

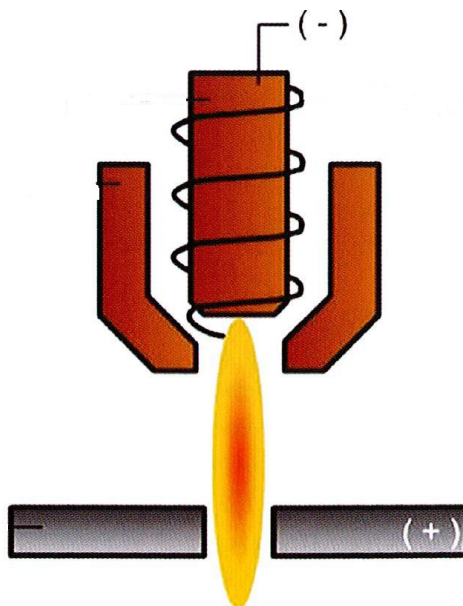
НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Инженерный институт

Основы технологии производства машин

## Термическая резка металлов Плазменная резка

Методические указания по выполнению  
лабораторно-практической работы



Новосибирск 2020

Кафедра надежности и ремонта машин

УДК 631.372, 621.43

ББК 39.33

Рецензент: канд. техн. наук, доцент *А.А. Малышко*

Составитель: канд. техн. наук, доцент *М.Л. Вертей*

**Основы технологии производства машин. Термическая резка металла:** метод. указания по вып. лабор.-практ. работы / Новосиб. гос. аграр. ун-т. Инженер. ин-т; сост. М.Л. Вертей. – Новосибирск, 2020. – 14 с.

В методических указаниях представлены основные термины и определения. Дана классификация способов термической резки металлов. Описан принцип работы аппарата плазменной резки металла и его функциональные возможности.

Методические указания предназначены для студентов очной формы обучения по направлениям: Агроинженерия; Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов; Технология транспортных процессов.

Утверждены и рекомендованы к изданию учебно-методическим советом Инженерного института НГАУ протокол №6 от 31.01.2020 г.)

© Новосибирский государственный аграрный университет,  
2020

© Инженерный институт, 2020

## **Лабораторно-практическая работа**

### **Плазменная резка металла с применением аппарата воздушно-плазменной резки CUT-40**

**Цель работы:** познакомиться с сущностью воздушно-плазменной резки металла, оборудованием и технологией процесса. Получить навыки воздушно-плазменной резки металлов.

#### **Материальное обеспечение лабораторно-практической работы**

##### ***Оборудование и инструмент:***

- Аппарат воздушно-плазменной резки СВАРОГ CUT-40;
- Компрессор (подвод сжатого воздуха);
- Приспособление для резки окружности;
- Циркуль слесарный;
- Молоток сварщика;
- Маркер, мелок;
- Линейка;
- Штангенциркуль;
- Средства индивидуальной защиты.

##### ***Материалы:***

- Ветошь;
- Катод и анод;
- Листовой металл 1; 2; 4; 8 мм.

##### ***Задание к лабораторно-практической работе:***

1. Изучить технологию воздушно-плазменной резки.
2. Изучить технику безопасности при выполнении работ.
3. Ознакомиться с устройством и принципом работы аппарата воздушно-плазменной резки.
4. Ознакомиться с инструментом для воздушно-плазменной резки.
5. Произвести подготовку поверхности и разметку перед резкой.
6. Произвести настройку аппарата воздушно-плазменной резки.
7. Выполнить резку размеченной детали на различных режимах.
8. Сдать рабочее место учебному мастеру (преподавателю).
9. Составить отчет о работе и сдать преподавателю.

## **Организация проведения лабораторно-практической работы**

**40 минут – работа с подгруппой.** Вводная информация преподавателя: постановка задачи, ознакомление с общими вопросами по подготовке поверхности, инструменты и материалы, которыми она проводится. Ознакомление с технологиями термической резки металлов (применяемые оборудование и инструмент).

Пройти и расписаться в журнале инструктажа по технике безопасности при использовании аппарата воздушно-плазменной резки металла (см. ПРИЛОЖЕНИЕ).

**30 минут.** Подготовка рабочего места. Подготовка поверхности элемента к воздушно-плазменной резке. Выбор режимов и настройка аппарата.

