочтите приведенный ниже конспект лекции.
2. Напишите конспект лекции в тетрадь объемом не менее 7 страниц рукописного текста.
3. Ответьте письменно на контрольные вопросы.
4. Письменный отчет конспекта лекции и ответов на вопросы в виде фото предоставьте преподавателю на e-mail ([tamara\\_grechko@mail.ru](mailto:tamara_grechko@mail.ru)).

Примите к сведению, что данная лекция проводится на двух занятиях (25.04.2023 г. и 28.04.2023 г.).

**Обратите внимание!!!** В случае возникновения вопросов по теоретическому материалу лекции обращайтесь для консультации к преподавателю по тел. 0721355729 (Ватсап).

С уважением, Гречко Тамара Ивановна!

## **ЛЕКЦИЯ**

Тема: **Дуговая резка**

Цель: Изучить особенности электродуговой резки металла, дуговой резки неплавящимся электродом

### ***План***

1. Особенности электродуговой резки металла
2. Дуговая резка неплавящимся электродом
3. Дуговая резка покрытым электродом
4. Воздушно-дуговая резка металла

### **1. Особенности электродуговой резки металла**

Электродуговая резка обычно проводится вручную. Для работы рекомендуется использовать стальные электроды, имеющие толстое тугоплавкое покрытие, но могут также применяться вольфрамовые и угольные электроды.

**Преимуществом** дуговой резки покрытыми электродами является универсальность оборудования, которое не отличается от оборудования для сварки и может быть использовано для обеих технологических процессов.

Работу можно вести в труднодоступных местах и в любом пространственном положении конструкции.

**Недостатком** процесса является низкая производительность процесса и плохое качество реза по сравнению с кислородной и плазменной резкой. При разделении металла электрической дугой невозможно обеспечить ровность кромок деталей и в большом количестве имеется выделение шлака. Поэтому для дальнейшего использования полученных металлических частей необходима их механическая обработка.

### **Сфера применения**

Применяют дуговую резку металлов (особенно сплавов на алюминиевой основе) в среде защитных газов. Способ основан на режущих свойствах электрической дуги, горящей между вольфрамовым электродом и разрезаемым материалом в смеси аргона и водорода. Для ручной резки применяют смесь из 80 % аргона и 20 % водорода, для механизированной – 65 % аргона и 35 % водорода.

Электродуговую резку применяют исключительно в том случае, если нет необходимого оборудования для резки газом. Дуговой резке электродом поддаются цветные изделия, высоколегированные стали, а также чугун и различные сплавы.

Дуговая резка основана на использовании теплоты электрической дуги для расплавления металла по линии реза. Удаление расплавленного металла осуществляется под действием гравитационных сил и направленного движения газов, при этом применяются специальные электроды для резки, строжки (нарезание пазов) и прошивки отверстий для черных и цветных металлов и разделки трещин при подготовке под сварку. При строжке электрической дугой происходит расплавление и удаление металла вдоль линии по направлению движения.

### **Разновидности дуговой резки:**

Электрическую дугу активно используют не только при сварке, но и при резке металла. Существует несколько разновидностей дуговой резки металлических деталей:

- ручная дуговая резка неплавящимся электродами,
- ручная дуговая резка плавящимся электродами,
- воздушно- дуговая резка.

## **2. Дуговая резка неплавящимся электродом**

В качестве электрода используют графитовый или угольный стержень, резку выполняют на любом роде тока, но при этом с прямой полярностью. Сила тока не должна превышать 800А. Чтобы разрезать металл его нужно сначала нагреть с помощью дуги, а затем выплавить.

Данный метод имеет не столь широкое применение. Его используют для разбора металлического лома крупных размеров, проделывания отверстий и выжигания заклёпок, а также при демонтаже ненужных металлоконструкций. Разрез осуществляется путём плавления металла в необходимой зоне, а не путём его сгорания. Благодаря этому качеству, появляется возможность работать с материалами, которые не поддаются резке газом, такими, как цветные металлы, чугун или высоколегированные стали. Данный метод не отличается высокой точностью проведения работы: ширина самого разреза большая, а кромки остаются неровными. Если использовать электроды с прямоугольным сечением, то удастся немного улучшить результат работы.

