

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

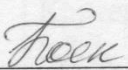
Институт физики и высоких технологий
Направление 12.04.02 Опотехника
Кафедра лазерной и световой техники

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ


**Влияние локальных очагов лазерной термообработки на прочностные
характеристики стали**

УДК 621.373.826:621.78:669.14

Студент

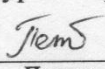
4ВМ5Б	Боёк Светлана Александровна		08.06.2017
Группа	ФИО	Подпись	Дата

Руководитель

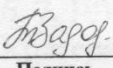
Доцент	Зыков Илья Юрьевич	К. Ф.-М. Н.		08.06.2017
Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата

КОНСУЛЬТАНТЫ:


По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Доцент	Петухов Олег Николаевич	К.Э.Н.		18.05.2017
Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата


По разделу «Социальная ответственность»

Ассистент	Задорожная Татьяна Анатольевна		01.06.2017	
Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата

По научно-техническим вопросам

Доцент	Мельников Александр Григорьевич	К. Т. Н.		08.06.2017
Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	Полисадова Елена Федоровна	К.Т.Н.		
Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата

Томск – 2017 г.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС-3, критериев и/или заинтересованных сторон
<i>Профессиональные компетенции</i>		
P1	Способность формулировать цели, задачи и составлять план научного исследования в области светотехники и фотонных технологий и материалов, способность строить физические и математические модели объектов исследования и выбирать алгоритм решения задачи	Требования ФГОС-3 (ОК-1, ОПК- 1, ПК-1, 2, 10) Критерий 5 АИОР (пп. 5.2.1-5.2.3), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI. Требования работодателей.
P2	Способность разрабатывать программы экспериментальных исследований, применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы, защищать приоритет и новизну полученных результатов исследований в области обработки, изучения и анализа фотонных материалов, корпускулярно-фотонных технологий, оптоволоконной техники и технологии, в области оптических и световых измерений, люминесцентной и абсорбционной спектроскопии, лазерной техники, лазерных технологий и оборудования, взаимодействия излучения с веществом, производства и применения светодиодов	Требования ФГОС-3 (ОПК-2, ПК- 3, 4, 5, 19) Критерий 5 АИОР (пп. 5.2.3, 5.2.6), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI Требования работодателей.
P3	Способность к исследованию и анализу состояния научно-технической проблемы, технического задания, к постановке цели и задач проектирования в области светотехники, оплотехники, фотонных технологий и материалов на основе подбора и изучения литературных и патентных источников. Способностью к разработке структурных и функциональных схем оптических, оптико-электронных, светотехнических приборов, лазерных систем и комплексов с определением их физических принципов работы, структуры и технических требований на отдельные блоки и элементы	Требования ФГОС-3 (ПК-6, 7, 10) Критерий 5 АИОР (пп. 5.2.5, 5.2.4, 5.2.8), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI Требования работодателей.

P4	Способность к конструированию и проектированию отдельных узлов и блоков для осветительной, облучательной, оптико-электронной, лазерных техники, оптоволоконных, оптических, оптико-электронных, лазерных систем и комплексов различного назначения, осветительных и облучательных установок для жилых помещений, сельского хозяйства, промышленности	Требования ФГОС-3 (ПК-8, 9, 10, 11) Критерий 5 АИОР (пп. 5.2.5, 5.2.4, 5.2.10), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI Требования работодателей.
P5	Способность к разработке и внедрению технологических процессов и режимов сборки оптических и светотехнических изделий, к разработке методов контроля качества изготовления деталей и узлов, составлению программ испытаний современных светотехнических и оптических приборов и устройств, фотонных материалов.	Требования ФГОС-3 (ПК-9, 12, 13, 14, 15, 16, 17, ПК-9) Критерий 5 АИОР (пп 5.2.2, 5.2.8), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI Требования работодателей.
P6	Способность эксплуатировать и обслуживать современные светотехнические и оптические приборы и устройства, соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда на производстве, выполнять требования по защите окружающей среды	Требования ФГОС-3 (ОПК-2, ПК-3, 11, 15, 16, 21) Критерий 5 АИОР (пп 5.2.10, 5.2.16, 5.2.14), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI Требования работодателей.
P7	Способность проявлять творческий, нестандартный подход, требующий абстрактного мышления, при решении конкретных научных, технологических и проектно-конструкторских задач в области фотонных технологий и материалов и светотехники, нести ответственность за принятые решения	Требования ФГОС-3 (ОК-1, 2, ОПК-1, 2, ПК-9) Критерий 5 АИОР (п. 5.2.7, 5.2.9), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI Требования работодателей.
P8	Способность к саморазвитию, самореализации, использованию творческого потенциала	Требования ФГОС-3 (ОК-3). Критерий 5 АИОР (п. 5.2.16), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI Требования работодателей.
P9	Способность к инновационной инженерной деятельности, менеджменту	Требования ФГОС-3 (ОПК-1, ПК-20, 22, 23), Критерий

	в области организации освоения новых видов перспективной и конкурентоспособной оптической, оптико-электронной и световой, лазерной техники с учетом социально-экономических последствий технических решений	5 АИОР (пп. 5.2.12, 5.2.14, 5.2.15), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI Требования работодателей
P10	Способностью к координации и организации работы научно-производственного коллектива, принятию исполнительских решений для комплексного решения исследовательских, проектных, производственно-технологических, инновационных задач в области светотехники и фотонных технологий и материалов	Требования ФГОС-3 (ПК-18, 24), Критерий 5 АИОР (пп 5.2.11, 5.2.15), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI Требования работодателей.
P11	Владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в интернациональной среде с пониманием культурных, языковых и социально – экономических различий, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты инновационной инженерной деятельности	Требования ФГОС-3 (ОПК-3) Критерий 5 АИОР (5.2.13), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI Требования работодателей.

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт физики высоких технологий
Направление подготовки 12.04.02 «Оптотехника»
Кафедра лазерной и световой техники

УТВЕРЖДАЮ:
Зав. кафедрой ЛИСТ

_____ А. Н. Яковлев
(Подпись, дата) (ФИО)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Магистерской диссертации
(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
4ВМ51	Боёк Светлане Александровне

Тема работы:

Исследование структуры и металлографический анализ очагов лазерной термообработки сталей. Изучение совокупного влияния очагов на механические свойства сталей.	
утверждена приказом директора (дата, номер)	03.12.2015 №94891/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	07.06.17
--	----------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Объект исследования: сталь марки У12
---------------------------------	--------------------------------------

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	<ol style="list-style-type: none"> 1. Структура и характеристики очагов воздействия, включая металлографический анализ. 2. Результаты совместного влияния очагов на механические свойства сталей.
Перечень графического материала	Диаграмма нагружения; внешний вид образцов

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Петухов О. Н., доцент каф. МЕН
Социальная ответственность	Задорожная Т. А., ассистент каф. ЭБЖ
Раздел ВКР на иностранном языке	Устюжанина А. К., доцент каф. ИЯФТ
Научно-технические вопросы	Мельников А. Г., доцент каф. МТМ

Названия разделов, которые должны быть выполнены русском и иностранном языках:

Litrerature review; Experements

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	26.09.15
---	----------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Зыков Илья Юрьевич	к. ф.-м. н.		26.09.15

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4ВМ51	Боёк Светлана Александровна		26.09.15

Реферат

Выпускная квалификационная работа 102 страницы, 21 рисунок. 27 таблиц, 25 источников, одно приложение.

Ключевые слова: лазерная обработка, диаграмма нагружения, площадка текучести, полосы Чернова-Людерса.

Объект исследования – структура и свойства стали марки У12 после лазерного воздействия с разными параметрами энергии импульса и диаметром пятна.

Целью магистерской диссертации является исследование влияния локальных очагов лазерной термообработки на прочностные характеристики стали.

В процессе работы проводились: литературный обзор, постановка задач, подбор оборудования и методик исследования, проведение экспериментов на растяжение стальных образцов, исследование микроструктуры стали и измерение микротвердости.

Работа представлена введением, 8 разделами и заключением, приведен список публикаций студента, список использованных источников.

Оглавление

Введение.....	10
1. Пластическая деформация металлов.....	11
1.1 Диаграмма напряжения при растяжении.....	11
1.2 Стадийность пластического течения и автоволновой локализации деформации.....	13
2. Термообработка металлов.....	16
2.1 Процесс термообработки металлов.....	16
2.2 Лазерная термообработка.....	17
3. Взаимодействие излучения с металлом.....	19
3.1 Свойства металлов.....	19
4. Метод корреляции цифровых изображений.....	25
5. Оборудование и материалы.....	30
5.1 Лазерный комплекс.....	30
5.2 Машины для испытаний на растяжение.....	31
5.3 Исследуемый материал.....	34
6. Влияние локальных очагов лазерной термообработки.....	35
6.1 Обработка образцов лазерным излучением.....	35
6.2 Прочностные характеристики стали, после обработки.....	37
6.3 Карты локализации пластической деформации.....	42
7. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	50
7.1 SWOT- анализ.....	50
7.2 Инициация проекта.....	55
7.3 Планирование управления научно-технологическим проектом.....	58

8. Социальная ответственность.....	70
8.1.1 Производственная безопасность.	70
8.1 Анализ вредных и опасных факторов, которые может создать объект исследования.	71
8.2 Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований.	75
Заключение.....	81
Список публикаций.....	82
Список используемых источников.....	83
Приложение А. Английский язык.....	86

Введение

Актуальность: Изучение локализации пластического течения конструкционных материалов является важным аспектом в обеспечении прочности материалов. Проведено большое количество работ, в том числе и в ИФПМ г. Томск, по локализации пластической деформации. Исследования проводившиеся в данной области основываются на испытаниях с однородными по структуре образцах. В данном исследовании была попытка повторно исследовать влияние очагов упрочнения на характеристики стали, то есть создать неоднородную структуру материала.

