

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего образования

**«МИРЭА - Российский технологический университет»**

**РТУ МИРЭА**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

**по дисциплине**

**«Разработка технологий и изготовление художественных изделий»**

**для проведения практических работ на установке для лазерной сварки и наплавки МУЛ-1**

*(наименование дисциплины (модуля) в соответствии с учебным планом)*

Уровень \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_магистратура\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

*(бакалавриат, магистратура, специалитет)*

Форма обучения очная

*(очная, очно-заочная, заочная)*

Направление(-я) подготовки 29.04.04 «Технология художественной обработки материалов»

*(код(-ы) и наименование(-я))*

Институт Физико-технологический (ФТИ)

*(полное и краткое наименование)*

Кафедра компьютерного дизайна

*(полное и краткое наименование кафедры, реализующей дисциплину (модуль))*

Разработанок.т.н., Бойко Юлия Алексеевна

*(сокращенно-ученая степень, ученое звание; полностью - ФИО)*

Лобач Денис Игоревич

*(сокращенно-ученая степень, ученое звание; полностью - ФИО)*

Используются в данной редакции с учебного года 2021/22

*(учебный год цифрами)*

Москва 2021г.

Оглавление

[Введение 3](#_Toc81775975)

[1. Теоретические основы 3](#_Toc81775976)

[2. Термины и определения 5](#_Toc81775977)

[3. Инструкция по охране труда при работе с установкой для лазерной сварки и наплавки МУЛ - 1 7](#_Toc81775978)

[4. Методические указания по проведению практических работ 13](#_Toc81775979)

[Приложение 1 20](#_Toc81775980)

# Введение

В методическом указании рассматриваются технологические аспекты лазерной сварки, плавки и наплавки. Для закрепления теоретического материала студенты направления 29.04.04 «Технология художественной обработки материалов»выполняют практические работы.

В рамках дисциплины «Разработка технологий и изготовление художественных изделий» во 2 семестре студенты разрабатывают технологию соединения различных металлических элементов используя технологические операции лазерной сварки, пайки и наплавки. Для проведения таких работ на кафедре «Компьютерный дизайн» имеется малогабаритная лазерная технологическая установка МУЛ-1, которая позволяет соединять детали небольшого размера из цветных металлов преимущественно в ручном и полуавтоматическом режиме, точечной сваркой и шовной сваркой со швами небольшой протяженности и различной по сложности формы.

# Теоретические основы

Лазерная сварка применяется для сваривания металлических изделий сложной конфигурации для получения особо точных соединений изделий. Этот метод используется для сварки изделий из нержавеющей стали, алюминия, серебра, золота и даже пластика. Шов получается высокого качества, ровный, гладкий без деформаций.

Лазерная сварка производится при помощи специального оборудования. Этот метод появился не так давно, но он успел завоевать высокую популярность. Его используют в разных областях промышленности для создания прочного неразъемного соединения. Данный способ сваривания имеет высокую точность, и отличное качество соединения.

Нагревание и плавление в рабочей области происходит при помощи лазерного луча. Световой поток, который генерируется лазером, обладает монохромностью. Все волны имеют одинаковые показатели длины. Именно это намного упрощает контролирование потоков, которое производится при помощи фокусирования линз и отклонений призм. В лазере проявляется явление волнового резонанса, что во много раз повышает мощность пуска.

Все эти свойства помогают понять, что такое лазерная сварка. Во время этой технологии могут применяться разные сварочные аппараты - полуавтоматические, автоматические и даже роботизированные, которые осуществляют работу без присутствия человека. Каждое из них подает лазерный луч, который нагревает и расплавляет выбранную область металлического изделия.

* 1. Технология лазерной сварки

Принцип работы лазерной сварки основывается на следующих свойствах:

• когерентностью. В основе этого показателя лежит взаимосвязь фаз теплового поля луча лазера в разных зонах;

• монохроматичностью. Данное свойство характеризуется небольшой шириной спектральных линий, которые излучаются источником;

• направленностью. При проведении сварочного процесса не происходит рассеивание луча при его движении от источника к свариваемому изделию.

Благодаря этим показателям повышается мощность лазерного луча, он обеспечивает точное размеренное плавление и испарение металлов в зоне сваривания. Источник может быть на некотором расстоянии от свариваемой зоны, а в области сварочной лазерной ванны не требуется присутствия вакуума.

При соединении изделий с применением лазерного луча наблюдаются следующие процессы:

1. Элементы, которые подготовлены для соединения, плотно соединяются друг с другом вдоль линии будущего соединения.