### ***Способы резки неплавящимся электродом***

Применяются следующие виды дуговой резки неплавящимся электродом:

- *разделительная резка неплавящимся электродом (угольным, графитовым или вольфрамовым.),*
- *воздушно-дуговая резка*
- *плазменно-дуговая резка.*

Угольные и графитовые электроды диаметром **12...25 мм** позволяют разрезать металл толщиной до **100 мм** Резку проводят как на переменном, так и на постоянном токе прямой полярности. Ток в зависимости от диаметра электрода составляет **400... 1000 А**. Угольные электроды в процессе резки науглероживают кромки разреза и этим затрудняют последующую механическую обработку. Графитовые электроды дают более чистый разрез, дольше сохраняются и допускают большие плотности тока.

При резке угольным электродом диаметром 10–20 мм применяют прямую полярность, сила тока равна 400–1 000 А. Резку материала толщиной до 20 мм можно производить на переменном токе при силе тока 280 А.

Воздушно-дуговая резка используется как для разделительной, так и для поверхностной резки. При этом способе между неплавящимся электродом и разрезаемым металлом возбуждают дугу. Теплотой дуги расплавляют металл участка резания, а струей сжатого воздуха непрерывно удаляют его из полости реза.

Для воздушно-дуговой резки низкоуглеродистой и нержавеющей стали толщиной до **20 мм** используют универсальный резак **РВД-4А-66** (рисунок

1).

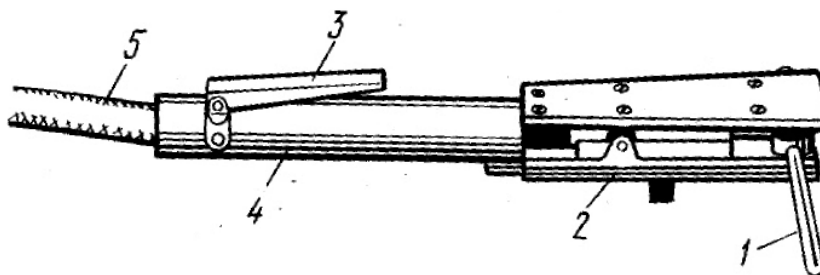


Рисунок 1 - Универсальный резак РВД-4А-66:

1—электрод, 2—головка, 3—нажимной рычаг, 4—корпус, 5—кабель-шланг.

Он имеет сменные угольные электроды диаметром **6... 12 мм**. Ток достигает **400 А**, а при кратковременном форсированном режиме — **500 А**. Давление воздуха составляет **0,4...0,6 МПа**. Расход воздуха при давлении **0,5 МПа** не превышает **20 м<sup>3</sup>/ч**. Масса резака — **1 кг**. Процесс резки протекает устойчиво при питании резака постоянным током обратной полярности. При постоянном токе прямой полярности и при переменном токе процесс идет неустойчиво, производительность низкая при плохом качестве поверхности реза. Производительность резки зависит от тока. При токе **200 А** за **1 ч** работы можно удалить до **7 кг** низкоуглеродистой стали, при токе **300 А** — до **10 кг**, а при **500 А** — около **20 кг**. Кроме того, с повышением тока снижается удельный расход электроэнергии с **3 кВт·ч/кг** при токе **300 А** до **2 кВт·ч/кг** при **500А**.

Таблица 1 - Режимы резки угольным электродом

Толщина разрезаемой стали, мм	Диаметр электрода, мм	Режим резки	
		Ток, А	Скорость, м/ч
6	10	400	21
10			18
16			10,5

### 3. Дуговая резка плавящимся электродом

Дуговая резка металла покрытым электродом не применяется для подготовки деталей под сварку, так как обычно дает грубый, неровный рез. В некоторых же случаях там, где недоступны другие средства для достижения данной цели или же, например, резка нержавеющей стали, дуговая резка

покрытым электродом является единственно доступным способом выполнения работы.

Для прожигания отверстий для болтов и т. п., особенно в закаленных и нержавеющей сталях, используются те же принципы, что и при резке металлов. Для прожигания узких отверстий желательно использовать специальные электроды, предназначенные для резки и строжки металлов.

Для прожигания отверстия зажать и установить длинную дугу над точкой, находящейся в центре будущего отверстия. Концом электрода необходимо совершать циклические движения, пока поверхность металла не расплавится. Затем конец электрода с усилием проталкивается через металл. Окончательный размер и форму придают обрезкой кромок отверстия, полученного при проталкивании электрода через металл.

Дуговая резка металла покрытым электродом производится на том же самом оборудовании, что и сварка, но сварочный ток при этом должен быть на 30-40% больше, чем при сварке. При больших значениях тока, когда тепловложение в основной металл превышает удаление тепла, зона расплавления металла становится большой и трудноконтролируемой.