Целью данной магистерской диссертации является исследование влияния локальных очагов лазерной термообработки на прочностные характеристики стали.

Для успешного выполнения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Изучить литературу по теме исследования: термообработка металлов, лазерное воздействие на поверхность углеродистой стали;
2. Исследовать микроструктуру очагов после воздействия лазерного излучения, провести металлографический анализ;
3. Исследовать прочностные характеристики стали после обработки при испытании на растяжение;
4. Изучить карты локализованной деформации.

1. Пластическая деформация металлов

1.1 Диаграмма напряжения при растяжении

Из всех свойств материалов механические свойства являются одними из самых важных. Проверить материал на прочностные характеристики можно с помощью испытаний на растяжение. В результате получаются диаграммы растяжения (рис.1.1).

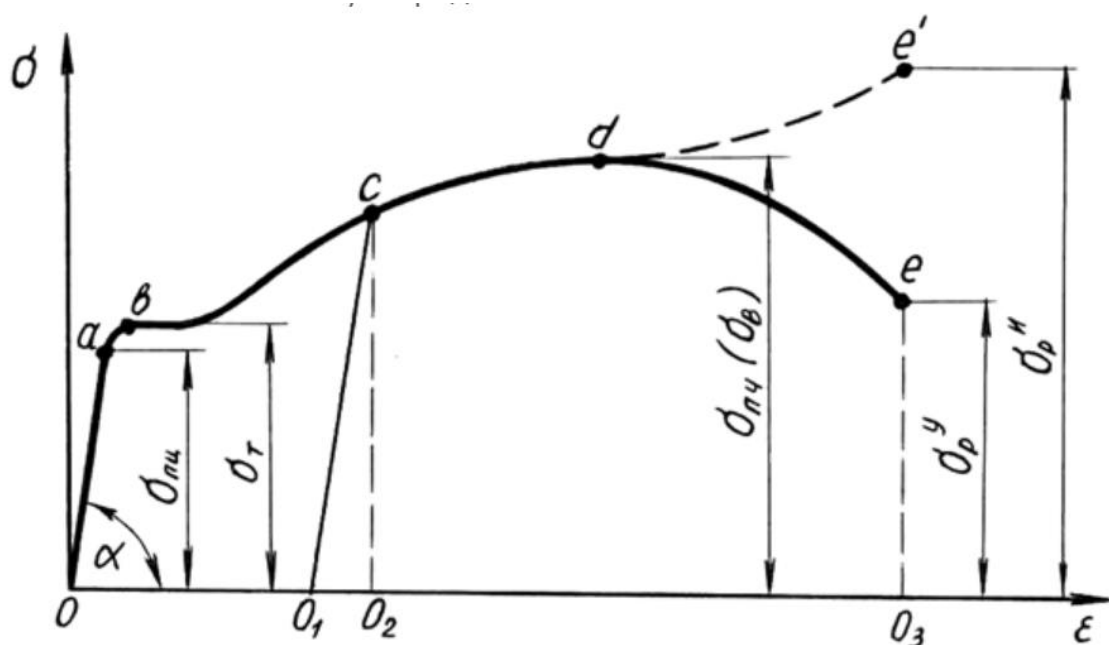


Рисунок 1.1 Условная диаграмма напряжения при растяжении

Диаграмма растяжения уникальна для каждого материала и определяется путем записи величины деформации с различными интервалами растягивающей или сжимающей нагрузки. Она показывает такие свойства материала, как предел упругости, предел текучести, предел прочности, напряжение разрыва и включает данные для определения модуля упругости. В случае пластичных материалов, в начале испытания материал эластично удлиняется. Растяжение (как продольное, так и поперечное)

сначала увеличивается пропорционально напряжению, и образец возвращается к его первоначальной длине при снятии напряжения. Предел пропорциональности (напряжение – деформация) представляет собой стадию, до которой материал подчиняется закону Гука.

При дальнейшем увеличении приложенного напряжения, то есть за пределом упругости, он вызывает пластическую деформацию. Постоянное растяжение остается даже после снятия приложенной нагрузки. Деформация материала на этой стадии начинает увеличиваться быстрее, чем соответствующее напряжение, и продолжает увеличиваться до достижения предела текучести. При достижении предела текучести материал начинает растягиваться.

Отношение приложенной нагрузки к первоначальной площади поперечного сечения называется нормальным напряжением, и оно продолжает увеличиваться с удлинением из-за упрочнения или деформационного упрочнения до тех пор, пока растягивающее напряжение не станет максимальным. Это значение напряжения при максимальной нагрузке можно рассчитать путем деления максимальной нагрузки на первоначальную площадь поперечного сечения.

При определенном значении нагрузки деформация продолжается с низкой скоростью без какого-либо дополнительного растяжения. Это явление медленного расширения, возрастающее со временем, при постоянном напряжении, называют ползучестью. Шея начинает развиваться в этой точке вдоль длины образца, и дальнейшая пластическая деформация локализуется внутри шейки. Площадь поперечного сечения уменьшается пропорционально увеличению длины во время упругого удлинения. Следует отметить, что объем испытательного стержня, т.е. образца, остается постоянным.

1.2 Стадийность пластического течения и автоволновой локализации деформации

Особый интерес представляет площадка текучести. На данном участке можно исследовать изменение пластичности образца. Наличие площадки текучести можно подтвердить не только с помощью диаграммы напряжений, но и при наличии полос скольжения – полос Людерса, которые представляют собой локализованные полосы пластической деформации в металлах при испытании на растяжение.

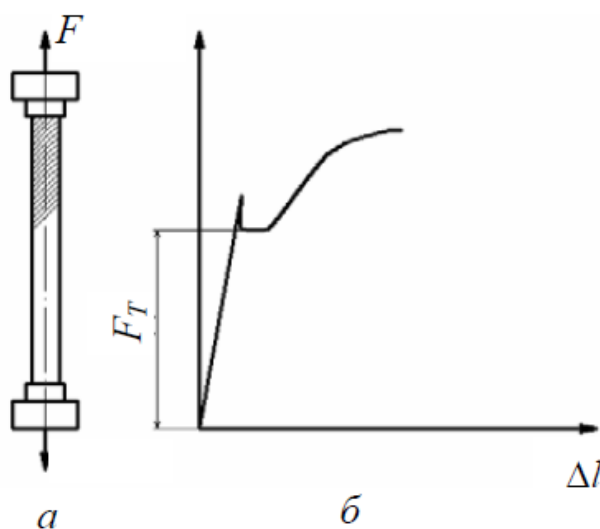


Рисунок 1.2. Образование площадки текучести при испытании на растяжение образца из стали. а – продвижение фронта пластической деформации; б – образование площадки текучести

При проведении испытаний можно наблюдать верхний и нижний предел текучести. На верхнем пределе текучести зарождается развитие полос Чернова-Людерса, которые свидетельствуют о начале пластического течения. Фронт пластической деформации перемещается с образованием полос Чернова-Людерса от одного конца рабочей зоны образца к другому [4].

Полосы локализации, появляющиеся в образцах, представляют собой пространственно-временные структуры, спонтанно образующиеся при

постоянной скорости деформации. Иными словами, образование локализованных ядер пластичности заключается в спонтанном расслоении деформированной среды на объемы, которые деформируются в данный момент времени и чередуются друг с другом. Понятие о локализации пластического течения является процессом самоорганизации, согласно которым разброс деформированной системы уменьшается при формировании локализованных структур деформации, что является свидетельством упорядочения.

Характерной особенностью пластического течения является его многоступенчатая природа. Поэтому удобно сравнивать наблюдаемые образцы локализации с законом деформационного упрочнения, действующим на стадии пластического течения. При анализе микролокализации пластической деформации следует понимать природу систематически возникающих схем локализации, соответствующих этапам потока. Центры движутся с постоянной скоростью, и наблюдаемые закономерности локализации во многих случаях характеризуются выраженной периодичностью, что позволяет их характеризовать как пространственными, так и временными методами.

Модели локализации пластического течения в твердых телах и их сравнение с данными о механизмах деформации позволяют определить некоторые особенности процесса, среди которых наиболее важными являются следующие.