**60 минут.** Получение навыков по резке металлов воздушно-плазменным аппаратом.

**30 минут.** Ответить на контрольные вопросы. Оформить отчет и защитить у преподавателя.

### **Основные термины и определения**

**Резка металлов** – отделение частей или заготовок от сортового или листового металла режущими инструментами, а также термическими способами.

**Плазменная резка** – резка металлов и неметаллических материалов струей плазмы.

**Плазма** – ионизированный газ, образующийся при электрических разрядах в нагретых до высокой температуры газов ( $15000-20000^{\circ}\text{C}$ ).

### **Общие сведения**

Сущность процесса воздушно-плазменной разделительной резки заключается в локальном интенсивном расплавлении разрезаемого металла в объеме полости реза теплотой, генерируемой сжатой дугой, и удалении жидкого металла из полости высокоскоростным плазменным потоком, вытекающим из канала сопла плазмотрона.

В современной технике резки применяют две схемы плазмообразования (рис. 1).

Основными элементами плазмотрона, предназначенного для плазменной резки, являются электрод (катод), сопло и изолятор между ними (рис. 2). Корпус режущего плазмотрона содержит цилиндрическую дуговую камеру малого диаметра с выходным каналом, формирующим сжатую (плазменную) дугу. Для возбуждения плазмогенерирующей дуги служит электрод, располагаемый обычно в тыльной стороне дуговой камеры. Столб дуги ориентируется по оси формирующего канала и заполняет практически все его сечение.

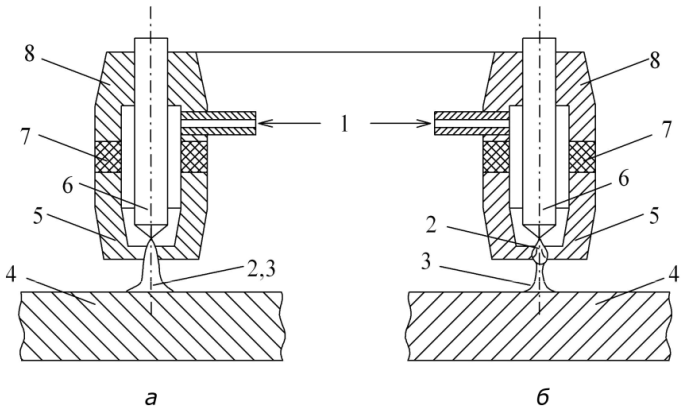


Рис. 1. Схемы плазмообразования: *а*– плазменная дуга; *б* – плазменная струя; 1 – подача газа; 2 – дуга; 3 – струя плазмы; 4 – обрабатываемый металл; 5 – наконечник; 6 – катод; 7 – изолятор; 8 – катодный узел

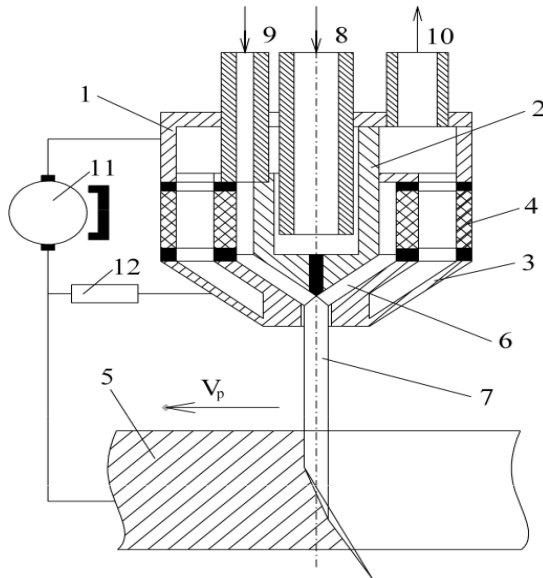


Рис. 2. Режущий плазмотрон: 1 – корпус; 2 – электрод (катод); 3 – формирующий наконечник; 4 – изолятор; 5 – разрезаемый металл; 6 – дуговая камера; 7 – столб дуги; 8 – подача охлаждающей воды; 9 – подача плазмообразующего газа; 10 – слив воды; 11 – источник тока; 12 – устройство зажигания дуги;  $V_p$  – направление резки

В дуговую камеру подается рабочий газ (плазмообразующая среда). Газ, поступая в столб дуги, заполняющий формирующий канал, превращается в плазму. Вытекающий из сопла поток плазмы стабилизирует дуговой разряд. Газ и жесткие стенки формирующего канала ограничивают сечение столба дуги (сжимают его), что приводит к повышению температуры плазмы до 15000 – 20000 °С.

