МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «ХПИ»

Кафедра “Технологии машиностроения и металлорежущие станки”

Доклад

на тему:

“Плазменная резка в машиностроении”

Выполнили:

студенты группы МШ-32б

Ляшенко Г.С.

Трубин А.?

Руководитель:

Иванова М. И.

Харьков 2015

содержание

[ВСТУПление 4](#_Toc435816467)

[Физика процесса 5](#_Toc435816468)

[1.1 Строение. Физические свойства. Методы получения 5](#_Toc435816469)

[ТЕХНОЛОГИЯ ПЛАЗМЕННОЙ РЕЗКИ 8](#_Toc435816470)

[2.1 Схемы плазменной резки 8](#_Toc435816471)

[2.2 Плазмообразующие газы 12](#_Toc435816472)

[2.3 Сравнение с газовыми способами резки 13](#_Toc435816473)

[Вывод 15](#_Toc435816474)

[ЛІТЕРАТУРА 16](#_Toc435816475)

# ВСТУПление

Плазменная резка бла бла хорошая модная современная….

В докладе описаны физические процессы лежащие в основе процесса. Приведена схема образования плазмы. Необходимые сопутствубщие процессы.

Приведены ручные плазмотроны и установленные на различные станины.

Ихнее назначение и характеристики.

Описана область применения данного вида обработки.

Сравнение с другими, более традиционными методами.

Стоимость оборудования и услуг плазменной резки по г.Харьков на текущий момент времени.

З.ы растянуть на страницу

# Физика процесса

## 1.1 Строение. Физические свойства. Методы получения

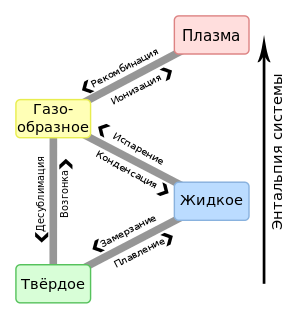
Плазма является частично или полностью ионизированным газом и в равновесном состоянии обычно возникает при высокой температуре, от нескольких тысяч кельвинов и выше (Рис 1.1). В земных условиях плазма образуется в газовых разрядах. В общем, её свойства напоминают свойства газообразного состояния вещества, за исключением того факта, что для плазмы принципиальную роль играет электродинамика, то есть равноправным с ионами и электронами составляющей плазмы является электромагнитное поле.Плазма иногда называется четвёртым (после твёрдого, жидкого и газообразного) [агрегатным состоянием вещества](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%B3%D1%80%D0%B5%D0%B3%D0%B0%D1%82%D0%BD%D0%BE%D0%B5_%D1%81%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%8F%D0%BD%D0%B8%D0%B5_%D0%B2%D0%B5%D1%89%D0%B5%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%B0).[ https://ru.wikipedia.org/wiki/Агрегатное\_состояние]

Рисунок 1.1 Схема агрегатных состояний[https://ru.wikipedia.org/wiki/Агрегатное\_состояние]

Слово «ионизированный» означает, что от электронных оболочек значительной части[атомов](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D1%82%D0%BE%D0%BC) или молекул отделён по крайней мере один [электрон](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD). Суммарный электрический заряд плазмы приблизительно равен нулю. Присутствие свободных электрических зарядов делает плазму проводящей средой, что обуславливает её заметно большее (по сравнению с другими агрегатными состояниями вещества) взаимодействие с [магнитным](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B0%D0%B3%D0%BD%D0%B8%D1%82%D0%BD%D0%BE%D0%B5_%D0%BF%D0%BE%D0%BB%D0%B5) и [электрическим полями](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%B5_%D0%BF%D0%BE%D0%BB%D0%B5).[ <https://ru.wikipedia.org/wiki/Плазма>].

В случае плазменной резки используеться ионизация посредство электрической дуги. Электрическая дуга между двумя электродами в воздухе при атмосферном давлении образуется следующим образом:

При увеличении напряжения между двумя электродами до определённого уровня в воздухе между электродами возникает электрический пробой. Напряжение электрического пробоя зависит от расстояния между электродами и других факторов. Процесс приводит к образованию плазмы между электродами и горению дуги.

Для инициирования пробоя при имеющемся напряжении электроды приближают друг к другу. Во время пробоя между электродами обычно возникает искровой разряд, импульсно замыкая электрическую цепь.

Электроны в искровых разрядах ионизируют молекулы в воздушном промежутке между электродами. При достаточной мощности источника напряжения в воздушном промежутке образуется достаточное количество плазмы для значительного падения напряжения пробоя или сопротивления воздушного промежутка. При этом искровые разряды превращаются в дуговой разряд — плазменный шнур между электродами, являющийся плазменным тоннелем. Возникающая дуга является, по сути, проводником и замыкает электрическую цепь между электродами. В результате средний ток увеличивается ещё больше, нагревая дугу до 5000–50000 K. При этом считается, что поджиг дуги завершён. (Рис 1.2).