- Явления локализации происходят спонтанно при постоянной скорости натяжения образца и не требуют специального действия для их появления.
- Модели локализации постепенно и регулярно изменяются по мере развития пластического течения, и их эволюция тесно связана со стадиями потока.

- На определенных этапах модели локализации проявляют ярко выраженную пространственную и временную периодичность.
- Каждая картина локализации и явления на соответствующей стадии процесса потока связаны с некоторыми микроскопическими механизмами деформации. [5].

Описанные выше результаты были получены на однородных образцах. В данной работе было проведено исследование с неоднородными по поверхности образцами. Были созданы участки локализованной деформации, но при этом габаритные размеры оставались неизменными. Очаги создавались при помощи лазерного комплекса, в результате чего, получалась закалка локальных участков образца.

2. Термообработка металлов

2.1 Процесс термообработки металлов

Термическая обработка – это процесс, используемый во многих отраслях промышленности для улучшения характеристик износа и увеличения срока службы стальных деталей, таких как режущий инструмент и опорные поверхности вала. Термическая обработка включает нагрев, а затем быстрое охлаждение (закалка) детали. Стали могут подвергаться термообработке для получения самых разнообразных микроструктур и свойств. Твердость металла прямо пропорциональна одноосевому пределу текучести в месте наложенного напряжения. Более твердый металл будет иметь более высокую стойкость к пластической деформации, чем менее твердый металл.

Термообработка состоит из следующих процессов: закалка, отпуск, отжиг. Два основных процесса упрочнения и отпуска можно разбить на четыре основных этапа. Первым этапом, углеродистую сталь постепенно нагревают до тех пор, пока температура не достигнет критической температуры сплава. Сталь затем гасят, обычно в воде или в масле. После сталь имеет максимальную твердость, но имеет повышенную хрупкость. На следующем этапе выполняется отпуск для достижения баланса твердости и вязкости. Сталь постепенно нагревают до образования цветов побежалости, при нагревании на поверхности образуется оксидный слой. Различный спектр цветов побежалости, которые отражают разные балансы твердости и вязкости, поэтому разные уровни температуры подходят для различных применений.

Для снижения твердости и повышения пластичности проводят отжиг. Отжиг, это процесс термической обработки, который включает в себя нагрев и выдержку стали при определенной температуре и с последующим охлаждением со скоростью 2-3° в минуту. Отжиг считается одной из важных массовых операций тепловой обработки стали. Целью отжига также является уменьшение

внутреннего напряжения, которое возникает после механической обработки. Отжиг устраняет структурные неоднородности состава материала, которые возникают при затвердевании отливки в результате ликвации.

2.2 Лазерная термообработка

Лазерное упрочнение используется для получения жесткой и износостойкой структуры наружного слоя. Он может использоваться для всех материалов, подверженных закалке. Технология полностью автоматизирована и позволяет упрочнять плоские поверхности, цилиндрические поверхности и другие детали сложной геометрии.

Лазерное излучение - это вынужденное монохроматическое излучение широкого диапазона длин волн. Технологические лазеры могут генерировать излучение в пределах от 0,3 мкм до 10 мкм. Для технологических целей важны такие параметры как когерентность излучения, монохроматичность, энергия импульса, угол расходимости пучка, длительность импульса.

Для расчета тепловых процессов при лазерной обработке нужно учитывать особенности взаимодействия лазерного излучения с поверхностью обрабатываемого металла. В зависимости от коэффициента отражения, который определяется материалом и длиной волны, будет зависеть интенсивность лазерного излучения.

Также важной особенностью является существенное увеличение поглощательной способности с ростом температуры обрабатываемой поверхности, а также зависимость ее от состояния поверхности. Коэффициент поглощения увеличится в несколько раз с увеличением толщины образующейся оксидной пленки. И, как следствие, с повышением шероховатости поверхности энергетическая отдача процессов лазерной обработки существенно увеличивается.

Лазерное упрочнение устраняет некоторые недостатки традиционных технологий. Например, огневое упрочнение ограничено низкой воспроизводимостью, плохими характеристиками закалки и экологическими проблемами. В результате, закалка пламенем является наиболее подходящей для компонентов среднего и крупного размера. Индукционная закалка обычно приводит к более глубокому термическому проникновению, что требует активного охлаждения водой, которое может привести к нежелательному и неконтролируемому искажению. Процесс лазерной термообработки также намного проще разрабатывать и поддерживать, чем индукционное упрочнение, благодаря его способности легко ограничивать нагрев до облучаемой области и достигать механически недоступных областей. Это позволяет использовать лазер для обработки широкого спектра размеров и форм деталей без необходимости специальных катушек, разработанных индивидуально для каждой геометрии детали [2].

3. Взаимодействие излучения с металлом

3.1 Свойства металлов

Чтобы упрочнить заготовку, лазерный луч нагревает внешние слои заготовки до температуры аустенитного превращения со скоростью около 730°C в секунду. Это приводит к гомогенизации атомов углерода и расширению аустенита в материале. В зависимости от материала температура аустенитного превращения составляет от 900°C до 1400°C и выдерживается от 3 до 10 с. Когда достигается заданная температура, лазерный луч перемещается на другой фрагмент обработанной поверхности, и, как только лазерный луч уходит, поверхность быстро охлаждается.

Быстрое охлаждение препятствует возвращению металлической решетки в первоначальную структуру, создавая очень твердую металлическую структуру, называемую мартенситом. Технология лазерной закалки является экологически чистой, поскольку не требует использования дополнительного охлаждающего вещества, такого как вода, масло или сжатый воздух.

Важную роль принимает, при поверхностной лазерной термообработки, скорость охлаждения. Она оказывает мощное воздействие на структуру, строение и характеристики сплава. При медленном охлаждении быстрота явления зародышей и скорость линейного увеличения кристаллов имеют небольшие значения, зародыши возникают по всему объему расплава, направленность их роста не ориентировано, в результате сформируются большие зерна с плоскими гранями, ячеистые зерна (рис.2.2, а). В большинстве случаев зерна состоят из 1-го либо нескольких дендритов, хотя вероятен и не дендритный рост. Повышение скорости охлаждения приводит к тому, что наибольшее переохлаждение достигается на границе с подложкой, а у плоскости расплава переохлаждение слабее. В следствии этого крупноячеистые равноосные зерна присутствуют только у поверхности, а около границы с подложкой где скорость образования зародышей и

скорость роста кристаллов обладают наибольшие значения, столбчатые зерна вырастают с подложки к плоскости расплава, при этом зерна состоят из некоторых идентично ориентированных дендритов. Последующее повышение быстроты остывания приводит к исчезновению крупноячеистых семян у плоскости расплава, а в столбчатых зернах разветвленность дендритов еще больше уменьшается и в границе с подложкой могут скрываться вторичные оси (рис. 2.2, в). При скорости охлаждения 105 – 106 К/с второстепенные оси дендритов улечиваются. При скорости остывания более 106 К/с, когда переохлаждение добивается некоторых сотен градусов, скорость роста значительно уменьшается. Это мешает дендритическому росту кристаллов, дендритность вырождается и создается плоский фронт зерен (рис.2.2, г). Стирание зерен благосклонно воздействует на свойства сплава, становится вероятным приобретение более рационального сочетания прочности и пластичности. В особенности мощное воздействие измельчение зерен делает в повышение сопротивлению ползучести, поскольку границы семян отлично препятствуют пластическому направлению сплава при повышенных температурах. Не считая изменения размера, формы и внутреннего строения зерен скорость охлаждения выражает ошутимое воздействие на однородность химического состава кристаллизующегося объема сплава. Когда скорость остывания мала, разные участки зерен имеют одинаковый состав, что отзывается начальному составу сплава, так как в движении кристаллизации успеваеь протекать диффузное перераспределение частей как в жидкой, так и в твердой фазе. При повышении быстроты охлаждения диффузное переназначение частей в твердой фазе происходить никак не успеваеь. В итоге участки зерен затвердевшие в основе кристаллизации (центральные оси дендритов), обогащены тугоплавкими веществами, а участки зерен, затвердевшие в конце кристаллизации, обогащены легкоплавкими веществами. Появляется дендритическая ликвация. При скоростях остывания больше 106 К/с, когда имеет место создание плоского фронта кристаллизации, переназначение компонентов

никак не успевает совершаться и в жидкой фазе. Тогда дендритическая ликвация резко уменьшается, зерно по химическому составу делается наиболее гомогенным, а такое возможно привести к улучшению почти всех параметров сплавов.