В качестве электрода при воздушно-плазменной резке могут быть: бериллий, торий, гафний и цирконий. На их поверхности при определенных условиях образуются тугоплавкие оксиды, препятствующие разрушению электрода. Поскольку оксид тория радиоактивен, а оксид бериллия токсичен, эти металлы не применяются.

Для того, чтобы катодное пятно фиксировалось строго по центру катода, в современных плазмотронах применяют вихревую (тангенциальную) подачу плазмообразующего газа. При нарушении четкой вихревой подачи плазмообразующего газа катодное пятно вместе со столбом дуги будет смещаться от центра катодной вставки, что приводит к нестабильному горению сжатой дуги, двойному дугообразованию выходу плазмотрона из строя. При воздушно-плазменной резке наиболее эффективно используется энергия в режущей дуге постоянного тока прямой полярности (анод на металле).

### **Режимы плазменной резки**

При выборе режима ручной резки руководствуются характеристикой плазмотрона. Особенностью режима плазменной резки является неизменность режима для металла различной толщины; в пределах толщин установленных для данного плазмотрона, меняется только скорость резки.

Износ сопел и электродов не очень зависит от режимов резки, а определяется в основном числом резов и потребляемой мощностью. При нормальной работе до того, как качество резов изменится настолько, что необходимо заменять сопло, выполняют примерно 400...600 резов.

### **Общее описание аппарата серии CUT**

Аппараты серии CUT, предназначенные для резки, произведены на базе современной инверторной технологии. Благодаря использованию мощных транзисторов MOSFET и применению принципа широтно-импульсной модуляции (PWM), выпрямленное напряжение сети (100 Гц) преобразуется в высокочастотное переменное напряжение (100 КГц), которое подается на первичную обмотку силового ферритового трансформатора. Затем на вторичной обмотке получается переменное высокочастотное напряжение, которое преобразуется теперь уже в постоянное. Такой принцип работы позволяет использовать силовой трансформатор значительно меньшего размера и уменьшить вес инверторного оборудования, что ведет к увеличению КПД аппарата до 85 %.

Для возбуждения дуги используется осциллятор, генерирующий высоковольтный, высокочастотный импульс напряжения. Данный аппарат отличается стабильной, надежной и эффективной работой, малыми размерами и низким уровнем шума в процессе сварки.

Оборудование для резки серии CUT может широко применяться для резки углеродистой стали, нержавеющей стали, различных сплавов стали, меди, алюминия и других цветных металлов.

В состав оборудования для резки входят: аппарат для воздушно-плазменной резки CUT 40, компрессор, резак, регулятор подачи газа (редуктор), сетевой кабель, обратный кабель и заземление. Схема сборки показана на рис. 3, а расположение элементов управления на передней панели – на рис. 4.

