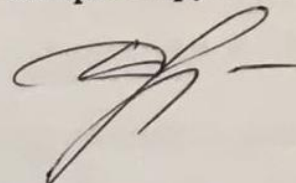


Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»

На правах рукописи



Улановская Анастасия Игоревна

ИССЛЕДОВАНИЕ ФАКТОРОВ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ КАЧЕСТВО
СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ, ВЫПОЛНЕННЫХ С ПРИМЕНЕНИЕМ
ПРОВОЛОКИ СПЛОШНОГО СЕЧЕНИЯ

Направление подготовки
15.04.01 «Машиностроение»

АВТОРЕФЕРАТ
МАГИСТЕРСКОЙ ДИССЕРТАЦИИ

Коротченко
Лариса Никитовна

Проверено

27.06.2022 Зачтено Библиотека

2022

Работа выполнена в ФГБОУ ВО «Комсомольском-на-Амуре государственном университете».

Научный руководитель:

кандидат технических наук, доцент
кафедры «Технология сварочного и
металлургического производства»
ФГБОУ ВО «Комсомольского-на-
Амуре государственного универси-
тета»,
Клешнина Оксана Николаевна

Консультант

старший преподаватель кафедры
«Технология сварочного и металлур-
гического производства» ФГБОУ ВО
«Комсомольского-на-Амуре госу-
дарственного университета», руко-
водитель СКБ ФМХТ,
Плетнёв Никита Олегович

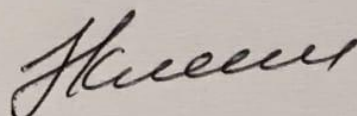
Рецензент

кандидат технических наук, доцент,
ведущий научный сотрудник
ИМиМ ДВО РАН,
г. Комсомольск-на-Амуре,
Жилин Сергей Геннадьевич

Защита состоится «23» июня 2022 г. в 10:30 часов на заседании государ-
ственной аттестационной комиссии по направлению подготовки 15.04.01
«Машиностроение» в Комсомольском-на-Амуре государственном университете
по адресу: Россия, 681013, Хабаровский край, г. Комсомольск-на-Амуре, проспект
Ленина, 27, учебный корпус 2, аудитория 221.

Автореферат разослан 20 июня 2022 г.

Секретарь ГЭК
к.т.н., доцент



О.Н. Клешнина

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы в современном производстве повышение качества сварных соединений и уменьшения дефектов являются важной задачей для развития и конкурентоспособности. Поэтому создание новых материалов в области сварочного производства является актуальной задачей современной науки.

Цель работы провести исследование факторов, определяющих качество сварных соединений, выполненных с применением проволоки сплошного сечения; выявить оптимальный, для производства, способ подготовки сварочной проволоки к бездефектной наплавке.

Задачи исследования в соответствии с поставленной целью решались следующие задачи:

1. Провести анализ литературных источников по теме диссертации;
2. Опытным путём выявить оптимальный способ подготовки присадочного материала для улучшения качества поверхностного слоя;
3. Провести металлографию поверхностного слоя опытных образцов, определить влияние предложенного метода обработке.

Достоверность экспериментальных результатов и обоснованность выводов обеспечиваются корректностью постановки задач исследования, комплексным подходом к их решению с использованием современных методов и методик, анализом литературных данных и критическим сопоставлением установленных в работе закономерностей фактам, полученным другими исследователями.

Научная новизна работы заключается в применении современных методов исследований; изучении влияния воздействия лазерного луча на поверхность проволоки сплошного сечения как метода подготовки присадочного материала к бездефектной наплавке.

Личный вклад автора состоит в постановке задачи исследования, в проведении экспериментальных исследований с последующим анализом и обработкой полученных данных.

Практическая ценность обусловлена возможностью подготовки поверхностного слоя лазерным лучом с высокой производительностью, позволяющей обеспечить качественное сварочное соединение.

Апробация работы основные положения и результаты диссертационной работы доложены на ежегодных научно – технических конференциях аспирантов и студентов ФГБОУ ВО «КнАГУ» (2021-2022) гг.

Публикации по магистерской диссертации опубликовано 3 печатных работ.