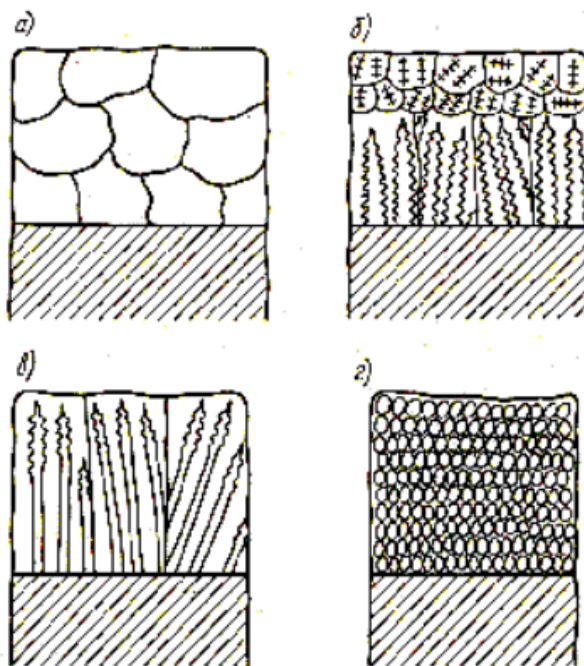


Рисунок 2.2 Схемы кристаллизации расплавленного поверхностного слоя при различных скоростях охлаждения

Важными стадиями, также являются стадии плавления и испарения металлов. Различать данные процессы невозможно, из-за того, что эластичность интенсивного пара стремительными темпами увеличивается при небольшом повышении температуры над температурой плавления. Анализируя взаимосвязанный процесс плавление – испарение металлов, в согласовании с модификацией поочередных стадий, не станем рассматривать ход образования плазмы.

Этап нагрева в отсутствии изменения фазового состояния четко выделяется, в особенности при температурах, в много раз ниже температуры плавления, однако присутствие стадии плавления отметить значительно сложнее. Это связано с тем, то что в интервале, где меняется температура от температуры плавления вплоть до кипения существенно быстро

увеличивается влияние равновесного пара. При условии, то что плавление станет пороговым процессом, с целью реализации которого необходима температура, превышающая температуру плавления, в таком случае испарение не пороговый процесс, равновесное давление паров плавно и достаточно стремительно увеличивается при повышении температуры. Из-за этого, в случае если необходимо отметить стадию плавления и возможно не принимать во внимание испарение, в таком случае необходимо нагревать металл вплоть до температур, находящихся в достаточно узком спектре над температурой плавления.

Чтобы определить какие параметры лазерного излучения необходимы для реализации процесса плавления металлов, нужно учитывать различные данные и соотношения, которые характеризуют процесс плавления. В первую очередь необходимо проверить изменение тепловых параметров металлов в 2-ух фазах: твердой и жидкой. Удельная теплоемкость практически не меняется, а теплопроводность снижается практически в 2 раза при плавлении металла. Чтобы ощутить значимость скрытой теплоты плавления, ее нужно сопоставить с количеством тепла, необходимым для нагревания металла до температуры плавления. Молярная теплоемкость находится предположительно на одном уровне для всех металлов. Из этого следует, что главную роль играет температура плавления, отличие которой очень заметно, начиная от 300°C для легкоплавких и до 3000°C для тугоплавких металлов. Следственно, численность тепла, необходимое для нагрева металла до температуры плавления, так же очень различны. Сопоставление данных величин открывает, что чем ниже температура плавления металла, тем больше его роль скрытой теплоты плавления.

Точно изложить процесс плавления достаточно непросто, из-за того, что необходимо учесть все изложенные выше факторы в динамике, обращая внимание на распределения лазерного излучения во времени и продвижения границы между твердой и жидкой фазой в глубину металла в момент его нагревания. Плавление металлов излучением лазера обладает большой ролью

для практики и сегодняшней технологии металлообработки. Однако при этом в критериях практической реализации плавления всегда одновременно реализуется и мощное парообразование вещества.

Из приведенного ранее, следует, что при незначительном превышении температуры металла над температурой плавления, парообразование может быть пренебрежимо мало, а когда достигнет температуры кипения, давление паров будет соответствовать давлению окружающего его газа. Скопление пара, что возникает перед нагреваемой поверхностью на пути испускания, заменяет качественно взаимодействие излучения лазера с металлом. Для начала, пары имеют все шансы результативно поглощать излучение, экранируя плоскость, которую нагревают, от источника. В частности, имеется возможность ионизации паров перед излучением, поэтому уже плазма станет поглощать излучение и экранировать, а не пары. Так же, в плазменном облаке имеется вероятность происхождения оптического пробоя.

Проанализируем ход испарения, не принимая во внимание воздействие образующегося пара на ход распространения излучения от лазера до плоскости металла. Совместно с этим ограничимся умеренными интенсивностями излучения. В момент анализа процесса испарения металлов необходимо распознавать неподвижный и подвижный системы, осуществляющийся при применении постоянного и импульсного лазерного воздействия. Проанализируем для начала подвижный процесс. Установим такую интенсивность испускания I , для которой металл нагреется в поглощающем слое до температуры больше температуры кристаллизации. Направленность процесса испарения при этом станет обуславливаться от энергии Q и длительности τ воздействия излучения. Значение энергии Q фиксировано. Количество испарившегося металла будет тем меньше, если значение длительности импульса будет выше и тепло успеет распространиться за счет теплопроводности на большую глубину. При обратной ситуации, когда значение τ мало, то температура металла будет больше, а толщина нагретого слоя мала, что приводит к меньшему

количеству испаренного металла. Из этого вытекает, что результат испарения станет максимален при определенном среднем значении τ . Не нужно забывать, глубина испарения является важной характеристикой для огромных практических применений. Таковых как глубина отверстия (лунки), которую возможно сделать в металле, либо сквозное отверстие в листовом металле. Существуют два способа получения роста глубины испарения, повышение интенсивности излучения и внедрение постоянного излучения. Первый способ ограничивается быстрым испарением и экранировкой металла парами, а вторым способом, это видом используемого лазера, так как довольно высокую интенсивность I постоянного излучения возможно получить лишь для определенных лазеров. В момент использования излучения лазера для вывода различных научно-технических проблем традиционно используются непрерывное инфракрасное излучение CO₂-лазера и специальные устройства, дающие возможность удалять пары металла и расплав в области их образования. Если же мощность подобранного лазера мала (твердотельные, оптоволоконные лазеры), то нужно применять режим модуляции добротности для извлечения необходимых значений времени импульса τ [14].

На основании данных исследований, выдвинуто предположение, что, изменяя локально свойства поверхности, вводя очаги упрочнения, можно повлиять на локализацию деформации, а также попробовать изменить стадийность диаграммы нагружения. При испытании на растяжение будет проводится съемка карт локализованной деформации. На примере полосы Чернова-Людерса, ввиду того, что это наиболее хорошо известная локализация, а также наиболее четко регистрируемая, можно отследить стадию пластического течения в зависимости от обработки образцов.

4. Метод корреляции цифровых изображений

Для наблюдения карт локализации используется метод DIC (Digital Image Correlation).

Этот метод основан на двойной спекл-фотографии. Эта технология способна производить бесконтактные измерения напряжений деформации всего поля. Для реализации этой методики был разработан автоматический лазерный измерительный комплекс для получения экспериментальных данных. Этот комплекс позволяет восстановить векторное поле смещения $R(x, y)$ при деформации плоских образцов и вычислить компоненты тензора пластического искажения.

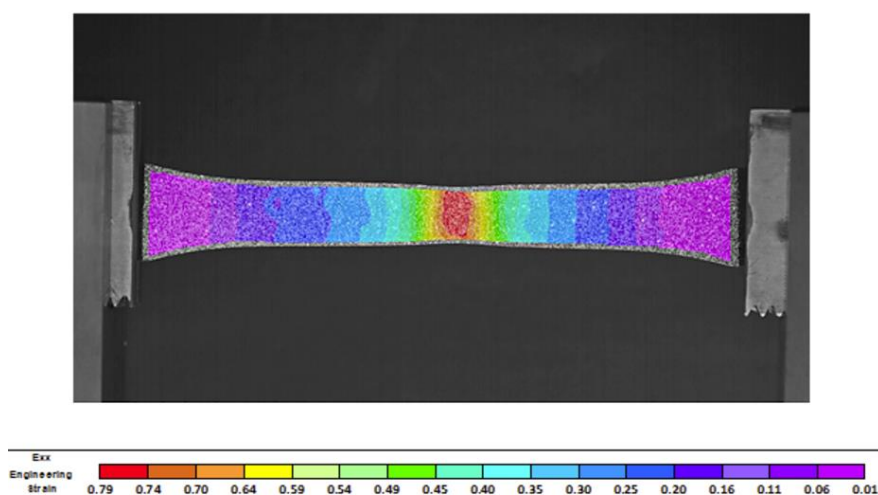


Рисунок 4.1 Пример поля деформации для образцов из термопластичного растяжимого материала до разрушения

Впервые данный метод был предложен в университете Южной Каролины группой исследователей в 1982 г. В последующем метод корреляции цифровых изображений был доработан и усовершенствован. На базе ИФПМ СО РАН этот метод был реализован.

DIC работает путем сравнения цифровых фотографий компонента или образца при испытании на разных этапах деформации. Отслеживая блоки пикселей, система может измерять смещение поверхности и создавать полные полевые 2D и 3D векторные поля деформации и карты деформаций.