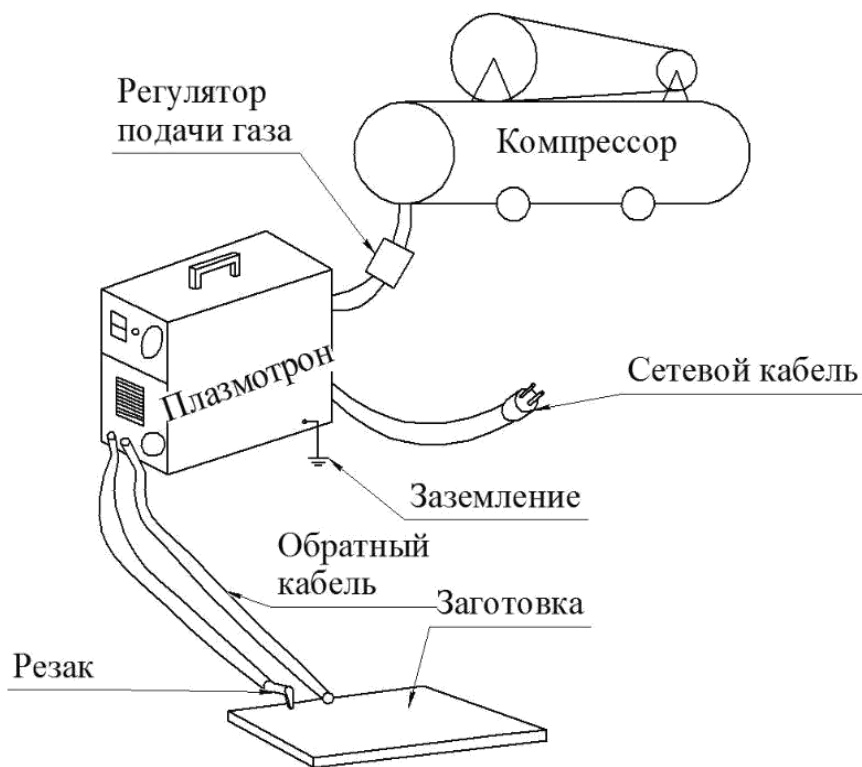


Рис. 3. Оборудование для воздушно-плазменной резки

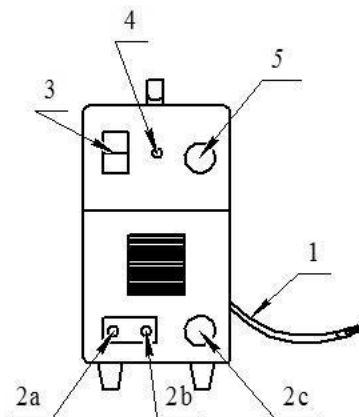


Рис. 4. Расположение элементов управления на передней панели плазматрона CUT 40:

1 – сетевой кабель; 2 – разъемы для подключения: а – газового шланга, б – кабеля управления, в – обратного кабеля с заземляющим зажимом; 3 – выключатель сети; 4 – сигнальная лампа; 5 – регулятор диапазона тока

Технические характеристики аппарата CUT40(B) приведены в табл.

Таблица

**Технические характеристики аппарата CUT40(B)**

Тип	CUT40(B)
Параметры электросети, В	АС, 220±15%
Частота, Гц	50/60
Потребляемая мощность, КВт	6
Напряжение холостого хода, В	230
Диапазон регулирования сварочного тока, А	10...40
Номинальное напряжение дуги, В	96
Номинальная ПВ, %	60
КПД, %	85
Коэффициент мощности	0,93
Класс изоляции	В
Класс защиты	IP23
Способ возбуждения дуги	касанием (вспомогат. дуги)
Объем подачи газа, м <sup>3</sup> /мин	0,17
Максимальная толщина разрезаемого металла, мм	12
Вес, кг	8
Габаритные размеры, мм: Д×Ш×В	371×155×295 (425×205×355)

**Порядок выполнения работы**

Осмотр и сборка оборудования могут производиться только тогда, когда аппарат отключен от сети.

### **Подготовка прибора к работе состоит из следующих операций:**

1. Подсоедините газовый шланг плазмотрона с резьбой на конце к соответствующему штуцеру на передней панели и закрутите по часовой стрелке (рис.4).

2. Подсоедините шланг подачи воздуха к входному разъему на редукторе.

3. Подсоедините выходное отверстие редуктора к штуцеру подачи сжатого воздуха на задней панели аппарата с помощью шланга высокого давления в медной оплетке.

4. Подсоедините кабель управления плазмотроном. Кабель управления плазмотроном должен быть подсоединен к двухконтактному разъему на панели управления.

5. Установите электрод в плазмотрон, установите сопло и защитный наружный кожух плазмотрона.

6. Подсоедините один конец обратного кабеля к гнезду на панели управления, другой конец – к свариваемой детали.

Настройка редуктора производится в следующей последовательности:

1. Открутите газовый вентиль, установите необходимое давление газа и нажмите на кнопку.

2. Давление воздуха должно быть не менее 4 атм.

3. Очистите емкость водяного фильтра от влаги.

### **Порядок работы состоит из следующих операций:**

1. Установите выключатель сети на передней панели управления в положение «Вкл», загорится индикатор включения в сеть, а на цифровом датчике появится установленное значение тока.

2. Установите требуемые значения давления и объема подачи газа и пустите газ. **Правильный выбор давления поступающего газа – критически важный фактор, влияющий на продолжительность срока службы сопла и электрода и качество резки.**

3. Установите величину рабочего тока (5 на рис. 4) в соответствии с толщиной заготовки.

4. Убедитесь в наличии дежурной дуги. Не поднося плазмотрон к изделию, нажмите кнопку управления на плазмотроне. Автоматически включается подача сжатого воздуха, срабатывает осциллятор поджига, появляется плазменный поток дежурной дуги. Если нет поджига дуги, то необходимо проверить состояние сопла и электрода плазмотрона, предварительно отключив аппарат от сетевого напряжения. Проверить давление сжатого воздуха.