2. Далее на область стыка наводится лазерный луч.

3. Включается генератор. Во время этого начинается равномерное разогревание, плавление и испарение частиц на кромках.

4. В связи с тем, что сечение лазерного луча имеет небольшие размеры, расплавленный металл заполняет все микронеровности и дефекты изделий, которые попадают в зону действия лазерного луча.

*Сварка лазером имеет положительную особенность - во время нее образуется сварное соединение с большой плотностью. А вот пористость, и прочие дефекты, которые присущи другим методам сварки, во время этой технологии отсутствуют.*

В связи с тем, что лазерный луч перемещается по соединяемым поверхностям с высокой скоростью, в ходе сварочного процесса не возникает окисления металла. При помощи луча можно делать два вида шва - сплошной и прерывистый. При помощи первого варианта сваривают трубы из нержавеющей стали, где необходима высокая герметичность. Второй вид используется при сваривании небольших конструкций, которые имеют поверхностные повреждения.

* 1. Преимущества и недостатки

Преимущества лазерной сварки сделали данную технологию популярной и востребованной. Но она также, как и другие сварочные работы имеет негативные стороны, которые обязательно нужно предварительно рассмотреть.

Среди преимуществ сварки можно выделить:

1. Сварка лазерным лучом может использоваться для разнообразных материалов - от металлов и магнитных сплавов до термопластов, стекла, керамики.

2. Наблюдается высокая точность и стабильность траектории пятна нагревания.

3. Небольшой размер сварного соединения. Именно это делает его незаметным.

4. Отсутствует нагревание околошовной области. Вследствие этого наблюдается минимальная деформация свариваемых деталей.

5. При проведении нагревании не образуются продукты сгорания, не проявляется рентгеновское излучение.

6. Высокая химическая чистота сварочного процесса. Это связано с тем, что во время сварки не используются присадки, флюсы, электроды.

7. Подходит для сваривания в труднодоступных местах, может применяться на большом удалении от зоны расположения лазера.

8. Может применяться для сварки элементов, которые находятся за прозрачными материалами.

9. Быстрая перенастройка при переходе на изготовления нового изделия.

10. Сварные швы имеют высокое качество и прочность.

Несмотря на то, что лазерная сварка является востребованным методом, который отлично подходит для ремонта кузова автомобиля, для работы с различными конструкциями, металлическими изделиями, все же стоит рассмотреть плюсы и минусы технологии. Как мы поняли достоинств у нее достаточно много, но не стоит забывать про недостатки.

Особое внимание стоит обратить на следующие негативные качества:

• оборудование лазерной сварки имеет высокую стоимость. Также комплектующие, запасные части стоит достаточно дорого. По этой причине эта технология применяется только на производствах, предприятиях. А некоторые умельца прибегают к изготовлению лазерной сварки своими руками, но это требует некоторых знаний, а также необходимо иметь схемы, чертежи, инструкции;

• лазерно-дуговая сварка обладает низким показателем КПД. Для твердотельных сплавов он составляет 1 %, а для газовых он может составлять 10 %;

• зависимость эффективности сварочного процесса от отражающей способности заготовки;

• высокие требования к квалификации обслуживающего персонала;

• особые требования к помещениям, в которых размещается лазерное оборудование. Это относится к показателям вибрации, влажности и запыленности.

# Термины и определения

В работе применены термины по ГОСТ 3.1109, ГОСТ 18322, ГОСТ 28076, ГОСТ Р 53341, ГОСТ Р ИСО 857-1, ГОСТ Р ИСО 857-2, ГОСТ Р ИСО 6520-1, ГОСТ Р ИСО 6520-2, ГОСТ Р ИСО 17659, а также следующие термины с соответствующими определениями:

2.1 **сварочные работы**: Вид технологических операций по соединению сваркой элементов металлических конструкций и заварке в них дефектов.

2.2 **наплавочные работы**: Вид технологических операций по созданию сваркой слоя металла на детали.

2.3 **резка термическая**: Технологический процесс обработки металла посредством концентрированного нагрева, создаваемого различными источниками теплоты.

2.4 **основной материал (металл)**: Материал (металл) деталей, подвергающихся соединению сваркой или наплавке слоя металла.

2.5 **сварное соединение**: неразъемное соединение, выполненное сваркой. Сварное соединение включает три характерные зоны, образующиесяво время сварки: сварной шов, зону сплавления и зону термического влияния, а также часть металла, прилегающей к зоне термического влияния.

2.6 **наплавка (сваркой)**: Создание сваркой слоя металла на детали для получения желаемых свойств и/или размеров.

