

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**

**федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**

**высшего образования**

**«Московский государственный технологический университет «СТАНКИН»**

**(ФГБОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН»)**

Реферат по учебной практике

на тему

Применение лазера в резке металлов.

Резка Стали 45 газовым лазеромом.

г. Москва 2018 г.

# 1 МЕТОДЫ РАЗДЕЛЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ

В настоящее время в машиностроении широко применяются различные методы разделения металлических заготовок. Отдельной задачей является резка тонких металлических листов. Для этого могут применяться различные механические методы разделения металлов, в первую очередь резка ножовочными полотнами, ленточными пилами, фрезами. В производстве используют различные станки общего и специального назначения для раскроя листовых, профильных и других заготовок из различных металлов и сплавов.

Однако при механической обработке существует ряд недостатков, которые связаны с низкой производительностью, высокой стоимостью отрезного инструмента, трудностью или невозможностью раскроя металлов по сложному криволинейному контуру.

Лазерная резка применяется для изготовления отверстий в промежуточных кольцах паровых турбин, изготовления различных шаблонов и сепараторов из инструментальных сталей, изготовление дисковых и ножовочных пил, которые имеют гораздо более высокий срок службы, чем пилы, изготовленные традиционными методами. Также лазерная резка металла широко применяется в автомобилестроении, судостроении, авиастроении [1].

Лазерная резка широко применяется для изготовления матриц и пуансонов практически любой формы с минимальными отходами материала.

В промышленности получили распространения методы разделения материалов, основанных на электрохимическом, электрофизическом и химико-физическом воздействиях. К этим методам относится ацитиленово-кислородная резка, плазменная резка проникающей дугой. Однако они не обеспечивают высокой точности и чистоты поверхностей реза и требуют в большинстве случаев последующей механической обработки. Электроэрозионная резка позволяет получать малую ширину реза и высокое качество поверхности реза, но одновременно с этим характеризуется низкой производительностью.

В связи с этим возникла производственная необходимость в разработке и промышленном освоении методов резки современных конструкционных материалов, обеспечивающих высокую производительность процесса, точность и качество поверхностей реза. К числу таких процессов разделения материалов следует отнести лазерную резку, основанную на процессах нагрева, плавления, испарения, химических реакциях горения и удаления расплава из зоны реза.

Сфокусированное лазерное излучение, обеспечивая высокую концентрацию энергии, позволяет разделять практически любые металлы и сплавы независимо от их теплофизических свойств. При этом можно получать узкие резы с минимальными зонами термического воздействия.

При лазерной резке отсутствует механическое воздействие на обрабатываемый материал, и возникают минимальные деформации, как временные в процессе резки, так и остаточные после полного остывания.

Вследствие этого лазерную резку можно осуществлять с высокой степенью точности, в том числе легко деформируемых и нежестких заготовок или деталей.

Благодаря высокой плотности мощности лазерного излучения обеспечивается высокая производительность процесса в сочетании с высоким качеством поверхности реза.

Легкое и сравнительно простое управление лазерным излучением позволяет осуществить лазерную резку по сложному контуру плоских и объемных деталей с высокой степенью автоматизации процесса.

Воздействие лазерного излучения на металлы при резке характеризуется общими положениями, связанными с поглощением и отражением излучения, распространение поглощенной энергии по объему материала за счет теплопроводности, а также специфическими для процесса резки особенностями.

На участке воздействия излучения металл нагревается до первой температуры разрушения – плавления. При дальнейшем поглощении излучения металл расплавляется и от участка воздействия излучения в объем материала начинает перемещаться фазовая граница плавления. Наряду с этим излучение приводит к последующему повышению температуры, достигающей второй температуры разрушения – кипения, когда имеет место активного испарения.

Таким образом, при воздействии лазерного излучения на металлы возможны два механизма резки – плавление и испарение. Поверхность разрушения, так называемый канал реза, существует по всей толщине в процессе резки и перемещается со средней скоростью в направлении резки.

Однако практическое использование механизма резки под средством механизма испарения затруднено в связи с высокими энергозатратами.