Резку производят стальными электродами с качественным покрытием, но более тугоплавким, чем для сварки. Такое покрытие обеспечивает при резке образование небольшого козырька, закрывающего зону дуги.

Козырек предохраняет электрод от короткого замыкания на разрезаемый металл, а также способствует более сосредоточенному нагреву металла и позволяет производительнее вести резку. В качестве покрытия применяют смесь, содержащую **70%** марганцевой руды и **30%** жидкого стекла.

Существует два вида составов покрытия.

Первый: марганцевая руда (98%) и поташ (2%).

Второй: марганцевая руда (94%), каолин (3%), мрамор (3%).

Благодаря такому покрытию, увеличивается устойчивость дуги, внутренний стержень плавится медленнее и обеспечивается его изоляция от стенок реза. Расплавленный металл окисляется, благодаря особым компонентам, содержащимся в покрытии, это позволяет ускорить процесс резки.

Производство вышеописанных электродов осуществляется из проволоки диаметром от 3 до 12 мм и длиной до 300 мм.

Функции электродов со специальным покрытием:

- предотвращают перехода дуги на боковую поверхность;
- создают сосредоточенную мощную дугу;
- стабилизируют дугу и предотвращают гашение дуги;

- создают дутье и выдувают с места реза расплавленный металл и шлак.

Для резки, строжки, прожигания отверстий, вырезанию дефектов швов и литья можно использовать электроды следующих марок: АНР-2, АНР-3, АНР-4, ОЗР-1, ОЗР-2. Используя эти электроды можно получить чистую поверхность реза, кромки не насыщаются углеродом, а аэрозоли не содержат вредных примесей.

Толщина покрытия составляет **1... 1,5 мм**. Успешно используются также электроды с покрытием **ЦМ-7** и **ЦМ-7с**. Электроды диаметром **4... 6 мм** являются наиболее рекомендуемыми. Ток при резке выбирают в пределах **50...60 А** на **1 мм** диаметра электрода. Источником питания дуги могут служить сварочные генераторы или сварочные трансформаторы. Дуговую резку применяют для разрезания металлов толщиной не более **30 мм**; производительность низкая — при толщине разрезаемого металла **15 мм** скорость резки не превышает **120...150 мм/мин**. Расход электрода составляет **1,0...1,5 кг** на **1 м** разрезаемого металла.

Физическая сущность покрытия состоит в том, что материал покрытия плавится медленнее, чем стержень электрода, при этом на конце электрода образуется чаша глубиной 3-5 мм (рисунок 40.2), а выгорающее изнутри покрытие электрода создает газовую струю, выдувающую расплавленный металл и шлак. Нетокпроводящее покрытие гарантирует горение электрода в пределах узкого пространства, даже когда прожигаются дыры ограниченного диаметра или производится строжка узких и глубоких пазов.

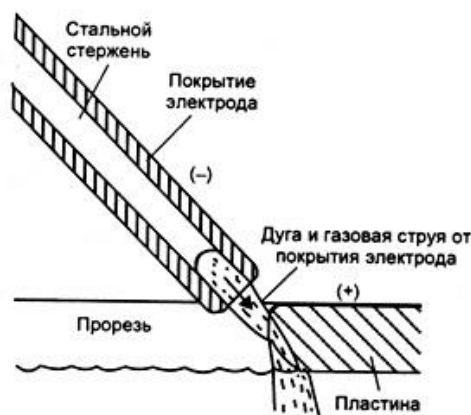


Рисунок 2 - Процесс дуговой резки металла покрытым электродом

Электрическая дуга зажигается у начала реза, на верхней кромке и в процессе реза ее перемещают вниз-вверх в плоскости реза, как при пилении ножовкой. Для увеличения нагрева металла движение вверх производят на длинной дуге. Движение вниз производят на короткой дуге, при этом облегчается вытекание и выдувание расплавленного металла.

## ***Способы резки плавящимся электродом***

### **Резка тонкого металла**

Во время ручной резки необходимо обеспечить легкое стекание жидкого основного и электродного металла. Разрезать тонкие детали покрытым электродом достаточно легко.

Резку тонкого металла можно производить и методом, приведенным на рисунке 3, при этом электрод располагается под углом  $15^\circ$  к поверхности металла. Электрод как бы проталкивается через металл. Движение напоминают движение ножовки.