Чтобы DIC работал эффективно, пиксельные блоки должны быть случайными и уникальными с диапазоном контрастности и интенсивности. Он не требует специального освещения, и во многих случаях естественная поверхность структуры или компонента имеет достаточную текстуру изображения для работы DIC без необходимости какой-либо специальной подготовки поверхности.

Изображения могут быть получены из самых разных источников, включая обычные ПЗС или потребительские цифровые камеры, высокоскоростное видео и микроскопы, в том числе сканирующие электронные и атомно-силовые микроскопы. Процесс корреляции не ограничивается оптическими изображениями и может также применяться к другим наборам данных, таким как карты шероховатости поверхности и 2D-поверхности таких структур [6].

С помощью установки стереоскопического датчика, каждая точка объекта фокусируется на конкретном пикселе в плоскости изображения соответствующего датчика. Зная параметр изображения для каждого датчика и ориентацию датчиков относительно друг друга, можно рассчитать положение каждой точки объекта в трех измерениях. С помощью алгоритма корреляции можно идентифицировать изображение. Качество измерения зависит от точного знания внутренних и внешних параметров системы. Калибровка легко выполняется путем съемки изображений калибровочной панели под разными видами перспективы.

Алгоритм регулировки пучка вычисляет внутренний параметр (фокусное расстояние, главная точка, параметр искажения) для каждой камеры и их соответствующая ориентация, а также внешний параметр (вектор перемещения и матрица вращения).

Вычисляя параметры преобразования для изображений в различных условиях нагружения, можно определить вектор смещения и деформацию для каждой грани.

Способ измерения состоит в следующем. Изображение контролируемого участка плоскости с оптического микроскопа поступает в вход видео камеры и затем регистрируется в жесткий диск ПК в виде файла. Далее образец подвергается определенному механическому нагружению, к примеру, повторяющемуся растяжению и с того же участка плоскости регистрируется 2-ое изображение. Компьютерная обработка данных файлов дает возможность рассчитать (замерить) поле векторов смещений. Это поле смещений представляет собой смещения элементарных участков плоскости с некими амплитудами и направлениями. Под "элементарным участком" подразумевается некий участок плоскости, габариты которого стремятся к нулю.

Показателем идентификации координат такой площадки считается условие (1):

$$S(x, y, u_x, u_y) = \sum_{i=-n/2}^{n/2} \sum_{j=-n/2}^{n/2} |F_{1,(x+i),y+j} - F_{2,(x+ux+i),(y+uy+j)}| \rightarrow \min(u_x, u_y), (1)$$

где, n - размер элементарной площадки;

x, y - координаты элементарной площадки;

u_x, u_y - проекции вектора смещения.

Совокупность полученных векторов позволяет построить поле векторов смещений (2)

$$\vec{u}(x, y) = u_x(x, y)\vec{e}_x + u_y(x, y)\vec{e}_y, (2)$$

где, e_x, e_y - единичные орты. Компоненты тензора деформации $\varepsilon_{i,j}$ и главный пластический сдвиг γ рассчитываются на основе уравнений механики деформируемого твердого тела для плоского случая.

$$\begin{aligned} \varepsilon_{xx} &= \partial u_x / \partial x, \quad \varepsilon_{yy} = \partial u_y / \partial y, \quad \varepsilon_{xy} = (\partial u_y / \partial x + \partial u_x / \partial y) / 2 \\ \gamma &= [(\varepsilon_{xx} - \varepsilon_{yy})^2 + 4(\varepsilon_{xy})^2]^{1/2}. \end{aligned} (3)$$

Поля смещений описывают отклик материала в внешнее силовое действие, а основной пластический сдвиг отображает степень деформации.

Величина регулируемых участков плоскости находится в зависимости от характеристик оптической системы и имеет возможность отклоняться в границах $(0,1 \times 0,1 - 10 \times 10)$ мм², в таком случае, пространственная плотность векторов смещений меняется в спектре 103-105 мм². Определенное значение объема управляемого участка определяется оптическим увеличением микроскопа, находится в зависимости от ряда условий и, как правило, подбирается опытным путем.

Для наиболее точного замера годографа смещений и амплитуд нужно выполнение критерием (4) – (7).

$$1 \leq \Delta N \ll N_{\Sigma} \quad (4)$$

$$2a \leq |(\partial u / \partial N)| \Delta N \leq 10a \quad (5)$$

$$\Delta N \rightarrow \min \quad (6)$$

$$|(\partial u / \partial N) \Delta N| \rightarrow \max. \quad (7)$$

В условии (4) нижняя граница ограничена по минимуму возможной повторяющейся нагрузкой - одним циклом, 2-ой символ неравенства отображает ограничение измерения годографа движений элементарного участка плоскости и его скорости. В (5) нижний предел обуславливается чувствительностью комплекса, а верхний - наибольшим значением вектора смещения – элементарного участка плоскости. Условия (6) и (7) находятся в определенном противоречии и отображают желание замерить как годограф, так и вектор с наименьшей ошибкой. Одновременное исполнение условий (4) – (7) дает возможность выделять характеристики измерительного комплекса, соответственные эксперименту [7].

Использование способа корреляции цифровых изображений дает возможность производить оценку накопление усталостных дефектов в материале. Вследствие высокой разрешающей способности и незначительной погрешности замеров векторов смещений появилась возможность определять значения локальных пластических деформаций в окружности вершин усталостных трещин и на основе данного определить ранее не известные

количественные аспекты диагностики механического состояния циклически нагруженных материалов (систем).

Преимущество описанного ранее способа диагностики усталости сплава заключается в том, что при приближении нагруженной системы к состоянию предразрушения точность замеров растет, а сам процесс разрушения становится управляемым. Это дает возможность отлично применять способ корреляции числовых изображений и соответственный измерительный комплекс как в свойстве автономного метода диагностики, так и для юстировки других приборов неразрушающего контроля.

5. Оборудование и материалы

5.1 Лазерный комплекс



Рисунок 5.1. Лазерный комплекс ЛТА4-2

Для обработки образцов использовался лазерный комплекс ЛТА4-2 (рис. 5.1) на основе импульсного Nd:YAG лазера с ламповой накачкой. Данный комплекс имеет Z- манипулятор с приводом вертикального перемещения изделия, автоматизированный линейный стол (ось X), вращательный привод - ось ϕ , оптическая система с ТВ наблюдением.

Данная установка предназначена для точечной сварки, а также для пайки различного рода материалов. Сварка осуществляется при подачи инертного газа или воздуха в зону сварки, это позволяет защитить оптику и улучшить качество обработки. Она обладает повышенными энергетическими параметрами и позволяет задать не обходимые значения по управлению энергии, частоте повторения, длительности и форме импульса. Позволяет обрабатывать такие материалы, как алюминий, титан, черная и нержавеющую сталь, медь, тугоплавкие металлы и сплавы.

Параметры лазерного комплекса указаны в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Параметры лазерного комплекса ЛТА4-2

ПАРАМЕТРЫ ЛАЗЕРА	
Длина волны излучения, мкм	1,064
Частота следования импульсов излучения, Гц	1-150
Длительность импульсов, мс, регулируемая в пределах	2-20
Максимальная средняя мощность излучения, Вт	до 250 -300
Энергия импульса излучения, Дж	до 50 (100)

5.2 Машины для испытаний на растяжение

Для экспериментов на растяжение были использованы две машины, LFM-125кН и модифицированная Instron 1185.

Испытательные машины LFM (рис.5.2) используются в металлургических, деревообрабатывающих и других промышленных отраслях или в научно-исследовательских лабораториях и университетах, где размер и прочность образца требуют более высоких нагрузочных мощностей. Эта серия испытательных машин приводится в действие высокочувствительным серводвигателем переменного тока с высоким крутящим моментом пуска. Шариковые винты без зазора обеспечивают высокую грузоподъемность, высокую точность позиционирования и повторяемость. Нижняя базовая плита также доступна с Т-образными пазами, подходящими для крепления компонентов, образцов, изготовленных сборок или других принадлежностей.



Рисунок 5.2. Испытательная машина серии LFM-125кН

Instron 1185 – широко используемая механическая испытательная машина для измерения свойств материала, таких как прочность, модуль упругости, деформация. Он контролируется программным обеспечением Bluehill, а также оснащен аксессуарами для измерения коэффициента Пуассона, коэффициента прочности на изгиб трения и изгибных свойств. Температурная камера также оборудована для измерения свойств материала при повышенных температурах. В ИФПМ данная установка была модернизирована и усовершенствована.