2.7 **сварка металлов**: Технологический процесс соединения металла(ов) при таком нагреве и/или давлении, в результате которого получается непрерывность структуры соединяемого(ых) металла(ов). Может использоваться или не использоваться присадочный металл, температура плавления которого того же порядка, что и у основного металла(ов); результатом сварки является сварное соединение. 2 Это определение включает в себя также наплавку.

2.8 **пайка**: Процесс соединения деталей, при котором используют дополнительный расплавленный материал (припой) с температурой ликвидус ниже чем температура солидус основного(ых) материала(ов), который смачивает поверхности нагретого(ых) основного(ых) материала(ов) и заполняет узкий зазор между соединяемыми деталями.

Этот процесс в основном относится к металлам, но может также относиться к неметаллическим материалам. Химический состав припоя всегда отличается от состава соединяемых деталей. Если процесс осуществляется без капиллярного эффекта, то он часто описывается как пайкосварка.

2.9 **пайкосварка**: Некапиллярная пайка, при которой соединяемым кромкам заготовок придается форма, подобно разделке кромок при сварке плавлением.

2.10**сварочные материалы**: Все материалы, такие как присадочные материалы, газ, флюс или паста, расходуемые в процессе сварки и способствующие формированию сварного шва.

2.11 **стыковой метод:** Не требует наличия присадок, флюса. Между металлическими изделиями может присутствовать стык, но его размер должен быть не более 0,2 мм. Этот же показатель считается предельным для фокусировки лазерного луча на стык. Сварочный процесс осуществляется при помощи «кинжальной» проплавления металлических поверхностей на всю толщину, при этом наблюдается интенсивность лазерного излучения до 1 мВт/см2. В данных ситуациях шов требуется защищать от окисления, для этого подойдет аргон или азот. А вот гелий сможет предотвратить пробои лазерного излучения.

2.12**нахлесточный метод:** Во время сваривания листы накладываются друг на друга, их соединение производится мощным излучением. Во время сварки применяется локальный прижим изделий. Предельный зазор между поверхностями металлических изделий при работе должен составлять не более 0,2 мм.

2.13**дефект сварки**: Нарушение сплошности сварного шва или отклонение от установленной геометрии. Дефектами являются, например, трещины, неполное проплавление, пористость, шлаковые включения. ИСО 6520-1 содержит полные перечни дефектов сварки плавлением.

2.14**дефекты эксплуатационные**: Нарушение сплошности детали или конструкции или отклонение от установленной геометрии, возникшие в процессе эксплуатации данной детали или конструкции.

2.15**технологический процесс**: Часть производственного процесса, содержащая целенаправленные действия по изменению и(или) определению состояния предмета труда. Технологический процесс может быть отнесен к изделию, его составной части или к методам обработки, формообразования и сборки. К предметам труда относятся заготовки и изделия.

2.16**технология сварки**: Установленный порядок действия для выполнения сварного шва, включая указания на процесс(ы) сварки, основные и сварочные материалы, подготовку под сварку, предварительный нагрев (при необходимости), метод и управление сваркой, термическую обработку после сварки (при необходимости) и необходимое оборудование.

2.17**технологическая карта сварки**: Документальное изложение технологии выполнения сварного шва или наплавки, обеспечивающее повторяемость ее выполнения в производстве.

# Инструкция по охране труда при работе с установкой для лазерной сварки и наплавки МУЛ - 1

Под лазерной безопасностью понимается совокупность технических, санитарно-гигиенических и организационных мероприятий, обеспечивающих безопасные условия труда преподавателей и студентов кафедры «компьютерного дизайна» при использовании лазурной установки МУЛ – 1.Это лазерное оборудование класса IV. При этом необходимо учитывать требования ГОСТ 31581-2012 Лазерная безопасность и общие требования безопасности при разработке и изготовлении изделий, изготовленных при помощи лазерной сварки.Настоящая инструкция по охране труда предусматривает основные требования безопасности при работе с установкой лазерной сварки.

* 1. Общие требования охраны труда

1. К самостоятельной работе с установкой лазерной сварки допускаются лица не моложе 18 лет, прошедшие медицинский осмотр и не имеющие противопоказаний по состоянию здоровья, прошедшие вводный и первичный инструктажи по охране труда, обученные безопасным методам и приемам работы, а также обучение правилам пожарной безопасности и электробезопасности.
2. При работе с установкой лазерной сварки необходимо:

* знать и соблюдать правила и нормы охраны труда и производственной санитарии, правила и нормы по охране окружающей среды, правила внутреннего трудового распорядка РТУ МИРЭА;
* соблюдать правила поведения на территории РТУ МИРЭА, в лекционных, мастерских и вспомогательных помещениях;
* заботиться о личной безопасности и личном здоровье;
* выполнять требования пожаро- и взрывобезопасности, знать сигналы оповещения о пожаре, порядок действий при нем, места расположения средств пожаротушения и уметь пользоваться ими;
* знать месторасположение аптечки и уметь оказывать первую помощь пострадавшему;
* знать порядок действий в случае возникновения чрезвычайных происшествий.