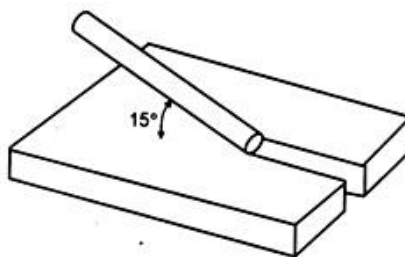


Рисунок 3 - Резка тонкого металла

### **Резка толстого металла**

Для того чтобы облегчить разрезание более толстых деталей электродом выполняют пилообразные движения по всей толщине разрезаемого торца постепенно продвигаясь вперед. Рекомендуемый угол наклона электрода к основному металлу  $30-60^\circ$ .

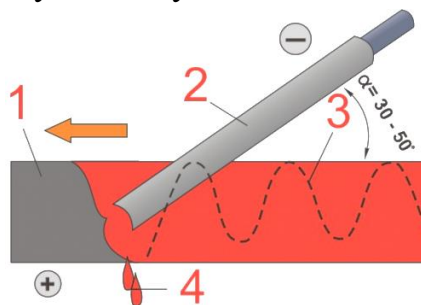


Рисунок 4 - Движения электрода при резке толстого металла

Для строжки зажгите дугу и, удерживая электрод под углом  $5^\circ$  к поверхности материала, как бы проталкивайте электрод по верхнему слою металла. Обратите внимание, что угол между электродом и пластиной небольшой ( $5^\circ$  или менее). Это облегчает удаление дополнительного металла, получаемого от плавления электрода. При необходимости получения глубоких пазов электродом совершаются возвратно-поступательные движения или строжка производится в несколько проходов. Направление строжки от себя.

Режимы ручной дуговой резки стали металлическим плавящимся электродом приведены в табл. 2.

**Таблица 2 - Режимы резки плавящимся электродом**

Марка металла	Толщина металла, мм	Диаметр электрода, мм	Режим резки	
			ток, А	Скорость, м/ч
Низкоуглеродистая сталь	6	2,5	140	12,36
	12			7,2
	25			2,1
То же	6	3	190	13,8
	12			8,1
	25			3,78
То же	6	4	220	15
	12			9,3
	25			4,5
Коррозионностойкая сталь	6	2,5	130	12
	12			4,38
	25			3
То же	6	3	195	18,72
	12			8,7
	25			4,5
То же	6	4	220	18,9
	12			10,2
	25			5,4

Иногда применяют автоматическую резку под флюсом легированных сталей, имеющих толщину до 30 мм. Резку выполняют на обычных сварочных автоматах сварочной проволокой Св-08 или Св-08А с применением флюса АН-348 (табл. 3).

**Таблица 3- Режимы автоматической резки под флюсом**

Толщина разрезаемой	Диаметр	Режимы резки
---------------------	---------	--------------



легированной стали, мм	сварочной проволоки, мм	ток, А	напряжение дуги, В	Скорость, м/ч
10	4	1000	40—42	34,8
20	4	1200	42—44	30
30	4			

### Схема воздушно-дуговой резки металла

При воздушной резке металл сначала плавится от тепла дуги, а затем он выдувается с помощью сжатого воздуха. Такой метод резки используют при работе с листами нержавеющей стали. При этом толщина листа не должна превышать 20 миллиметров. Также такие методы резки используют при удалении дефектных частей у детали.

Чтобы выполнить такую резку нужно установить на сварочном аппарате постоянный ток и подобрать графитовые электроды. Можно также использовать трубчатые электроды. При использовании трубчатых электродов кислород подается через сквозное отверстие в сварочном стержне. Способ эффективный, но трудоемкий. Гораздо проще подать сжатый воздух или струю кислорода напрямую в место разреза.

При воздушно-дуговой резке металл расплавляется дугой, горячей между изделием и угольным электродом, а удаляется струей сжатого воздуха. Воздушно-дуговую резку металлов выполняют постоянным током обратной полярности, так как при дуге прямой полярности металл нагревается сравнительно на широком участке, вследствие чего удаление расплавляемого металла затруднено. Возможно применение и переменного тока. Для воздушно-дуговой резки применяют специальные резаки, которые делятся на резаки с последовательным расположением воздушной струи и резаки с кольцевым расположением воздушной струи. В резаках с последовательным расположением воздушной струи относительно электрода сжатый воздух обтекает электрод только с одной стороны.

Для воздушно-дуговой резки применяют угольные или графитовые электроды. Графитовые электроды более стойки, чем угольные. По форме электроды бывают круглыми и пластинчатыми. Величину тока при воздушно-дуговой резке определяют по следующей зависимости:

$$I = K \cdot d,$$

где  $I$  — ток, А;

$d$  — диаметр электрода, мм;

$K$  — коэффициент, зависящий от теплофизических свойств материала

электрода, равный 46—48 А/мм, для угольных электродов и 60—62 А/мм для графитовых.