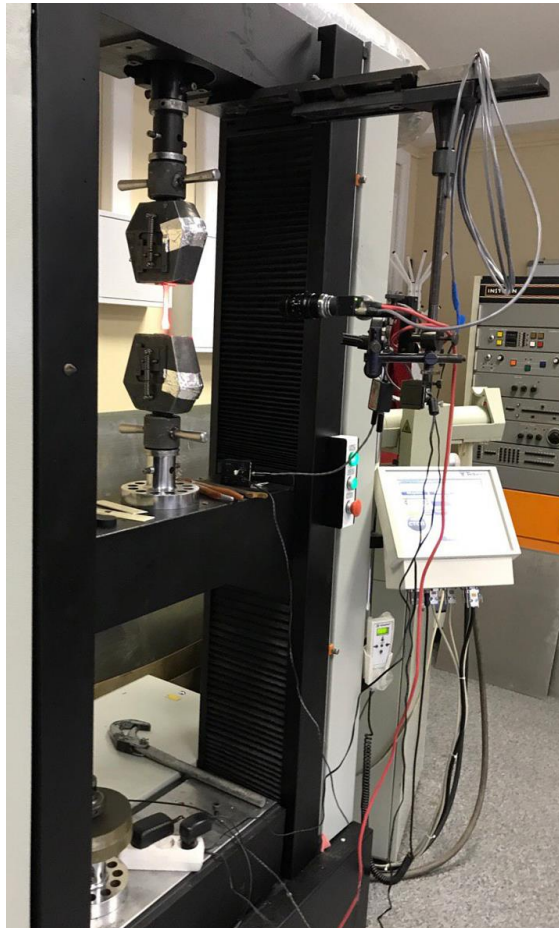


Рисунок 5.3. Испытательная машина Instron 1185

Для получения карт локализации использовался метод цифровой корреляционной фотографии (рис. 5.4)



Рисунок 5.4. Съемка спеклограмм методом DIC

5.3 Исследуемый материал

В качестве материала для лазерной термообработки была выбрана сталь марки У12. Прочностные характеристики стали марки У12 после отжига при температуре испытаний 20 °С равны 590-690 Мпа [8].

6. Влияние локальных очагов лазерной термообработки

6.1 Обработка образцов лазерным излучением

На образцы наносились очаги деформации с помощью лазерного комплекса ЛТА4-2. Эксперимент включал себя термообработку образцов с заданными параметрами установки, приведенные в таблице 6.1. Размеры рабочей зоны образцов 45 мм x 10 мм.

Исследования проводились на 6 образцах из стали марки У12 (рис.6.1).

- Образец 1 – свидетель, без поверхностной лазерной обработки
- Образец 2 – Обработан частично, 50 % рабочей поверхности, очаги деформации нанесены в центре рабочей зоны.
- Образец 3 – Полностью обработан с двух сторон, 100% рабочей поверхности
- Образец 4 – Обработан частично, 50 % рабочей поверхности, очаги деформации нанесены в центре рабочей зоны, проплав насквозь
- Образец 5 – Обработан частично, 50 % рабочей поверхности, с проплавлением в центре рабочей зоны, диаметр пятна $d=0,53$ мм
- Образец 6 – Обработан частично, 50 % рабочей поверхности, с проплавлением в центре рабочей зоны, диаметр пятна $d=0,34$ мм



Рисунок 6.1. Образцы после обработки лазерным лучом

Таблица 6.1 – Параметры воздействия лазерного излучения на образцы

Номер образца	Длительность импульса, мс	Энергия воздействия, Дж	Диаметр пятна, мм
2	12	35	0,8
3		35	0,8
4		40	0,9
5		15	0,5
6		15	0,3

Обработка проходила при комнатной температуре. Угол между оптической осью и поверхностью составлял 90 градусов. Очаги упрочнения наносились на поверхность образца в виде матрицы. Расстояние между очагами равно диаметру пятна. При обработке применялся защитный газ – аргон. После обработки образцы охлаждались при комнатной температуре (около 20 ° C).

6.2 Прочностные характеристики стали, после обработки

В результате обработки образцов были получены 3 вида очагов деформации с разной глубиной проплавления и разным диаметром. Так же были измерены очаги деформации из прошлой работы, образец 7 (рис 6.2). Для проведения микроанализа, образцы заливались в эпоксидный состав, на образцах готовились металлографические шлифы с помощью шлифовальных шкурок с различным размером зерна абразива. Окончательную полировку проводили на сукне с применением пасты ГОИ. Структуру выявляли травлением 4% раствором HNO_3 в этиловом спирте.

Были исследованы 4 образцы с разными параметрами очагов. Измерения проводились с помощью микроскопа AxioObserver A1.m фирмы Carl Zeiss (Германия) в программном продукте AxioVision v.4.6. Получившиеся результаты представлены в таблице 6.2.

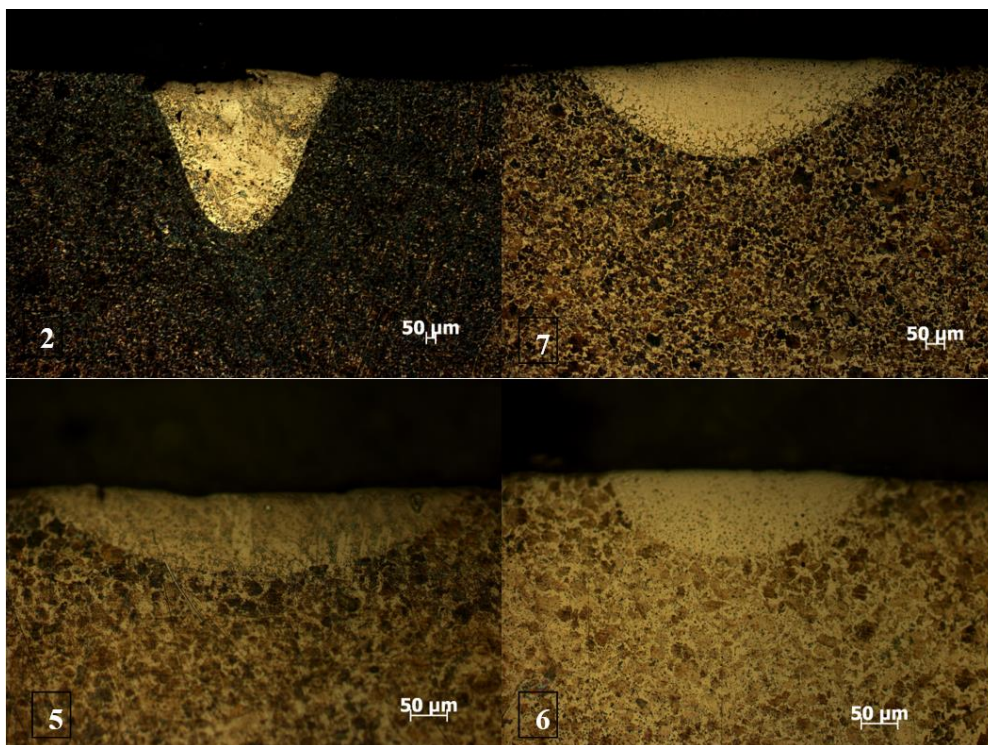


Рисунок 6.2. Очаги упрочнения. Вид в разрезе

Таблица 6.2 – Параметры очагов деформации

№ Образца	Глубина проплавления, мкм	Диаметр очага, мкм
2	877	1012
5	106	579
6	116	347
7	271	864

На рисунке 6.3 представлены результаты измерения микротвердости в области лазерного воздействия, а также близ неё. Измерение производилось от центра очага упрочнения к краю образца.

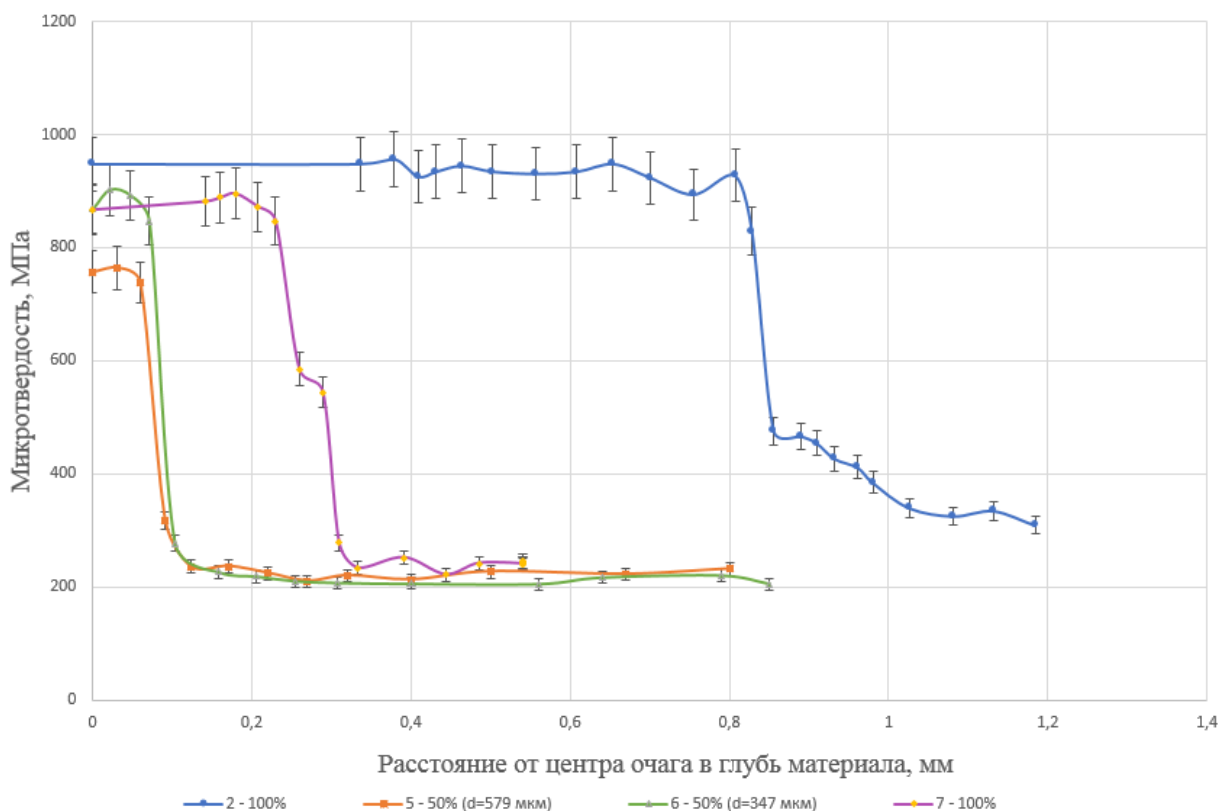


Рисунок 6.3 Изменение микротвердости стали в области, подвергнутой лазерной обработке