1. Студент обязан выполнять только ту работу, которая поручена непосредственным руководителем работ. Не допускается поручать свою работу другим студентам и допускать на рабочее место посторонних лиц.
2. Во время работы быть внимательным, не отвлекаться на посторонние дела и разговоры и не отвлекать других студентов.
3. В процессе работы с установкой лазерной сварки возможно негативное воздействие следующих опасных и вредных производственных факторов:

* лазерное излучение (прямое, отраженное и рассеянное);
* острые кромки, заусенцы и шероховатости на поверхностях оборудования, инструмента;
* опасный уровень напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека;
* повышенная температура поверхностей оборудования и обрабатываемых изделий;
* повышенный уровень шума и вибрации;
* недостаточная освещенность рабочей зоны;
* неблагоприятный климат рабочей зоны;
* пожароопасность;
* физические и нервно-психические перегрузки.

1. При работе необходимо использовать средства индивидуальной защиты (СИЗ) – очки и маску.
2. Использовать СИЗ для других, нежели основная работа, целей запрещается.
3. Студентыдолжены знать и соблюдать правила личной гигиены. Принимать пищу, курить, отдыхать только в специально отведенных для этого помещениях и местах. Пить воду только из специально предназначенных для этого установок.
4. Запрещается употребление спиртных напитков и появление на кафедре «Компьютерного дизайна» в нетрезвом состоянии, в состоянии наркотического или токсического опьянения.
5. Студент обязан немедленно извещать своего непосредственного руководителя, а преподаватель вышестоящего руководителя о любой ситуации, угрожающей жизни и здоровью людей, о каждом несчастном случае, происшедшем на производстве, или об ухудшении своего здоровья, в том числе о появлении острого заболевания (отравления), а также обо всех замеченных неисправностях оборудования, устройств.
6. Требования настоящей инструкции по охране труда являются обязательными при работе с установкой лазерной сварки. Невыполнение этих требований рассматривается как нарушение трудовой дисциплины и влечет ответственность согласно действующему законодательству РФ.
   1. Требования охраны труда перед началом работы
7. Проверить исправность СИЗ на отсутствие внешних повреждений. Спецодежда должна быть соответствующего размера, чистой и не стеснять движений.
8. Надеть спецодежду и СИЗ, соответствующие выполняемой работе. Спецодежда должна быть застегнута, не допускаются свисающие концы. Волосы убрать под головной убор. Запрещается закалывать спецодежду булавками, иголками, держать в карманах острые и бьющиеся предметы.
9. Получить задание у непосредственного руководителя на выполнение работ, при необходимости пройти инструктаж.
10. Проверить исправность и целостность инвентаря, инструмента, приспособлений.
11. Проверить наличие аптечки для оказания первой помощи и средств пожаротушения.
12. Проверить состояние освещенности рабочего места. Отрегулировать местное освещение так, чтобы рабочая зона была достаточно освещена, и свет не слепил глаза.
13. Подготовить рабочее место для безопасной работы:

* произвести его осмотр, убрать все лишние предметы, не загромождая при этом проходы;
* проверить подходы к рабочему месту, пути эвакуации на соответствие требованиям охраны труда;
* проверить работу местной вытяжной вентиляции, воздушного душирования;
* проверить наличие и исправность ограждений и предохранительных устройств, сигнальных средств, защитных приспособлений;
* установить последовательность выполнения операций.