Заметное снижение энергозатрат снижается при использовании вспомогательного газа для удаления продуктов разрушения металла из канала реза. Такой процесс резки называется газолазерной резкой.

При газолазерной резке различают стационарный характер разрушения, когда жидкая ванна расплава существует по всей длине канала реза, и нестационарный, характеризуемый периодическим выносом расплавленного металла из зоны обработки.

Стационарный механизм достигается в том случае, когда скорости плавления металла в направлении реза и удаление расплавленного металла равны в каждом сечении канала. При скоростях газолазерной резки меньших установившихся имеет место нестационарный характер разрушения.

При нестационарном разрушении после удаления очередной массы жидкой ванны из канала реза в его нижней части вновь образуется ванна, так как из-за расхождения сфокусированного лазерного излучения нижняя часть канала постоянно находится в поле лазерного излучения. При последующем перемещении металла относительно лазерного излучения, последние попадает на зоны канала, расположенные выше, и подплавляет их. Образованная ванна расплава не удаляется, так как динамическое воздействие дополнительного потока газа оказывается недостаточной. В последующие моменты времени процесс плавления металла приводит к увеличению объема ванны и при достижении определенных размеров ванна уносится из зоны обработки.

Процессы разрушения металла далее повторяются, в результате чего на боковой поверхности кромок реза образуются так называемые бороздки.

При газолазерной резки сталей и ряда других сплавов в качестве вспомогательного газа используют кислород, обеспечивающий на поверхности разрушения дополнительной теплоты экзотермической реакции. Кроме этого на обрабатываемой поверхности металла образуется оксидная пленка, изменяющая тепловую обстановку в канале реза за счет изменения поглощательной способности материала. Окисная пленка также заметно влияет на гидродинамику течения расплава, так как вязкость окислов существенно превышает вязкость металлического расплава.

Производительность и качество обработки металла с помощью газолазерной резки во многом определяется объемом ванны в канале реза, поэтому расчетная модель описывает образование и течение расплава в ванне.

Шероховатость поверхности кромки реза, профиль реза зависят от толщины ванны расплава на боковой поверхности канала, в свою очередь, определяемую из физической модели разрушения объема ванны на передней стенке канала [1].

Исследование процесса окисления сталей при газолазерной резке с учетом газодинамического течения ванны расплава указывает на наличие тонкой окисной пленки на поверхности расплава. Поглощательная способность поверхности ванны при газолазерной резки сталей близка с поглощением излучения окислами. Поглощательная способность окислов в 2-5 раза превышает поглощательную способность неокисленной металлической поверхности.

Использование инертного газа не позволяет получать высокую производительность газолазерной резки сталей вследствие заметного уменьшения поглощательной способности поверхности передней стенки канала реза при увеличении скорости перемещения расплавленного металла по каналу.

Теоретические влияния параметров лазера и фокусирующей оптики на качество раскроя сталей непрерывным излучением получило установить, что независимо от их выбора существует скорость резки, меньше которой достаточно трудно или невозможно получить требуемое качество обработки.

С целью повышения производительности и качества раскроя сталей по криволинейному контуру на участках прямолинейных или с малой кривизной

Необходимо осуществлять раскрой с максимально возможной скоростью из оптимального диапазона. На участке с большой кривизной и при вырезке углов контура невозможно достигнуть требуемого качества при неизменных технологических параметрах.

Для диапазона скоростей резки υ ˂ 10мм/с независимо от выбора технологических параметров лазера и оснастки подачи вспомогательного газа проблематично достижение требуемого качества раскроя, что физически связано с существованием нестационарного механизма разрушения металла.

Использование газолазерной резки металла так же должно быть обоснованно технологическими и экономическими преимуществами по сравнению с традиционными методами разделения металла.

# 2 ВЫБОР ТИПА ЛАЗЕРА И РЕЖИМА ЕГО РАБОТЫ

2.1 [Обоснование выбора типа лазера](#содержание)

В настоящее время наиболее широкое применение для технологических процессов обработки материалов находят три типа лазеров:

- твердотельные на иттрий - алюминиевом гранате с неодимом (ИАГ:Nd);

- твердотельные на стекле с неодимом (Ст:Nd);

- молекулярные или газовые на диоксиде углерода СО2.