Структура и объем работы диссертация состоит из введения, четырех глав, общих выводов, списка литературы и приложений. Материалы работы изложены на 95 страницах машинописного текста, содержат 19 таблиц и иллюстрированы 81 рисунками. Список литературы содержит 41 наименование.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность выбранной темы исследования, показана степень ее разработанности, определены цель и задачи исследований, сформулирована научная новизна работы, показана практическая значимость, представлена структура работы.

В первой главе, являющейся обзорной, проведён анализ литературных источников по теме диссертации, исходя из которых сделаны выводы о несовершенстве изученных методов подготовки сварочной проволоки сплошного сечения, а так же о несовершенстве методов входного контроля поставляемой проволоки.

Во второй главе описаны применяемое оборудование, методы и методики экспериментальных исследований (приведена разработка методики экспериментального исследования с применением оборудования сварки и металлографии). Для сравнительного анализа были взяты образцы сварочной проволоки сплошного сечения прошедшие один из методов обработки поверхности как процессу подготовки присадочного материала к бездефектной наплавке:

- зачищены шлифовальной шкуркой для машинной и ручной обработки металлов, сплавов 1000x100П7 64С5НМ531 ГОСТ 6456-75;


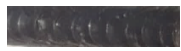
- пескоструйной обработке, которая проводилась электрокорундом 14А зернистостью 16Н по ГОСТ 28818-90;

- процедуре химического травления в щелочном растворе согласно производственной инструкции. Операция травления велась с выдержкой в ванне 120с.;

- очистке лазерным лучом, при помощи лазерной технологической установки BULAT LRS-300. Для оптимальной обработки поверхностного слоя сварочной проволоки экспериментально были подобраны режимы (таблица).

Подготовка всех образцов шла параллельно, одновременно уже обработанные образцы были помещены в агрессивную среду с повышенной влажностью, с целью определения какой из видов обработки поверхности проволоки будет наиболее коррозионностойким.

Таблица 19 – Режимы обработки сварочной проволоки сплошного сечения лазерным лучом

	Фокусное расстояние, мм	Рабочее напряжение, В	Длительность импульса, мс	Частота импульса, Гц	Внешний вид обработанного образца
Без проплавления поверхности	62/96	225	15	10	
С проплавлением поверхности	42/76	450	16	3	

Третья глава посвящена анализу проведённых исследований.

Первым этапом проведён сравнительный анализ с целью определения какой из методов предварительной обработки поверхности сварочной проволоки сплошного сечения как подготовки присадочного материала к бездефектной наплавке будет наиболее коррозионностойким.

На рисунке 1 видно, что все исследуемые образцы показали себя отлично, спустя 72 часа ни на одном из образцов не наблюдается коррозионных образований.

Рисунок 2 показывает, что спустя 144 часа коррозионные образования появляются только на двух парах образцов: образцы б (прошедшие процедуру травления) и в (после пескоструйной обработки). Образцы а (обработанные шлифовальной шкуркой) и г (отчищенные лазером) показали отличный результат – ни одного коррозионного очага.

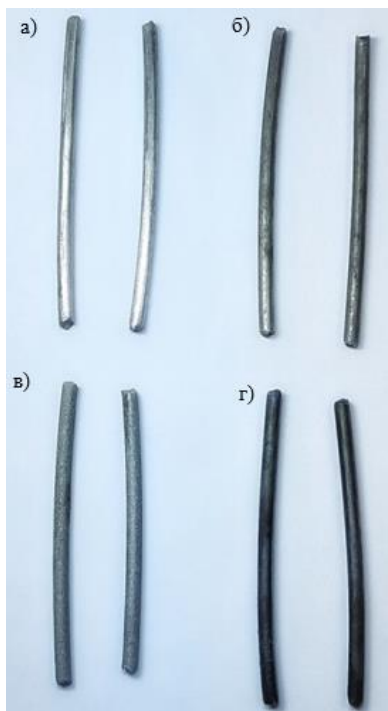


Рисунок 1 – Образование ржавчины на образцах спустя 72 часа после погружения в агрессивную среду:
 а – обработанные шлифовальной шкуркой; б – прошедшие процедуру химического травления; в – после пескоструйной обработки; г – отчищенные лазерным лучом