1. Подготовить необходимые для выполнения работ защитные средства и приспособления.
2. Рабочий инструмент, приспособления и вспомогательные материалы следует расположить в удобном для использования порядке и проверить их исправность.
3. Проверить исправность применяемого оборудования. Проверить срок технического освидетельствования применяемого оборудования. Произвести внешний осмотр и убедиться в отсутствии видимых повреждений его основных элементов.
4. Не допускается самовольное проведение работ, а также расширение рабочего места и объема задания.
5. Студент должен лично убедиться в том, что все меры, необходимые для обеспечения безопасности выполнены.
6. Обо всех обнаруженных неисправностях и неполадках сообщить своему непосредственному руководителю и приступить к работе только после их устранения.
   1. Требования охраны труда во время работы
7. Подчиняться правилам внутреннего трудового распорядка, иным документам, регламентирующим вопросы дисциплины труда.
8. Выполнять санитарно-гигиенические требования.
9. Правильно применять средства индивидуальной защиты.
10. Не допускать к своей работе необученных и посторонних лиц.
11. Во время работы следует быть внимательным, не отвлекаться от выполнения своих обязанностей и не отвлекать преподавателя и других студентов.
12. Студент, находящийся в болезненном или переутомленном состоянии, а также под воздействием алкоголя, наркотических веществ или лекарств, притупляющих внимание и реакцию, не должен приступать к работе, так как это может привести к несчастному случаю.
13. Во время работы нужно вести себя спокойно и выдержанно, избегать конфликтных ситуаций, которые могут вызвать нервно-эмоциональное напряжение и отразиться на безопасности труда.
14. Применять необходимые для безопасной работы исправное оборудование, инструмент, приспособления; использовать их только для тех работ, для которых они предназначены.
15. Содержать в порядке и чистоте рабочее место, не допускать загромождения материалами, инструментом, приспособлениями, прочими предметами.
16. Следить за работой оборудования, состоянием инструмента, приспособлений, периодически проводить их визуальный профилактический осмотр.
17. При обнаружении неисправного оборудования, приспособлений, оснастки, инструмента, других нарушений требований охраны труда, которые не могут быть устранены собственными силами, и возникновении угрозы здоровью, личной или коллективной безопасности студентдолжен сообщить об этом преподавателю, а преподаватель должен сообщить об этом руководству. Не приступать к работе до устранения выявленных нарушений.
18. Работать с неисправными оборудованием, инструментом и приспособлениями, а также средствами индивидуальной и коллективной защиты запрещается.
19. Правильно выполнять приемы работ с установкой лазерной сварки.
20. Работы выполнять в соответствии с технологическим регламентом и инструкцией по эксплуатации оборудования.
21. Установку лазерной сварки использовать только по ее назначению, в соответствии с техническими характеристиками и с учетом обеспечения требований правил техники безопасности, приведенных в инструкции по эксплуатации оборудования.
22. Правильно выполнять приемы работы при подготовке оборудования для выполнения заданных операций, установке и снятии деталей после обработки, ведении с пульта управления процесса лазерной сварки, обслуживании оборудования, а также при выполнении других видов работ.
23. Запрещается оставлять работающее оборудование без присмотра.
24. Соблюдать нормы переноски тяжестей вручную.
25. При работе с установкой лазерной сварки студенту запрещается:

* работать на неисправном оборудовании, пользоваться неисправным инструментом, приспособлениями, а также приборами и оборудованием, обращению с которыми он не обучен;
* производить самостоятельное вскрытие и ремонт оборудования, приборов, приспособлений, вносить изменения в конструкцию оборудования или их регулировку;
* производить какие-либо работы самовольно;
* производить работы без применения необходимых СИЗ;
* допускать к работе посторонних лиц;
* работать под воздействием алкоголя, наркотиков, лекарств.