Источниками питания для воздушно-дуговой резки служат стандартные сварочные преобразователи постоянного тока или сварочные трансформаторы.

Питание резака сжатым воздухом осуществляют от цеховой сети, имеющей давление 4—6 кгс/см<sup>2</sup>, а также от передвижных компрессоров. Применение сжатого воздуха при воздушно-дуговой резке давлением выше бат нецелесообразно, так как сильная воздушная струя резко снижает устойчивость горения дуги.

Воздушно-дуговую резку разделяют на поверхностную строжку и разделительную резку.

Поверхностную строжку применяют для разделки дефектных мест в металле и сварных швах, а также для подрубки корня шва и снятия фасок. Фаску можно снимать одновременно на обеих кромках листа. Ширина канавки, образующаяся при поверхностной строжке, на 2—3 мм превышает диаметр электрода.

Воздушно-дуговую разделительную резку и строжку применяют при обработке нержавеющей стали и цветных металлов. Она имеет ряд преимуществ перед другими способами огневой обработки металлов, так как более проста, а также более дешевая и более производительная.

В табл. 4 приведены режимы разделительной воздушно-дуговой резки угольным электродом, а в табл. 5 приведены данные по разделке корня шва, выполненного встык с К-образной подготовкой кромок.

Таблица 4 - Режимы разделительной воздушно-дуговой резки

Толщина листа, мм	Диаметр электрода, мм	Ток, А	Скорость резки, м/ч	
			Низкоуглеродистая сталь	Высоколегированная сталь
5	6	270 — 300	60 — 62	63 — 65
10	8	360 — 400	26 — 28	30 — 32
12	10	450 — 500	20 — 22	22 — 24
12	12	540 — 100	22 — 24	24 — 26
25	12	540 — 600	8 — 10	10 — 12

Таблица 5 - Режимы поверхностной воздушно-дуговой резки

Толщина свариваемого	Диаметр	Ток, А	Ширина разделки	Глубина разделки
----------------------	---------	--------	-----------------	------------------

металла, мм	электрода, мм		корня шва, мм	корня шва, мм
5 — 8	4	180	6—7	3—4
6 — 8	6	280	7,5—9	4—5
8 — 10	8	370	8,5—11	4—5
10 — 11	10	450	11,5—13	5—6

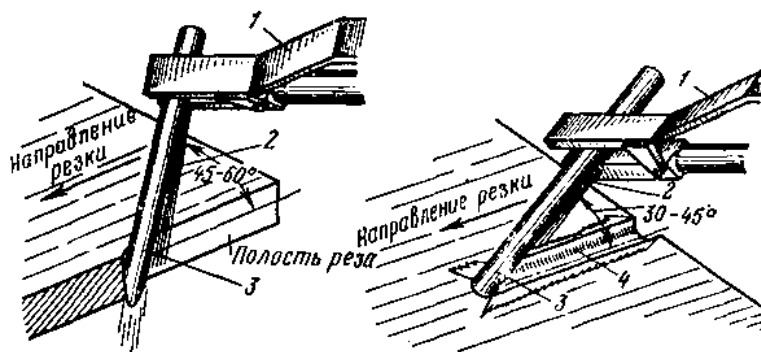


Рисунок 5 - Схема воздушно-дуговой резки металла:

*а – разделительная; б – поверхностная;*

*1 – электрододержатель; 2 – воздушная струя; 3 – электрод; 4 – канавка*

Воздушно-дуговую резку стали и цветных металлов осуществляют на постоянном токе с обратной полярностью угольным электродом при давлении воздуха 0,2–0,6 МПа. Эта резка основана на расплавлении металла и выдувании его струей сжатого воздуха. Струя сжатого воздуха 2 поступает в резак 1 и вытекает вдоль электрода 3 (рисунок 5, а).

При поверхностной резке (рисунок 5, б) глубина и ширина канавки 4 зависит от диаметра электрода 3. Металлические электроды улучшают качество резки.

### **Контрольные вопросы:**

1. Что называется резкой?
2. Что такое термическая резка?
3. На какие три группы подразделяется термическая резка?
4. Как осуществляется резка плавлением?
5. Что такое разрезаемость материала?
6. Как влияет углерод и легирующие элементы на разрезаемость сталей?
7. Что такое поверхностная резка?
8. В чем состоит сущность дуговой резки металлов?
9. Что такое воздушно-дуговая резка?

*В чем состоит сущность воздушно-дуговой резки?*