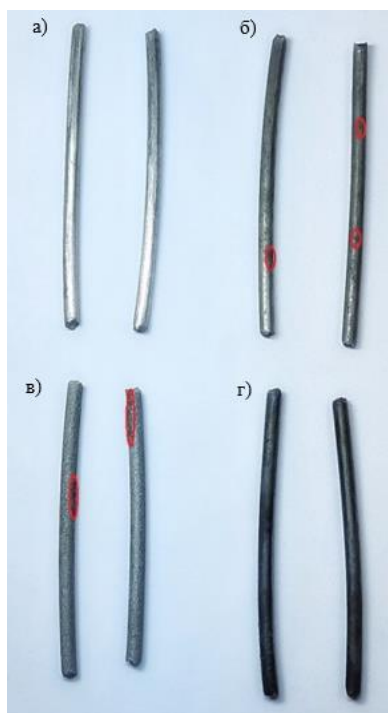


Рисунок 2 – Образование ржавчины на образцах спустя 144 часа после погружения в агрессивную среду:
 а – обработанные шлифовальной шкуркой; б – прошедшие процедуру химического травления; в – после пескоструйной обработки; г – отчищенные лазерным лучом

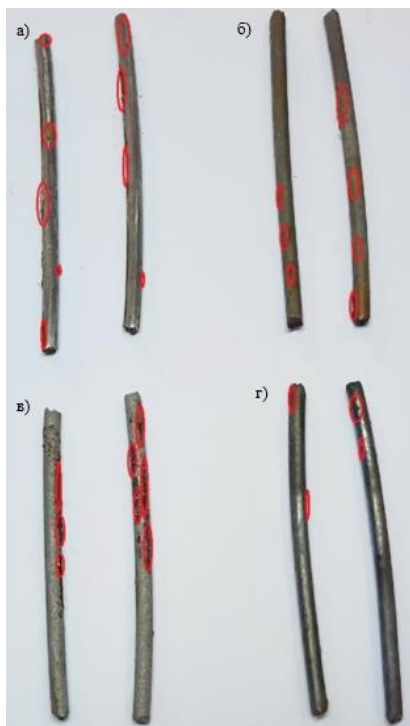


Рисунок 3 – Образование ржавчины на образцах спустя 216 часа после погружения в агрессивную среду: а – обработанные шлифовальной шкуркой; б – прошедшие процедуру химического травления; в – после пескоструйной обработки; г – отчищенные лазерным лучом

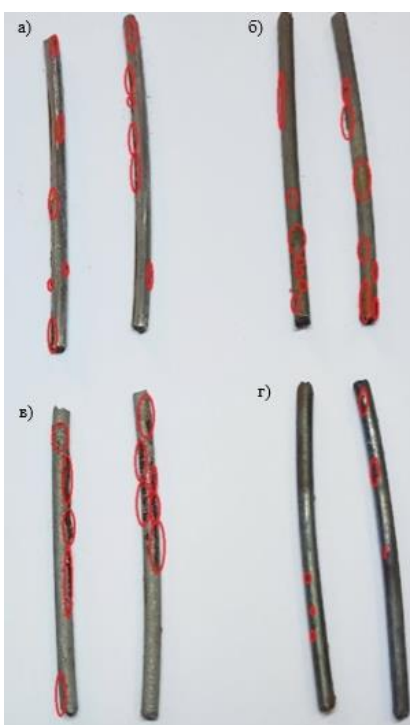


Рисунок 4 – Образование ржавчины на образцах спустя 288 часа после погружения в агрессивную среду: а – обработанные шлифовальной шкуркой; б – прошедшие процедуру химического травления; в – после пескоструйной обработки; г – отчищенные лазерным лучом

На рисунке 3 видно, что спустя 216 часов все образцы имеют очаги коррозионных образований, наибольшее повреждение поверхности наблюдается у образцов б (прошедшие процедуру травления) и в (после пескоструйной обработки), минимальное повреждение поверхности можно увидеть у образца г (отчищенные лазерным лучом).

Рисунок 4 показывает, что спустя 288 часов все образцы в состоянии не пригодном для наплавки. У образцов а (обработанные шлифовальной шкуркой), б (прошедшие процедуру травления), в (после пескоструйной обработки) большая часть поверхности покрыта коррозионными образованиями. Образец г (отчищенные лазером) хоть и в гораздо меньшей степени, но также покрыты очагами коррозии.