После поджига устойчивое горение дуги обеспечивается термоэлектронной эмиссией с катода, разогреваемого током и ионной бомбардировкой[https://ru.wikipedia.org/wiki/Электрическая\_дуга] 

Рисунок 1.2 Электрическая дуга на высоковольтных линиях[https://www.youtube.com/watch?v=bMcnKj\_vl\_8]

На практике это значит что:

* плазму можно получить в атмосферных условиях с помощью электрической дуги.
* плазма обладает температурой на порядок выше температуры плавления даже самых тугоплавких металлов [https://ru.wikipedia.org/wiki/Вольфрам] (Вольфрам 3422 °C)
* плазму можно направлять с помощью магнитного поля (Рис.1.3)

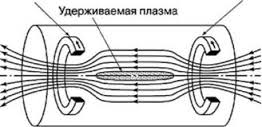


Рис. 1.3 Плазма в магнитном поле[http://mirkasflur.ru/sintez/tokamak34.htm]

# ТЕХНОЛОГИЯ ПЛАЗМЕННОЙ РЕЗКИ

## 2.1 Схемы плазменной резки

Плазменная резка( PAC – Plasma Arc Cutting) реализуется следующим образом. Плазменная дуга получается из обычной в специальном устройстве – плазмотроне – в результате ее сжатия и вдувания в нее плазмообразующего газа. Различают две схемы:

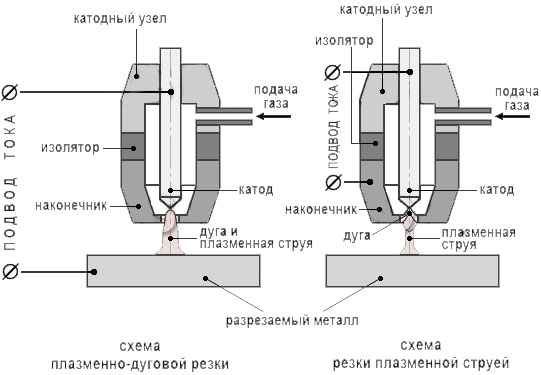
* плазменно-дуговая резка
* резка плазменной струей

Рисунок 2.1 Схемы плазменной резки

При плазменно-дуговой резке дуга горит между неплавящимся электродом и разрезаемым металлом (дуга прямого действия). Столб дуги совмещен с высокоскоростной плазменной струей, которая образуется из поступающего газа за счет его нагрева и ионизации под действием дуги. Для разрезания используется энергия одного из приэлектродных пятен дуги, плазмы столба и вытекающего из него факела.

При резке плазменной струей дуга горит между электродом и формирующим наконечником плазмотрона, а обрабатываемый объект не включен в электрическую цепь (дуга косвенного действия). Часть плазмы столба дуги выносится из плазмотрона в виде высокоскоростной плазменной струи, энергия которой и используется для разрезания.

Резка плазменной струей используется реже и преимущественно для обработки неметаллических материалов, поскольку они не обязательно должны быть электропроводными.

Более подробная схема плазмотрона для плазменно-дуговой резки приведена на рисунке ниже.

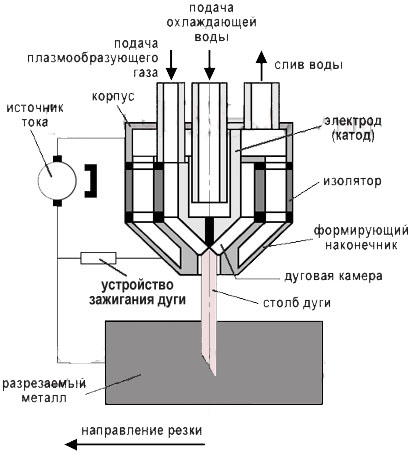


Рисунок 2.2 Схема режущего плазмотрона

В корпусе плазмотрона находится цилиндрическая дуговая камера небольшого диаметра с выходным каналом, формирующим сжатую плазменную дугу. Электрод обычно расположен в тыльной стороне дуговой камеры. Непосредственное возбуждение плазмогенерирующей дуги между электродом и разрезаемым металлом, как правило, затруднительно. Поэтому вначале между электродом и наконечником плазмотрона зажигается дежурная дуга. Затем она выдувается из сопла, и при касании изделия ее факелом возникает рабочая режущая дуга, а дежурная дуга отключается.