Из графика видно, что у стали У12 в зоне лазерного воздействия значения микротвердости варьируются в пределах от 770 МПа до 975 МПа. В зоне, где материал не подвергался термическому воздействию значения микротвердости лежат в пределах 200 - 300 МПа. Зона, термического воздействия выявлена не была.

После создания локальных очагов, образцы подвергались испытанию на растяжение. При испытании на растяжении образец должен быть закреплен в захватах испытательной машины таким образом, чтобы не возникали перекосы, и прикладываемая нагрузка действовала по продольной оси образца. Нагрузка на образец должна передаваться плавно и непрерывно, с небольшой скоростью.

По результатам этих испытаний были получены диаграммы растяжения, представленные на рисунке 6.4.

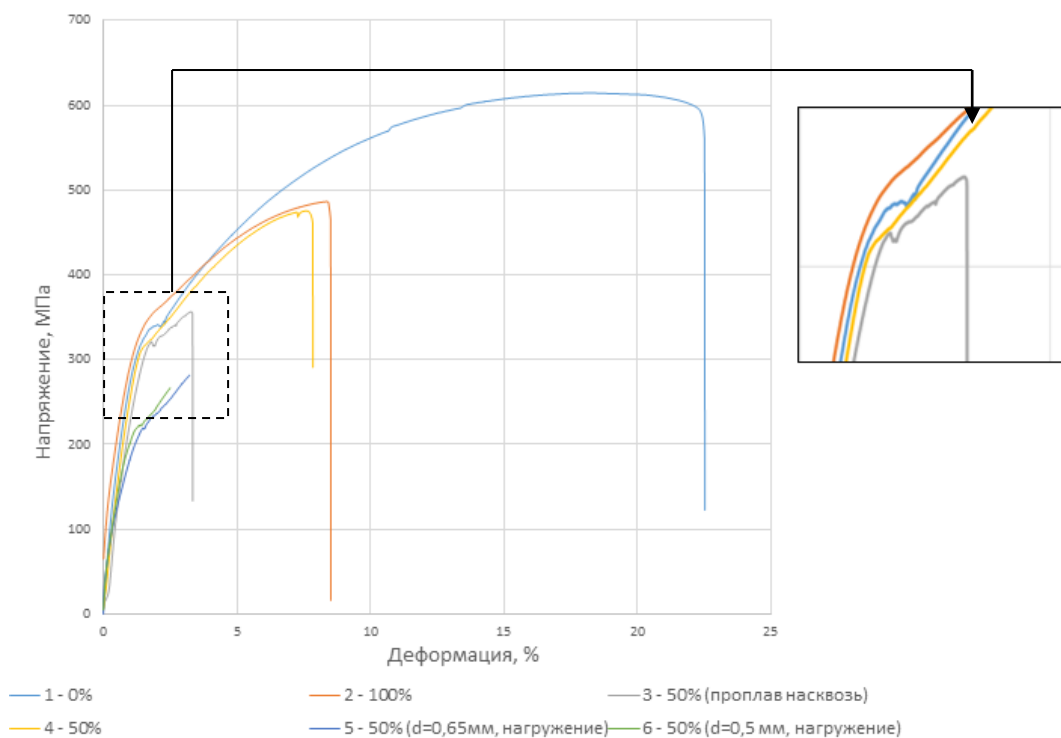


Рисунок 6.4 Диаграммы растяжения образцов с различным типом обработки

На диаграмме растяжения исходного образца видны признаки площадки текучести, в то время как на образцах обработанных полностью и обработанных на половину в центре рабочей зоны она практически отсутствует. Так же видно, что пластичность образца резко снижается при большем количестве очагов деформации. Из результатов предыдущей работы, где были так же обработаны образцы стали марки У12, первый образец был подвержен обработке на половину рабочей зоны, а второй – целиком. При этом глубина проплавления составила 270 мкм, диаметр очага 854 мкм. Испытания на растяжение проводились на машине серии LFM и подвергались одноосному растяжению [9]. Были получены диаграммы растяжения, представленные на рисунке 6.5.

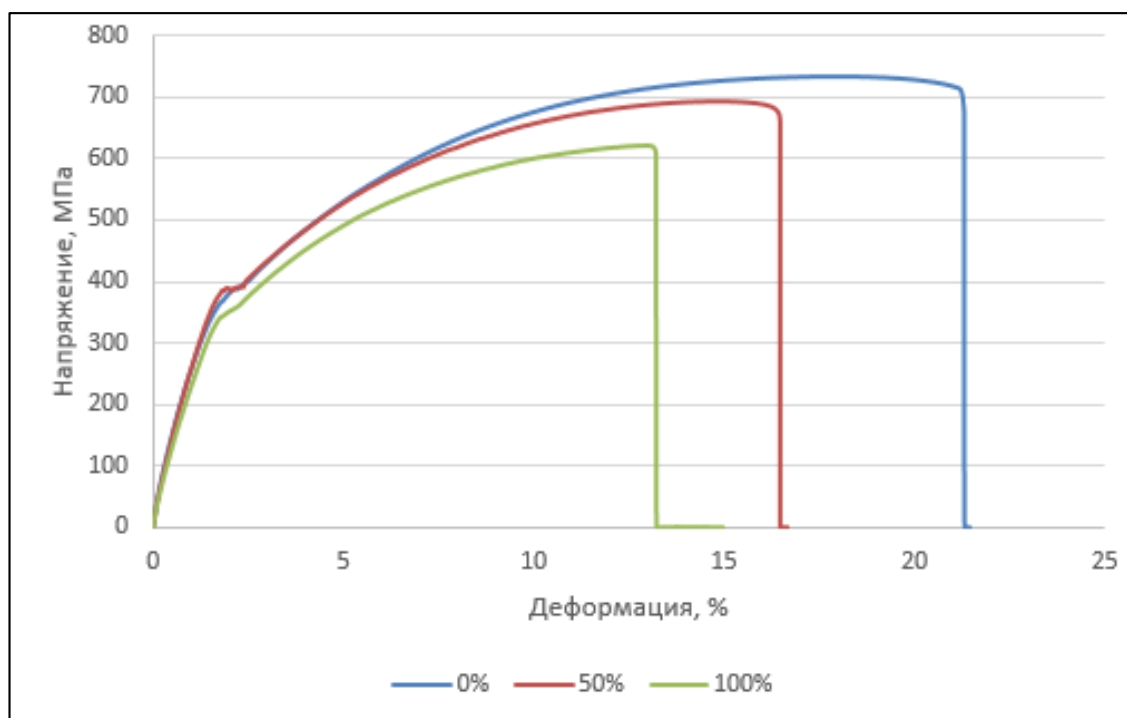


Рисунок 6.5 – Диаграммы растяжения образцов с различным типом обработки: 1 – без обработки; 2 – обработанный на половину; 3 – обработанный целиком [9]

При сравнении диаграмм видно, что при большей глубине проплавления очага, пластичность резко снижается. Наличие крупных очагов упрочнения практически подавила стадию пластического течения, но привела к большему разупрочнению образца.

Так же можно отметить, что на полностью обработанных образцах, независимо от глубины проплавления отсутствует стадия образования шейки, в отличие от исходного образца.