1. Не использовать для сидения случайные предметы (ящики, коробки и т. п.), оборудование и приспособления.
2. Не курить и не принимать пищу на рабочем месте.
3. В случае плохого самочувствия прекратить работу, поставить в известность своего преподавателя и обратиться к врачу.
   1. **Требования охраны труда в аварийных ситуациях**
4. При возникновении любых неполадок, угрожающих аварией на рабочем месте прекратить работу, отключить оборудование от электросети; доложить руководителю; действовать в соответствии с полученными указаниями.
5. При обнаружении в процессе работы неисправностей применяемого инструмента или оборудования работу следует немедленно прекратить и сообщить об этом своему непосредственному руководителю. Продолжать работу с использованием неисправного инструмента или оборудования не разрешается.
6. При ликвидации аварийной ситуации необходимо действовать в соответствии с утвержденным планом ликвидации аварий.
7. В случае обнаружения нарушений требований охраны труда, которые создают угрозу здоровью или личной безопасности, следует обратиться к руководителю и сообщить ему об этом; до устранения угрозы следует прекратить работу и покинуть опасную зону.
8. При обнаружении на металлических частях оборудования напряжения (ощущение действия электротока) необходимо отключить оборудование от сети и доложить своему руководителю.
9. Запрещается применять воду и пенные огнетушители для тушения электропроводок и оборудования под напряжением, так как пена является хорошим проводником электрического тока. Для этих целей используются углекислотные и порошковые огнетушители.
10. При обнаружении дыма и возникновении пожара немедленно объявить пожарную тревогу, принять меры к ликвидации пожара с помощью имеющихся первичных средств пожаротушения, поставить в известность своего руководителя. При необходимости вызвать пожарную бригаду по телефону 101 или 112.
11. В условиях задымления и наличия огня в помещении передвигаться вдоль стен, согнувшись или ползком; для облегчения дыхания рот и нос прикрыть платком (тканью), смоченной водой; через пламя передвигаться, накрывшись с головой верхней одеждой или покрывалом, по возможности облиться водой, загоревшуюся одежду сорвать или погасить.
12. При несчастном случае немедленно освободить пострадавшего от действия травмирующего фактора, соблюдая собственную безопасность, оказать пострадавшему первую помощь, при необходимости вызвать бригаду скорой помощи по телефону 103 или 112. По возможности сохранить обстановку, при которой произошел несчастный случай, если это не угрожает жизни и здоровью окружающих, для проведения расследования причин возникновения несчастного случая, или зафиксировать на фото или видео. Сообщить своему руководителю и специалисту по охране труда.
13. В случае ухудшения самочувствия, появления рези в глазах, резком ухудшении видимости – невозможности сфокусировать взгляд или навести его на резкость, появлении боли в пальцах и кистях рук, усилении сердцебиения немедленно покинуть рабочее место, сообщить о произошедшем своему руководителю и обратиться в медицинское учреждение.
    1. Требования охраны труда по окончании работы
14. Выключить и осмотреть установку лазерной сварки, привести в порядок рабочее место.
15. Инструмент и приспособления сложить в специально отведенное место.
16. Снять СИЗ, осмотреть, привести в порядок и убрать в установленное место хранения, при необходимости сдать в стирку и/или ремонт.
17. Вымыть руки и лицо теплой водой с мылом. Запрещается мыть руки керосином, бензином, маслом.
18. Сообщить своему руководителю обо всех нарушениях и замечаниях, выявленных в процессе работы, и принятых мерах по их устранению.

# Методические указания по проведению практических работ

При проведении практических работ студенты получают возможность приобрести практические навыки использования малогабаритной лазерной технологической установки МУЛ-1для изготовления и ремонта художественных изделий.

* 1. Цель и задачи практической работы
  2. Цель работы: Формулирование технических требований к художественным изделиям из металлических материалов и изготовление образцов сваркой, пайкой и наплавкой на лазерном оборудовании.
  3. Задачи практической работы:

– изучить принцип работы лазерной установки;

– научиться подбирать режимы сварки, плавки и наплавки;

– изучить возможности технологических процессов сварки, пайки и наплавки для изготовления изделий на лазерной установке;

–разработать технологию соединения материалов на лазерной установке.

* 1. Устройство для лазерной сварки и наплавки МУЛ – 1 и его характеристики

Установка лазерной сварки МУЛ-1 представляет собой импульсный твердотельный лазер, работающий на длине волны 1064 нм, и предназначена для технологических операций лазерной сварки, пайки и наплавки (рисунок 1).



Рисунок 1 – Установка для лазерной сварки МУЛ – 1

В таблице 1 представлены технические характеристики установки МУЛ (расширенная модификация).

Таблица 1 – Основные технические характеристики

|  |  |
| --- | --- |
| Длина волны излучения лазера, мкм | 1,064 |
| Максимальная энергия импульса, Дж | 80 |
| Максимальная импульсная (пиковая) мощность, кВт | 10 |
| Средняя мощность излучения, макс., Вт | 100 |
| Длительность импульса излучения, мс | 0,2-20 |
| Частота повторения импульсов, Гц | 1-20 |
| Диаметр сфокусированного пучка, мм | 0,2-2,5 |
| Изменение формы импульса | + |
| Электропитание | 220 В, 50 Гц |
| Потребляемая мощность, кВт | 2,5 |
| Тип охлаждения | автономное, "вода-воздух" |
| Пульт управления | Сенсорный дисплей с энкодером, диагональ 6" |
| Внешняя синхронизация | + |
| Габариты:  - оптический модуль  - силовой модуль | 600х300х400 мм  600х350х700 мм |
| Вес, кг | 60 |

**Особенности технологического лазера:**

* Тип лазера: твердотельный, импульсно-периодический;
* Активная среда: Nd:YAG;
* Тип накачки: ламповая;
* Длина волны излучения: 1,064 мкм;
* Нестабильность энергии: +/- 2,5%;
* Предусмотрена возможность изменения формы импульса;