Столб дуги заполняет формирующий канал. В дуговую камеру подается плазмообразующий газ. Он нагревается дугой, ионизируется и за счет теплового расширения увеличивается в объеме в 50–100 раз, что заставляет его истекать из сопла плазмотрона со скоростью до 2–3 км/c и больше. Температура в плазменной дуге может достигать 25000–30000°С.



Рис. 2.3. Плазменная резка металла на станке с ЧПУ

Электроды для плазменной резки изготавливают из меди, гафния, вольфрама (активированного иттрием, лантаном или торием) и других материалов.



Фото. Сопла (в разрезе) для плазменной резки – медное (слева) и медное с вольфрамовой вставкой компании Thermacut (справа)

Количество тепла, необходимое для выплавления реза (эффективная тепловая мощность**qр)**, поступает из столба плазменной дуги и определяется выражением:

**qр = Vр·F·γ·c·[(Tпл–T0)+q]·4,19,**

где **Vр** – скорость резки (см/с);  
**F** – площадь поперечного сечения зоны выплавляемого металла (см2);  
**γ** – плотность металла (г/см3);  
**с** – теплоемкость металла, Дж/(г**·**°С);  
**Тпл** – температура плавления металла (°С);  
**T0** – температура металла до начала резки (°С);  
**q** – скрытая теплота плавления (°С).

Произведение **Vр·F·γ** определяет массу выплавляемого металла за единицу времени (г/с). Для заданной толщины металла имеется определенное числовое значение эффективной тепловой мощности qр, ниже которого процесс резки невозможен.

Скорость потока плазмы, удаляющего расплавленный металл, возрастает с увеличением расхода плазмообразующего газа и силы тока и уменьшается с увеличением диаметра сопла плазмотрона. Она может достигать около 800 м/с при силе тока 250А.

## Плазмообразующие газы

Технологические возможности процесса плазменной резки металла (скорость, качество и др.), а также характеристики основных узлов плазмотронов определяются прежде всего плазмообразующей средой. Влияние состава плазмообразующей среды на процесс резки:

* за счет изменения состава среды возможно регулирование в широких пределах количества тепловой энергии, выделяющейся в дуге, поскольку при определенной геометрии сопла и данном токе состав среды задает напряженность поля столба дуги внутри и вне сопла;
* состав плазмообразующей среды оказывает наибольшее влияние на максимально допустимое значение отношения тока к диаметру сопла, что позволяет регулировать плотность тока в дуге, величину теплового потока в полости реза и, таким образом, определять ширину реза и скорость резки;
* от состава плазмообразующей смеси зависит ее теплопроводность, определяющая эффективность передачи разрезаемому листу тепловой энергии, выделенной в дуге;
* в ряде случаев весьма значительной оказывается добавка тепловой энергии, выделившейся в результате химического взаимодействия плазмообразующей среды с разрезаемым металлом (она может быть соизмерима с электрической мощностью дуги);
* плазмообразующая среда при взаимодействии с выплавляемым металлом дает возможность изменять его вязкость, химический состав, величину поверхностного напряжения;
* подбирая состав плазмообразующей среды, можно создавать наилучшие условия для удаления расплавленного металла из полости реза, а также предотвратить образование подплывов на нижних кромках разрезаемого листа или делая их легко удаляемыми;
* от состава среды зависит характер физико-химических процессов на стенках реза и глубина газонасыщенного слоя, поэтому для определенных металлов и сплавов некоторые плазмообразующие смеси недопустимы (например, содержащие водород и азот в случае резки титана); диапазон допустимых смесей также сужается с увеличением толщины разрезаемых листов и теплопроводности материала.

От состава плазмообразующей среды зависят и характеристики оборудования:

* материал катода и конструкция катодного узла (способ крепления катода в плазмотроне и интенсивность его охлаждения);
* конструкция системы охлаждения сопел;
* мощность источника питания, а также форма его внешних статических характеристик и динамические свойства;
* схема управления оборудованием, поскольку состав и расход плазмообразующего газа полностью определяют циклограмму формирования рабочей дуги.

При выборе плазмообразующей среды также важно учитывать себестоимость процесса и дефицитность используемых материалов.

Таблица. 2.1 Наиболее распространенные плазмообразующие газы

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Газ** | **Обрабатываемый металл** | | |
| **Алюминий, медь и  сплавы на их основе** | **Коррозионно-стойкая сталь** | **Углеродистая и низколегированная сталь** |
| **Сжатый воздух** | Для заготовительной машинной резки | Для экономичной ручной и машинной резки | |
| **Кислород** | Не рекомендуется | – | Для машинной резки повышенного качества |
| **Aзотно-кислородная смесь** | Не рекомендуется | Для машинной резки с повышенной скоростью | |
| **Азот** | Для экономичной ручной и машинной резки | Для ручной и полуавтоматической резки | – |
| **Aргоно-водородная смесь** | Для резки кромок повышенного качества | Не рекомендуется | |

Резка с применением воздуха в качестве плазмообразующей среды называется воздушно-плазменной резкой.