Лазеры указанных типов обладают большой выходной мощностью, относительно высоким коэффициентом полезного действия (КПД) и стабильностью параметров излучения.

Твердотельные лазеры, используемые в настоящее время для технологических целей в машиностроении, достигают среднего уровня мощности 50 – 500 Вт, а промышленные серийно выпускаемые лазеры на СО2 ,- более 15 кВт.

Твердотельные Nd – лазеры позволяют осуществлть интенсивную высокоскоростную лазерную обработку. Типичный частотный режим работы современных твердотельных Nd – лазеров изменяется в пределах 0,05 – 50 кГц, сохраняя среднюю мощность 20 – 50 Вт при высоком для твердотельных лазеров электрооптическом КПД (4-7%). При низких частотах (0,1 – 1Гц) эти лазеры способны генерировать энергию до 10 Дж/импульс при длительности импульса 100 мкс развивая пиковую мощность 105 Вт.

Твердотельные лазеры широко используются при небольших временах воздействия на материал. Так при пробивке отверстий за время импульса путем воздействия лазерного излучения на материал происходит испарение заданного объема. Но для резки материала необходимо достичь высокого значения мощности излучения в непрерывном режиме работы.

Средняя мощность излучения лучших твердотельных лазеров имеет ограничения, связанные с малыми линейными размерами синтетических кристаллов и низкой теплопроводностью, затрудняющей охлаждение активных элементов.

Также твердотельные лазеры имеют низкий КПД, поскольку при работе возникают большие потери, связанные с тепловыми потерями в активной среде и лампе накачки.

Для лазерной резки металла в непрерывном режиме наиболее применимым будет электроразрядный СО2 лазер работающий в непрерывном режиме, в котором используются нижние колебательные уровни возбужденных молекул СО2  для генерации инфракрасного излучения с длиной волны 10,6 мкм. Для повышения эффективности генерации излучения молекул углекислого газа в большинстве СО2 лазеров используют газовую смесь с различным процентным содержанием диоксида углерода СО2 , азота N2 , и гелия Не. Добавка азота в рабочую смесь способствует усилению генерации лазерного излучения, а гелий необходим для отвода теплоты во время генерации вследствие высокой теплоемкости и теплопроводности, понижая тем самым общую температуру смеси.

В СО2 лазерах широко распространена схема с самостоятельным газовым разрядом, совмещающим функции накачки и ионизации газовой смеси. При высоких мощностях в непрерывном режиме применяют продольную или поперечную прокачку газовой смеси для увеличения ее объема.

СО2 лазеры характеризуются высоким значением КПД (10-30%) что является еще одним преимуществом для резки материала [2].

При использовании лазерного излучения для резки необходимо применить специальную оптическую систему для фокусировки излучения и направления на обрабатываемый материал. Также необходимо предусмотреть систему перемещения детали при обработке.

Возможная система фокусировки представлена на рисунке 1.1.

Здесь лазерное излучение, выходящее из лазера 1, отражается от зеркала 2 и направляется на фокусирующую линзу 3. Обрабатываемый материал 4 находится в фокусе линзы. При данной системе, в случае заготовок малой массы, возможно, их перемещение относительно сфокусированного пятна излучения.

При обработке крупногабаритных заготовок выгоднее использовать движущееся лазерное излучение относительно неподвижной заготовки. Это можно достичь, используя систему подвижных оптических передающих элементов

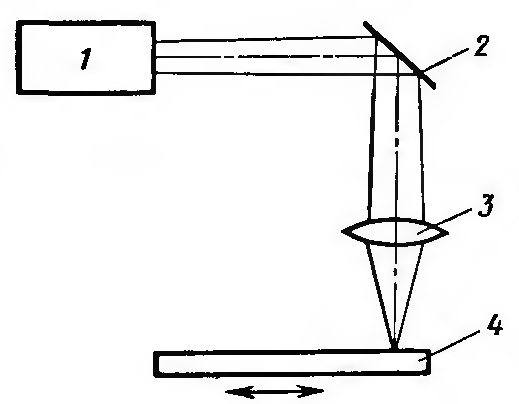


Рисунок 1.1- Оптическая система фокусировки

Для улучшения параметров лазерной резки и увеличения КПД процесса в зону обработки целеобразно подавать струю кислорода под давлением 1-2 атм (рис. 1.2).