**Система фокусировки лазерного излучения и визуального наблюдения:**

* микроскоп, тип — бинокулярный;
* увеличение, крат — 10;
* диаметр поля зрения, мм — 8;
* система защиты глаз оператора с подавлением излучения 107;
* диаметр сфокусированного пучка, мм — 0,2-2,5;
* Фокусирующий объектив, фокусное расстояние, мм — 100 мм;
* Регулировка диаметра пятна: ручная (лимб);

**Технические характеристики системы электропитания и охлаждения:**

* Охлаждение стандартное — двухконтурное, автономное, вода/воздух;
* Электропитание — 220 В/50 Гц/16 А;
* Потребляемая мощность, кВт —2,5;

**Органы управления установкой:**

* Выносной пульт управления с сенсорным экраном, энкодером и функциональными кнопками;
* Пульт позволяет управлять напряжением, частотой и длительностью импульсов, задавать форму импульса, управлять системными параметрами установки;
* Расширенный графический редактор формы импульса и расширенное сервисное меню;
* В пульте предусмотрена возможность сохранения пользовательских настроек управления лазером;
* Дисплей пульта визуализирует основную информацию о работе установки;
* Кнопка аварийного отключения лазера;
* Ключ включения/выключения питания установки;
* Педаль запуска лазера (позволяет запускать лазер в режимах одиночного импульса и серии импульсов);
* Предусмотрена возможность синхронизации установки с внешними устройствами;

**Вспомогательные системы, устройства и принадлежности, включенные в стандартную комплектацию:**

* Ручная система механизации лазерного излучателя (подъемник излучателя по оси "Z" с ходом 270 мм, перемещение излучателя по оси "Y" с ходом 170 мм, перемещение подъемника с излучателем относительно плоскости основания по оси "X" - 180 мм и по оси "Y" - 440 мм);
* Система подачи защитного газа в зону сварки с суставчатым шлангом-выводом;
* Боковая точечная диодная подсветка зоны сварки;
* Стандартный подвесной предметный стол с Т-образными пазами на основании с возможностью ручного перемещения по оси "Z"с ходом 500 мм ;
* Стандартное основание оптического модуля с Т-образными пазами;

**Особенности корпуса установки МУЛ-1:**

Раздельная компоновка корпуса: оптический и силовой модули;

Стандартный корпус:

- Оптический модуль, мм — 600х300х400;

- Силовой модуль, мм — 600х350х700;

- Корпус оснащен съемными колесами с механизмом блокировки;

* 1. Порядок выполнения работы

В методическом указании приведены основные теоретические положения, содержание практических работ, описание установки.Практические работы содержат элементы научных исследований. После выполнения заданий, студенты должны разработать технологию соединения различных металлических элементов используя технологические операции лазерной сварки, пайки и наплавки и вписывают её в отчет. При составлении отчета о проделанной практической работе у студентов воспитывается умение критически анализировать результаты измерений, т.е. качество, необходимое будущему инженеру или научному работнику.

1. При подготовке к практическим работам студенты должны повторить раздел лекционного курса, по материалу которого производится данная практическая работа. Студенты должны внимательно изучить принцип работы лазерной сварки МУЛ – 1 и знать основные режимы, так же им необходимо внимательно изучить описание практической работы и четко представлять последовательность выполняемых операций, особенности методики и техники экспериментальных исследований.
2. Перед началом практических работ в вводной беседе, преподавательзнакомит студентов с задачами практической работы, последовательностью выполнения её, требованиями, предъявляемыми к отчёту, правилами внутреннего распорядка лаборатории. В ряде случаев преподаватель повторяет некоторые теоретические сведения, непосредственно относящиеся к той или иной работе, либо организует показ тех или иных операций.
3. В процессе выполнения практической работы студентам рекомендуется сразу же составить таблицы результатов расчетов и измерений, а также зарисовывать и фотографировать полученные сварные швы и заносить их в таблицу.По результатам, полученным в процессе выполнения практической работы необходимо составить отчёт.После окончания практической работы студенты представляют свои готовые образцы, оформляют отчет и защищают его у преподавателя.
4. На защите студент обязан показать чёткие знания по содержанию работы, иметь качественные образцы, уметь теоретически объяснить результаты и дать сравнительную оценку качества проведенной работы.
   1. Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с данными методическими указаниями.

2. Пройти инструктаж по технике безопасности.

3. Получить и обсудить своё задание с преподавателем.

4. Ознакомиться с оборудованием.

5. Получить образцы материалов.