По результатам исследования, можно сделать вывод о том, что все виды предварительной подготовки присадочного материала к бездефектной наплавке не совершенны, однако чётко видна их иерархия (от максимально к минимально эффективному):

- 1 – отчистка лазерным лучом;
- 2 – обработка шлифовальной шкуркой;
- 3 – процедура химического травления;
- 4 – пескоструйная обработка.

На основании результатов полученных в исследовании № 1, было проведено углубленное изучение коррозионной стойкости образцов подверженных обработке лазерным лучом, с разной степенью воздействия на поверхностный слой проволоки.



Рисунок 5 – Образование ржавчины на образцах спустя 144 часа после погружения в агрессивную среду:
а – обработанные лазерным лучом без проплавления поверхности;
б – обработанные лазерным лучом с проплавлением поверхности



Рисунок 6 – Образование ржавчины на образцах спустя 216 часов после погружения в агрессивную среду:
а – обработанные лазерным лучом без проплавления поверхности;
б – обработанные лазерным лучом с проплавлением поверхности



Рисунок 7 – Образование ржавчины на образцах спустя 288 часов после погружения в агрессивную среду:
 а – обработанные лазерным лучом без проплавления поверхности;
 б – обработанные лазерным лучом с проплавлением поверхности



Рисунок 8 – Образование ржавчины на образцах спустя 360 часов после погружения в агрессивную среду:
 а – обработанные лазерным лучом без проплавления поверхности;
 б – обработанные лазерным лучом с проплавлением поверхности

На рисунке 5 видно, что спустя 144 часа коррозионные образования появились лишь на участках не подверженных обработке лазерным лучом. В зоне начала обработки очагов коррозии не наблюдается.

Рисунок 6 показывает, что спустя 216 часов коррозионные образования на участках, не обработанных лазерным лучом, увеличиваются в размерах, а также у образца а (обработанные лазерным лучом без проплавления поверхности) в зоне начала обработки появляются очаги коррозии.

На рисунке 7 видно, что спустя 288 часов зона не подверженная обработки лазерным лучом практически полностью покрыта коррозией. На образце а (обработанные лазерным лучом без проплавления поверхности) в зоне обработки видны очаги коррозии, а зона начала обработки полностью покрыта коррозией.