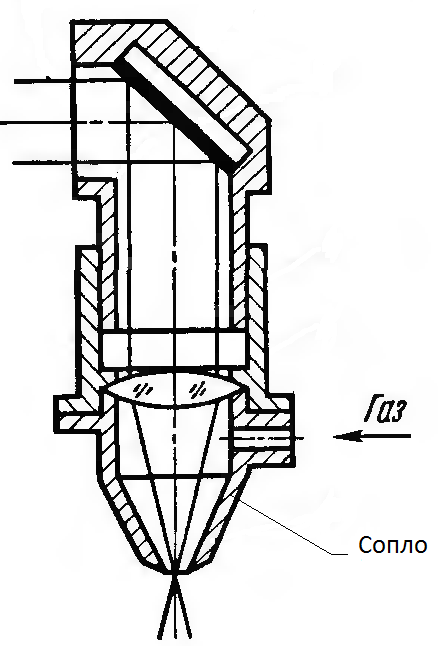


Рисунок 1.2 – Вид газолазерной головки

Для этой цели используют сопло в виде усеченного металлического конуса. Газ, выходящий под давлением соосно лазерному пучку из сопла, кроме технологических функций выполняет функцию защиты линзы от продуктов лазерного излучения. Наряду с соосной подачей газа возможно осуществление боковой подачи газа [3].

# 3 РАСЧЕТ АКТИВНОЙ СРЕДЫ

3.1 Расчет мощности лазера

Для расчета мощности лазерного излучения для резки металла необходимо определить характеристики заданного металла.

Характеристики стали 45:

- температура плавления Tпл = 1520 ˚С;

- плотность металла ρ = 7.87 · 103 кг/м3;

- теплоемкость металла с = 0.472·103 Дж/кг·град;

- теплота плавления γ = 0.84·103 Дж/кг.

Толщина разрезаемого листа h =1 мм, ширина реза примем равной d = 0.3 мм.

Расчет производится на длину в L=1 м листа.

Объем удаляемого материала:

(3.1.1)

Масса удаляемого металла:

(3.1.2)

Энергия необходимая для резки листа стали рассчитывается из уравнения теплового баланса:

(3.1.3)

где - количество энергии необходимое для нагрева металла до температуры плавления; - энергия необходимая для плавления металла.

(3.1.4)

где - температура окружающей среды. Принимаем .

Подставив числовые значения, получим:

Энергия необходимая для плавления металла:

(3.1.5)

Суммарная энергия по формуле (2.3):

При расчете энергии необходимо учесть, что часть излучения отражается от поверхности металла. Коэффициент отражения поверхностью металла излучения CO2 лазера высок, однако он понижается при окислении поверхности металла. Также возможно принудительное нанесение химических покрытий способствующих повышению поглощательной способности металла.

Учитывая коэффициент отражения R = 0,55, получим:

Зададим скорость резки листа V = 5 м/мин, что соответствует разрезанию листа длиной в 1 м за время равное t = 12 с.

Определив скорость резки металла, получим необходимую мощность лазерного излучения для осуществления технологического процесса:

Для резки стали 45 будем использовать СО2 лазер работающий в непрерывном режим.

3.2 Расчет объема активной среды

Для расчета объема активной среды необходимо рассчитать число активных центров в среде.

Для этого рассчитаем мощность единичного перехода в активной среде:

где - энергия единичного перехода; = 10-3 с - время жизни атома на метастабильном энергетическом уровне.

Энергия единичного перехода рассчитывается по формуле:

где длина волны лазерного перехода.

Подставив числовые значения в формулу (3.1), получим:

Для создания заданной мощности лазерного излучения количество активных центров равно:

Объем активной среды рассчитывается по формуле:

где - число Авогадро; Т – температура дугового разряда; - парциальное давление .