Для практических работ студент получает образцы из листовой стали, латуни или меди. Толщина образцов от 0,5 мм до 1,5 мм. Для сварки используют стыковой и нахлёсточный методы. Образцы необходимо соединить между собой получив хорошее соединение. Неотъемлемой частью монтажа является контроль спаянных соединений. Поэтому в конце работы нужно провести оптический контроль образцов. Наиболее эффективным контролем полученных образцов является проверка по признакам внешнего вида.

Таблица 2 – Эксперимент для образцатолщиной от 0,5 до 1,5, мм

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Образец | Диаметр сфокусированного луча, мм | Длительность импульса, мс | Мощность излучения, Вт | Частота повторения импульсов, Гц |
|  | 0,2-2,5 | 0,4-20 | 5-100 | 0,2-20 |
|  |  |  |  |  |
| Стыковой метод |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
| Нахлёсточный метод |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |

6. Выполнить работы на лазерном станке.

7. Делать записи и фотографии экспериментов.

8. Оформить отчет.

При написании отчёта о проделанной работе студенты должны критически анализировать результаты своей работы. Хороший отчёт должен содержать основные положения, при этом быть краток и аккуратно оформлен. При составлении отчёта следует сделать качественный анализ полученных зависимостей и сопоставлении данных расчёта и эксперимента.

* 1. Меры безопасности

К выполнению практических работ допускаются студенты,изучившие методическое указание и прошедшие инструктаж по технике безопасности. При работе на лазерных станках необходимо соблюдатьмеры безопасности согласно инструкции.

* 1. Содержание отчета

В ходе выполнения практических занятий студенты составляют отчет о выполненных работах. При этом в отчете указываются все аудиторные и домашние задания.

1. Оглавление
2. Цель практической работы. Постановка задачи для эксперимента.
3. Подробно описать работу выполненную на установке МУЛ-1, порядок проведения экспериментов, результаты экспериментов свести дополненные фотографиями и зарисовками.
4. Описание дефектов.
5. Выводы.
   1. Оценочные материалы для проведения текущего контроля после проведения практических работ

***Перечень вопросов:***

* 1. Перечислите основные технические требования к художественным изделиям.
  2. Какие технологические операции можно производить налазерной технологической установке МУЛ-1?
  3. Каково технологическое назначение лазерных станков?
  4. Какие материалы можно соединять на данной установке?
  5. Расскажите общее устройство лазерной технологической установки МУЛ-1.
  6. Какие активные среды используют в твёрдотельных лазерах?
  7. Что такое сварка?
  8. Какие режимы можно использовать для сварки?
  9. Что такое технологические процесс?
  10. Как качество и состояние соединяемых поверхностей влияет на качество сварного соединения?
  11. Что такое наплавка?
  12. Какие режимы станка можно использовать для наплавки?
  13. Что такое сварное соединение?
  14. Что такое термическая резка?
  15. Что такое основной материал?
  16. Что такое пайка?
  17. Какие дефекты сварки были получены при изготовлении образцов?
  18. Какие эксплуатационные дефекты Вы знаете?

# Приложение 1

**ЛИСТ ОЗНАКОМЛЕНИЯ**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| с инструкцией по охране труда | | *при работе с установкой лазерной сварки* | | | |
|  | |  | | | |
| Инструкцию изучил и обязуюсь выполнять: | | | | | |
| № п/п | Ф.И.О. | | Шифр группы | Дата | Подпись | |
|  |  | |  |  |  | |
|  |  | |  |  |  | |
|  |  | |  |  |  | |
|  |  | |  |  |  | |
|  |  | |  |  |  | |
|  |  | |  |  |  | |
|  |  | |  |  |  | |
|  |  | |  |  |  | |
|  |  | |  |  |  | |
|  |  | |  |  |  | |
|  |  | |  |  |  | |
|  |  | |  |  |  | |
|  |  | |  |  |  | |
|  |  | |  |  |  | |
|  |  | |  |  |  | |
|  |  | |  |  |  | |
|  |  | |  |  |  | |
|  |  | |  |  |  | |
|  |  | |  |  |  | |
|  |  | |  |  |  | |
|  |  | |  |  |  | |
|  |  | |  |  |  | |
|  |  | |  |  |  | |
|  |  | |  |  |  | |
|  |  | |  |  |  | |
|  |  | |  |  |  | |
|  |  | |  |  |  | |
|  |  | |  |  |  | |
|  |  | |  |  |  | |
|  |  | |  |  |  | |
|  |  | |  |  |  | |
|  |  | |  |  |  | |
|  |  | |  |  |  | |