Рисунок 8 показывает, что спустя 360 часов зона не подверженная обработки ла-

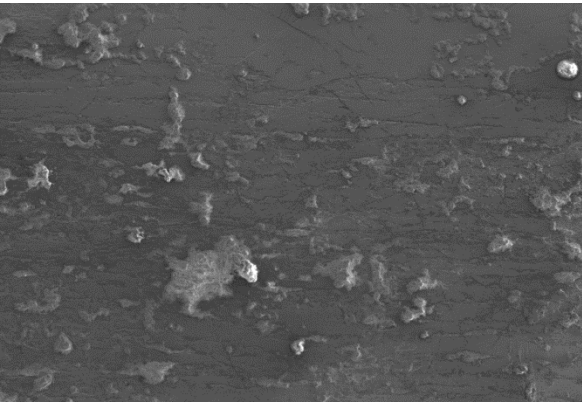

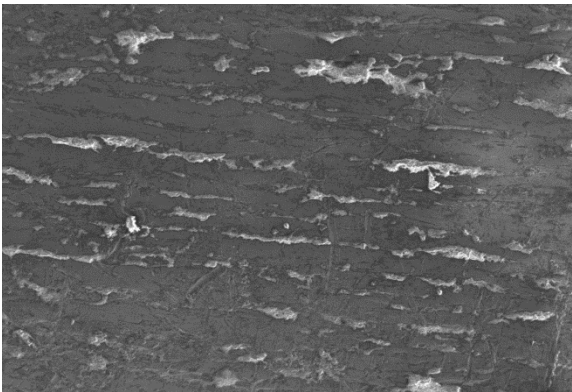
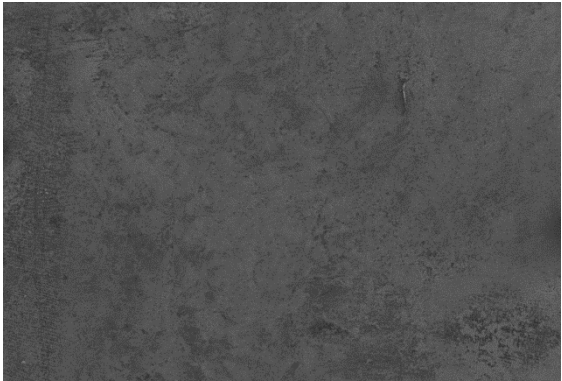
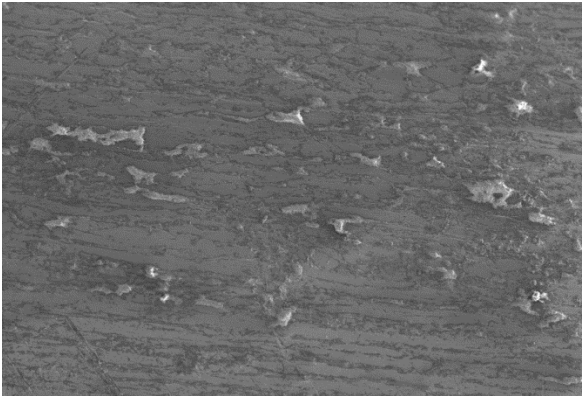

зерным лучом у всех образцов полностью покрыта коррозией-ей. Очаги коррозии на образце а (обработанные лазерным лучом без про-плавления поверхности) увеличились в размере, а так же наблюдаются но-вые. Образец б (обработанные лазерным лучом с проплавления поверхности) в зоне обработки лазерным лучом не имеет коррозионных образований.

По результатам исследования, можно сделать вывод о том, что наиболее эффективным методом обработки сварочной проволоки сплошного сечения лазерным лучом, как методом предварительной обработки присадочного материала, является обработка поверхностного слоя проволоки с проплавлением. Этот метод продлевает срок хранения сварочной проволоки сплошного сечения даже в агрессивной среде.

В четвертой главе представлены результаты экспериментальных исследований структуры поверхностного слоя сварочной проволоки сплошного сечения. Нами были изучены образцы сварочной проволоки в исходном состоянии, а затем эти же образцы были исследованы после обработки лазерным лучом. На снимках исследуемой структуры (таблице) видно, что, все исходные образцы имеют шероховатую структуру, подверженные деформации – видны линии обработки давлением (поскольку производство проволоки сплошного сечения подразумевает процесс волочения). Различные поверхностные выступающие части это сколы (вызванные опять же процессом волочения), загрязнения, окисные образования. Образцы после обработки поверхностного слоя лазерным лучом без проплавления поверхностного слоя схожи, в сравнении с исходными образцами поверхность более равномерная, заметен выход окислов, однако частички загрязнений на поверхности присутствуют. Образцы, прошедшие обработку с проплавлением поверхностного слоя, имеют более однородную структуру. При воздействии лазерного луча происходит оплавление металла, до жидкого состояния, а за тем происходит кристаллизация. Поскольку скорость кристаллизации слишком велика, образуются маленькие дендритные кристаллики. Обработка поверхности сварочной проволоки сплошного сечения лазерным лучом с проплавлением поверхностного слоя ведёт к уменьшению размера зёрен металла (что в свою очередь замедляет развитие коррозии).

Таблица 2 – Структура поверхностного слоя исследуемых образцов × 200

Образцы в исходном состоянии	Образцы после обработки лазерным лучом
	 <p data-bbox="895 1888 1433 1921"><i>Без проплавления поверхностного слоя</i></p>

1	2
	 <p data-bbox="898 629 1434 658"><i>Без проплавления поверхностного слоя</i></p>
	 <p data-bbox="898 1061 1434 1090"><i>С проплавлением поверхностного слоя</i></p>
	 <p data-bbox="879 1494 1457 1523"><i>С проплавлением поверхностного слоя</i></p>

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

1. Анализ литературы показал, что сварка по-прежнему остается эффективным и технологически выгодным процессом создания металлоконструкций, поэтому повышение качества неразъемных соединений является актуальной задачей современного сварочного производства. А вот последнее зависит от многих факторов, немаловажным из которых является сварочная проволока, использование которой для большинства способов сварки плавлением обязательно, особенно при сваривании деталей больших толщин, ведь её состояние определяет качество сварных соединений, поскольку необходимо заполнять разделку кромок. Требования нормативной документации определяющей качество сварочной проволоки до сих пор говорят о том, что про-

волока может быть признана пригодной ВИК и даже просто визуально без применения увеличительного оборудования, ГОСТы, разработанные во второй половине прошлого века, не соответствуют современному уровню оборудования и методов для контроля качества, а значит должны быть пересмотрены. Вероятно, для оценки качества поверхности сварочной проволоки следует применять сканирующий электронный микроскоп на основании классификации поверхностных дефектов, обнаруженных при рентгенографических испытаниях.