Подставив числовые значения получим значение объема активной среды:

Приняв значение квантового выхода равным ηкв = 0.25 и число возбужденных молекул N2  равным η = 0.5, получим реальное значение объема активной среды:

Суммарный объем газовой смеси в этом случае:

При данном значении мощности лазерного излучения и объема активной среды необходимо осуществить продольную прокачку газовой смеси и обеспечить охлаждение лазера.

4 ВЫБОР РЕЗОНАТОРА

Оптический резонатор — совокупность нескольких отражающих элементов, образующих открытый [резонатор](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D0%B5%D0%B7%D0%BE%D0%BD%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80), формирующих стоячую световую волну. Необходимы резонаторы с разреженным спектром собственных колебаний. Такими свойствами обладают открытые резонаторы, что и обуславливает их применение в оптическом диапазоне. Количество отражающих зеркал может быть различно, но наиболее часто применяются двухзеркальные резонаторы, в которых зеркала могут быть плоскими или сферическими. Из различных возможных типов резонаторов обратим внимание на следующие резонаторы:

– Плоскопараллельный резонатор (или резонатор Фабри - Перо).

Этот резонатор состоит из двух плоских зеркал, расположенных параллельно друг другу. В первом приближении моды такого резонатора можно представить себе как суперпозицию двух плоских электромагнитных волн распространяющихся в противоположных направлениях вдоль оси резонатора.

– Концентрический (или сферический) резонатор. Этот резонатор состоит из двух сферических зеркал, имеющих одинаковые радиусы, и расположены на расстоянии друг от друга таким образом, что центры кривизны зеркал совпадают. В этом случае моды резонатора представляют собой суперпозицию двух сферических волн исходящих из точки совпадения центров кривизны.

– Конфокальный резонатор. Он состоит из двух сферических зеркал с одинаковыми радиусами кривизны, которые расположены на расстоянии друг от друга таким образом, что фокусы зеркал совпадают. То есть центр кривизны одного зеркала лежит на поверхности другого.

– Полуконфокальный и полуконцентрический резонатор. Состоят из плоского и сферического зеркала, и по своим свойствам близки к комфокальному и концентрическому резонатору [4].

Для СО2 лазера предназначенного для резки металла более предпочтительным будет использование плоскопараллельного резонатора Фабри – Перо.

Глухое зеркало резонатора должно обеспечивать высокий коэффициент отражения излучения лазера. Для длины волны в качестве материала зеркала используют медь, покрытую тонким слоем золота. Коэффициент отражения такого зеркала достигает 0,98.

Для выходного зеркала в качестве подложек применяется германий или упрочненный и очищенный кристалл хлористого натрия NaCl или хлористого калия KCl [5] .

ВЫВОД

В данной курсовой работе рассмотрена установка для лазерной резки стали 45. Выбран тип лазера и его режим работы, рассчитана необходимая энергия и объем активной среды. В результате расчета получены результаты:

- тип лазера – СО2-лазер (рабочая длина волны λ=10,6 мкм);

- объём активной среды V = м3;

- необходимая мощность лазера P = Вт.

Также рассмотрены системы фокусировки излучения и перемещения обрабатываемого материала. Даны основные характеристики СО2-лазера и оптических резонаторов.

ПЕРЕЧЕНЬ ССЫЛОК

1. Григорянц А. Г. Основы лазерной обработки материалов – М.: Машиностроение, 1989. – 304с.

2. Кондиленко И.И., Коротков П.А., Хижняк А.И. Физика лазеров. – К.: Выща шк. Головное изд-во, 1984. – 232с.

3. Байбородин Ю.В. Основы лазерной техники – 2-е изд., перераб. и доп. – К.: Вища шк. Головное изд-во, 1988. – 383 с.

4. Быков В. П., Силичев О.О. Лазерные резонаторы. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004. – 320 с.

5. Справочник по лазерной технике: Пер. с нем. Под ред. проф. А.П.Напартовича. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 544 с.: ил.