5. Дотроньтесь медным соплом плазмотрона до заготовки, держите гашетку управления плазмотроном (находится на плазмотроне, рис. 3) нажатой до момента возбуждения дуги, установите расстояние между плазмотроном и заготовкой, равное 1 мм, и приступайте к резке.

6. Выполняйте резку с равномерной скоростью, в соответствии с требованиями по качеству резки и толщиной обрабатываемого металла.

7. Постепенно снижайте скорость в конечной стадии резки, затем отпустите кнопку управления плазмотрона.

8. Если на сопле есть капли расплавленного металла, то эффективность охлаждения снижается. Вовремя очищайте сопло от брызг металла.

Плазмотрон оснащен специальным упором, который обеспечивает постоянный зазор между соплом плазмотрона и заготовкой. Упор обеспечивает стабильность резки и исключает касание сопла и материала заготовки.

Возникновение повреждений, как плазмотрона, так и заготовки неизбежно при их соприкосновении.

Сопло и электрод подлежат замене в следующих случаях: Износ тугоплавкой вставки электрода на 1,5 мм и более; Имеет место деформация сопла. Происходит снижение скорости резки. Есть трудности при возбуждении дуги. Получается неровный рез.

### **ОТЧЁТ ПО РАБОТЕ**

Отчет по работе заполнить в журнале «Отчет по лабораторным работам» (выдается преподавателем перед циклом лабораторно-практических работ в электронном виде).

## ПРИЛОЖЕНИЕ

### ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ НА ПОСТУ ВОЗДУШНО-ПЛАЗМЕННОЙ РЕЗКИ (Инструкции №1)

- Не допускается входить обучающимся в аудиторию №123 «Лаборатория сварочных технологий» без прохождения вводного инструктажа по технике безопасности.
- В лаборатории запрещено самовольное перемещение обучающихся.
- Без разрешения преподавателя не допускается: подходить к посту воздушно-плазменной резки, прикасаться, включать и настраивать аппарат, брать и перемещать детали, специальный инструмент на рабочем месте.
- Выполнять работы на посту допускается только в спецодежде (маска, перчатки, костюм сварщика). Спецодежда должна быть сухой.
- **Не надевайте контактные линзы; интенсивное излучение дуги может привести к их склеиванию с роговицей.**
- Студентам, наблюдающим за процессом резки, разрешено смотреть на плазменную струю только в защитных очках или маске на расстоянии 1,5 м от зоны реза.
- Не включать плазмотрона при давлении ниже 0,4 МПа.
- В процессе резки металла не наклоняться низко над разрезаемыми деталями.
- Рукав плазмотрона не должен находиться в зоне реза.
- Прежде чем касаться руками изделий после резки, дождитесь их полного охлаждения.
- Не касаться рукой сопла плазмотрона после резки
- Плазмотрон класть только на специальную подставку.
- Не покидать рабочее место без разрешения преподавателя.

Составитель: **Вертей Михаил Леванович**

**Основы технологии производства машин**

**Термическая резка металлов  
Плазменная резка**

**Методические указания по выполнению  
лабораторно-практической работы**

Печатается в авторской редакции  
Компьютерная верстка: В.Я. Вульферт

---

Подписано к печати 27 января 2020 г.      Формат 60 × 84<sup>1/16</sup>  
Объем 0,9 уч.-изд. л.      Изд. №4.      Заказ №6  
Тираж 20 экз.

Отпечатано в типографии НГАУ  
630039, Новосибирск, ул. Добролюбова, 160

Отчет по лабораторно-практической работе №1 «Плазменная резка металла»

Цель работы:

---

---

---

Перечислите основные виды термической резки металлов.

---

---

---

---

Изобразите схемы плазмообразования.

Перечислите достоинства и недостатки воздушно-плазменной резки

---

---

---

---

Перечислите факторы, влияющие на качество реза металла

---

---

---

---

Назовите детали плазматрона, которые подлежат периодической замене в процессе эксплуатации

Таблица для заполнения

Материал заготовки	
Толщина материала, мм	
Диаметр сопла, мм	
Эскиз детали и плазмотрона (указать направление реза, расстояние от плазмотрона до детали, угол наклона плазмотрона относительно плоскости реза)	

№ Опыта	Величина тока, А	Длина реза, мм. $L_p$	Ширина реза, мм. $H_p$	Скорость реза, мм/мин $V_p = L_p/t$	Есть рез или нет

Выводы:

---



---



---



---