В настоящее время прессование проволоочной заготовки из цветных металлов и сплавов находит наибольшее распространение. Волочение проволоки – это процесс обработки металлов, который производится на различных типах волочильных машин. В связи с особенностями процесса волочения, на рабочей поверхности волоки образуются налипания и наваривания частиц металла в связи, с чем на поверхности проволоки возникают различные риски и надирь, в которых скапливается смазка. Деформация оказывает влияние на механические, физические и химические свойства металла, (например: возрастает твердость, растворимость металла в кислотах, снижается теплопроводность, магнитная проницаемость, сопротивление коррозии).

2. В процессе исследования выявлено, что все виды предварительной подготовки присадочного материала для качественной сварки не совершенны, однако чётко видна их эффективность (от максимально к минимально эффективному): отчистка лазерным лучом; обработка шлифовальной шкуркой; процедура химического травления; пескоструйная обработка.

3. В результате исследований микроструктуры установлено, что все образцы в исходном состоянии имеют шероховатую структуру, подверженную дефектам. Структура образцов, прошедших обработку без проплавления поверхностного слоя лазерным лучом в сравнении с исходными образцами, имеют более равномерную поверхность, заметен выход окислов, однако частички загрязнений на поверхности присутствуют. Образцы, прошедшие обработку лазерным лучом с проплавлением поверхностного слоя имеют более однородную структуру, нежели образцы после обработки без проплавления поверхностного слоя сварочной проволоки сплошного сечения. Обработка поверхности сварочной проволоки сплошного сечения лазерным лучом с проплавлением поверхностного слоя ведёт к уменьшению размера зёрен металла (что в свою очередь замедляет развитие коррозии).

4. Исходя из проведенных исследований, можно сделать вывод, о том, что наиболее эффективным методом обработки сварочной проволоки сплошного сечения лазерным лучом, как методом предварительной обработки присадочного материала, является обработка поверхностного слоя проволоки с проплавлением. Этот метод продлевает срок хранения сварочной проволоки сплошного сечения даже в агрессивной среде за счёт изменения структуры и размеров зёрен металла.

Список работ опубликованных по теме диссертации

1. Улановской А. И., Бахматов П. В. Влияние, допустимых по нормативной документации, дефектов сварочной проволоки сплошного сечения на качество сварных соединений.// Молодёжь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований: материалы III Всерос. нац. науч. конф. Студентов, аспирантов и молодых ученых, Комсомольск-на-Амуре, 2020: в 3 ч./ редкол. : Э. А. Дмитриев (отв.ред.) [и др.]. – Комсомольск-на-Амуре : ФГБОУ ВО «КнАГУ», 2020. – Ч. 1. С. 151–152
2. Улановской А. И., Бахматов П. В. Дефекты, возникающие при производстве проволоки сплошного сечения, оказывающие влияние на качество сварных соединений // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований: материалы III Всерос. нац. науч. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, Комсомольск-на-Амуре, 2020 г. : в 3 ч. / редкол. : Э. А. Дмитриев (отв. ред.) [и др.]. – Комсомольск-на-Амуре : ФГБОУ ВО «КнАГУ», 2020. – Ч. 1. С 153–154
3. Улановская А. И., Клешина О.Н, Процессы производства, метод подготовки сварочной проволоки и их влияние на качество шва // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований : материалы V Всерос. нац. науч. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, Комсомольск-на-Амуре, 11-15 апреля 2022 г. : в 4 ч. / редкол. : Э. А. Дмитриев (отв. ред.) [и др.]. – Комсомольск-на-Амуре : ФГБОУ ВО «КнАГУ», 2022. – Ч. 1. С 5