## Сравнение с газовыми способами резки

Преимущества плазменной резки по сравнению с газовыми способами резки

* значительно выше скорость резки металла малой и средней толщины;
* универсальность применения – плазменная резка используется для обработки сталей, алюминия и его сплавов, меди и сплавов, чугуна и др. материалов;
* точные и высококачественные резы, при этом в большинстве случаев исключается или заметно сокращается последующая механическая обработка;
* экономичность воздушно-плазменной резки – нет потребности в дорогостоящих газах (ацетилене, кислороде, пропан-бутане);
* возможность вырезать детали сложной формы;
* очень короткое время прожига (при кислородной резке требуется продолжительный предварительный прогрев);
* более безопасная, поскольку отсутствуют взрывоопасные баллоны с газом;
* низкий уровень загрязнения окружающей среды.

Недостатки плазменной резки по сравнению с газовыми способами резки:

* максимальная толщина реза обычно составляет 80–100 мм (кислородной резкой можно обрабатывать чугун и некоторые стали толщиной до 500 мм);
* более дорогое и сложное оборудование;
* повышенные требования к техническому обслуживанию;
* угол отклонения от перпендикулярности реза не должен превышать 10–50º в зависимости от толщины детали (в противном случае существенно расширяется рез, что приводит к быстрому износу расходных материалов);
* практически отсутствует возможность использования двух ручных резаков, подключенных к одному аппарату;
* повышенный шум вследствие истечения газа из плазматрона с околозвуковыми скоростями;
* вредные азотсодержащие выделения (при использовании азота) – для уменьшения разрезаемое изделие погружают в воду.

# ВЫВОД

Если раньше, используя для резки металла оборудование для газовой сварки, было сложно получить ровный и качественный рез, то в настоящее время плазменные агрегаты позволяют справиться с этой проблемой.

Следует отметить и то, что после газовой сварки края среза были оплавлены и требовали дополнительной обработки.

Станок для резки плазмой делает рез максимально четким и правильным, притом, что на его краях отсутствуют наплавления и другие дефекты.

Это достигается за счет использования воздушно-кислородной смеси под большим давлением, которая не только охлаждает сопло плазматрона, но и сдувает расплавленные капли металла с поверхности.

На таком оборудовании под каждый материал подбирается свой режим работы, при этом учитываются толщина металла, скорость потока плазмы, а также внешние факторы.

Еще более простым в использовании считается станок плазменной резки с ЧПУ, в котором за рабочий процесс отвечает программное обеспечение.

Современный плазменный станок может быть использован для обработки бетонных поверхностей, кирпича и керамики.

При помощи плазменных станков раскраивают пластмассу, природный камень и многие другие материалы.

Плазменная резка экономически целесообразна для обработки:

* алюминия и сплавов на его основе толщиной до 120 мм;
* меди толщиной до 80 мм;
* легированных и углеродистых сталей толщиной до 50 мм;
* чугуна толщиной до 90 мм.

# ЛИТЕРАТУРА

1. Анурьєв В.И. “Справочник конструктора машиностроителя”, Москва,” Машиностроение”, 1976.
2. Ачеркан Н.С. “Металлорежущие станки”, Москва, “Машиностроение”, 1965.
3. Власов А.Ф. “Безопасность труда при обработке металлов резаньем”, Москва,” Машиностроение”,1989.
4. Дукаев П.Ф. “Конструирование узлов и деталей машин”, Москва, “Высшая школа”,1978.
5. Киркач Н.Ф., Баласанян Р.А.” Расчет и конструирование деталей машин”, Харьков, “Основа”, 1991
6. Кучер А,М, “Металлорежущие станки”, Ленинград, “Машиностроение”, 1971.
7. Проников А.С. “Расчет и конструирование металлорежущих станков”, Москва, “Высшая школа”, 1967.
8. Ряховский О.А. “Справочник по муфтам”, Киев, “Высшая школа”.
9. Чернилевский Д.В. “Детали машин и механизмов. Курсовое проектирование”, Киев, “Высшая школа” 1990.
10. Чернов Е.А. “Проектирование станочной электроавтоматики”, Москва, “Машиностроение”,1988.
11. Гасанов М.И. Методические указания к курсовому проектированию по курсу Оборудование автоматизированного производства.