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Институт	ИФВТ
Направление подготовки (специальность)	Оптотехника
Уровень образования	Магистратура
Кафедра	ЛИСТ
Период выполнения	осенний / весенний семестр 2015/2016 учебного года

Студенту:

Группа	ФИО
4ВМ5Б	Боёк Светлана Александровна

ЗАДАНИЕ

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	
Нормы и нормативы расходования ресурсов	<i>Работа с информацией, представленной в российских и иностранных научных публикациях, аналитических материалах, статистических бюллетенях и изданиях, нормативно-правовых документах</i>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	<i>SWOT-анализ</i>
1. Разработка устава научно-технического проекта	<ol style="list-style-type: none"> 1. Цели и результаты проекта 2. Организационная структура проекта 3. Иерархическая структура работ 4. Контрольные события проекта 5. План проекта
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	<i>Бюджет научно – технического исследования (НТИ)</i> <ol style="list-style-type: none"> 1. Расчет материальных затрат НТИ 2. Расчет затрат на специальное оборудование для научных работ 3. Основная заработная плата исполнителей темы 4. Отчисления на социальные нужды 5. Накладные расходы 6. Формирование бюджета затрат научно – исследовательского проекта
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):	
<ol style="list-style-type: none"> 1. SWOT -анализ 2. Календарный график проведения исследования в виде диаграммы Ганта 3. Бюджет проекта 	

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
---	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Петухов Олег Николаевич	к.э.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4ВМ5Б	Боёк Светлана Александровна		

7. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

7.1 SWOT- анализ

SWOT анализ — считается один из наиболее результативных инструментов в стратегическом менеджменте. Суть SWOT анализа состоит в рассмотрении внутренних и внешних условий компании, оценке рисков и конкурентоспособности продукта в отрасли.

Он проводится в несколько этапов.

I этап - матрица SWOT (таблица 7.). Данный этап состоит в отображении сильных и слабых сторон проекта, в раскрытии перспектив и угроз с целью осуществления проекта, которые выразились либо имеют все шансы возникнуть в его внешней среде.

Таблица 7.1 - Матрица SWOT

	<p>Сильные стороны проекта:</p> <p>С1. Заявленная высокоэкономичность и энергоэффективность</p> <p>С2. Метод является экологичным</p> <p>С3. Локальность обработки деталей</p> <p>С4. Меньшая стоимость производства согласно сопоставлению с другими технологиями</p>	<p>Слабые стороны проекта:</p> <p>С1. Отсутствие отработанной технологии</p> <p>С2. Дороговизна установки для лазерной обработки</p> <p>С3. Отсутствие постоянного доступа к необходимому оборудованию для проведения испытаний</p> <p>С4. Отсутствие у потенциальных потребителей квалифицированных кадров по работе с научной разработкой</p>
<p>Возможности:</p> <p>В1. Применение инновационной инфраструктуры ТПУ</p> <p>В2. Снижение цены лазерной установки</p> <p>В3. Увеличение спроса</p> <p>В4. Увеличение цены конкурентноспособных разработок</p>		
<p>Угрозы:</p> <p>У1. Недостаток спроса</p> <p>У2. Внедрение добавочных государственных условий к сертификации</p> <p>У3. Возникновение новых усовершенствованных технологий</p>		

II этап - интерактивная матрица проекта. Раскрытие соотношения сильных и незначительных сторон ЛСС внешним обстоятельствам находящейся вокруг среды. Данное соотношение либо расхождение должны помочь обнаружить уровень потребности выполнения стратегических изменений.

Каждый условие обозначается либо символом «+» (обозначает значительное соответствие сильных сторон способностям), или символом «-» (то что обозначает низкое соответствие); «0» – в случае если имеется колебания в том, что поставить.

В случае, если 2 возможности в значительной степени коррелируют с одними и теми же сильными сторонами, с высокой вероятностью возможно заявлять о их общей природе.

Таблица 7.2 – Интерактивная матрица «сильные стороны и возможности»

	Сильные стороны				
Возможности		C1	C2	C3	C4
B1		+	+	-	-
B2		+	-	+	-
B3		+	0	+	+
B4		+	-	+	-

Таблица 7.3 – Интерактивная матрица «слабые стороны и возможности»

	Слабые стороны				
Возможности		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
	В1	+	-	+	-
	В2	-	-	-	+
	В3	+	+	-	+
	В4	-	-	-	0

Таблица 7.4 – Интерактивная матрица «сильные стороны и угрозы»

	Сильные стороны				
Угрозы		С1	С2	С3	С4
	У1	+	-	+	-
	У2	+	+	+	-
	У3	0	-	-	-
	У4	-	-	-	-

Таблица 7.5 – Интерактивная матрица «слабые стороны и угрозы»

	Слабые стороны				
Угрозы		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
	У1	+	+	-	+
	У2	-	-	-	-
	У3	+	-	+	-
	У4	-	-	-	-

III этап – итоговая матрица SWOT-анализа (таблица 7.6).

Таблица 7.6 – итоговая матрица SWOT-анализа

	<p>Сильные стороны проекта: С1. Заявленная высокоэкономичность и энергоэффективность С2. Метод является экологичным С3. Локальность обработки деталей С4. Меньшая стоимость производства согласно сопоставлению с другими технологиями</p>	<p>Слабые стороны проекта: С1. Отсутствие отработанной технологии С2. Дороговизна установки для лазерной обработки С3. Отсутствие постоянного доступа к необходимому оборудованию для проведения испытаний С4. Отсутствие у потенциальных потребителей квалифицированных кадров по работе с научной разработкой</p>
<p>Возможности: В1. Применение инновационной инфраструктуры ТПУ В2. Снижение цены лазерной установки В3. Увеличение спроса В4. Увеличение цены конкурентноспособных разработок</p>	<p>Главным достоинством технологии является её заявленная экономичность и энергоэффективность, которые позволят поддерживать высокий спрос и конкурентноспособность на рынке</p>	<p>Главной слабостью проекта является дороговизна лазерной установки, необходимой для внедрения разрабатываемой технологии. Понижение её стоимости в будущем привело бы к повышению спроса на технологию</p>
<p>Угрозы: У1. Недостаток спроса У2. Внедрение добавочных государственных условий к сертификации У3. Возникновение новых усовершенствованных технологий</p>	<p>Возможные угрозы заключаются только в ведении дополнительных требований к сертификации системы. Ввиду новизны технологии, потребуется вложение средств для соответствия каждой сфере.</p>	<p>Угрозой для проекта является появление новой улучшенной технологии. На фоне проблем с доступом к некоторому оборудованию для исследований и большим сроком поставок материала, эта проблема является очень актуальной.</p>

7.2 Инициация проекта

Категория действий инициации заключается из действий, которые производятся с целью установления новейшего проекта либо новейшей фазы имеющегося. В рамках действий инициации будут описаны начальные цели и содержимое. Представлены внутренние и внешние заинтересованные стороны плана, которые станут взаимодействовать и воздействовать в единый результат научного проекта. Настоящая информация фиксируется в Уставе проекта. Главные факторы устава проекта станут описаны ниже согласно пунктам.

1. Цели и результаты проекта

Данные раздела сведены и представлены в таблице 7.7 и таблице 7.8.

Таблица 7.7 – Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
Научно-исследовательский институт физики прочности и материаловедения	Подтверждения результатов исследования по локализации пластической деформации
Предприятия машиностроительной отрасли	Готовая технология по обработке сталей лазерным излучением

Таблица 7.8 – Цели и результаты проекта

Цели проекта:	Исследовать влияние создания локальных очагов деформации лазерным излучением на поверхность углеродистой стали
Ожидаемые результаты проекта:	Получение положительных результатов по обработке стали лазерным излучением
Критерии приемки результатов:	Значение твердости и пластичности после лазерной обработки, структура очагов лазерного воздействия после закалки
Требование к результату проекта	Требования:
	Малое количество остаточного аустенита
	Высокое значение микротвердости
	Отсутствие стадии “легкого скольжения” при растяжении

2. Организационная структура проекта

В настоящем этапе работы были разрешены последующие проблемы: кто будет вступать в рабочую группу этого проекта, обусловлены роли каждого соучастника проекта, а кроме того прописаны функции, производимые каждым из соучастников и трудовые затраты в проекте. Сведения согласно организационной структуре изображены в таблице 13.

Таблица 7.9 – Рабочая группа проекта

№ п/п	ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Функции	Трудо- затраты, час.
1	Зыков И.Ю. НИ ТПУ, доцент	Руководитель проекта	Руководить, координировать	10
2	Мельников А.Г. НИ ТПУ, доцент	Эксперт проекта	Консультировать, направлять	15
3	Боёк С.А. НИ ТПУ, студент	Исполнитель проекта	Выполнение работ по проекту	90
4	Лобанкова О. НИ ТПУ, ассистент	Исполнитель проекта	Выполнение работ по проекту	45
ИТОГО:				160

1) Ограничения и допущения проекта

Все имеющиеся данные по ограничениям и допущениям описаны и сведены в таблице 14

Таблица 7.10 – Ограничения проекта

Фактор	Ограничения/ допущения
3.1 Сроки проекта:	
3.1.1 Дата утверждения плана управления проектом	13.02.2017
3.1.2 Дата завершения проекта	19.05.2017
3.2 Прочие ограничения и допущения	Ограничения по времени использования научного оборудования

7.3 Планирование управления научно-технологическим проектом

Группа процессов планирования заключается из действий, исполняемых для установления единого содержания работ, уточнения целей и исследования очередности действий, необходимые с целью достижения данных целей.

7.3.1 Иерархическая структура работ

Иерархическая структура работ (ИСР) – детализация укрупненной структуры работ. Представлена на рисунке 7.11.

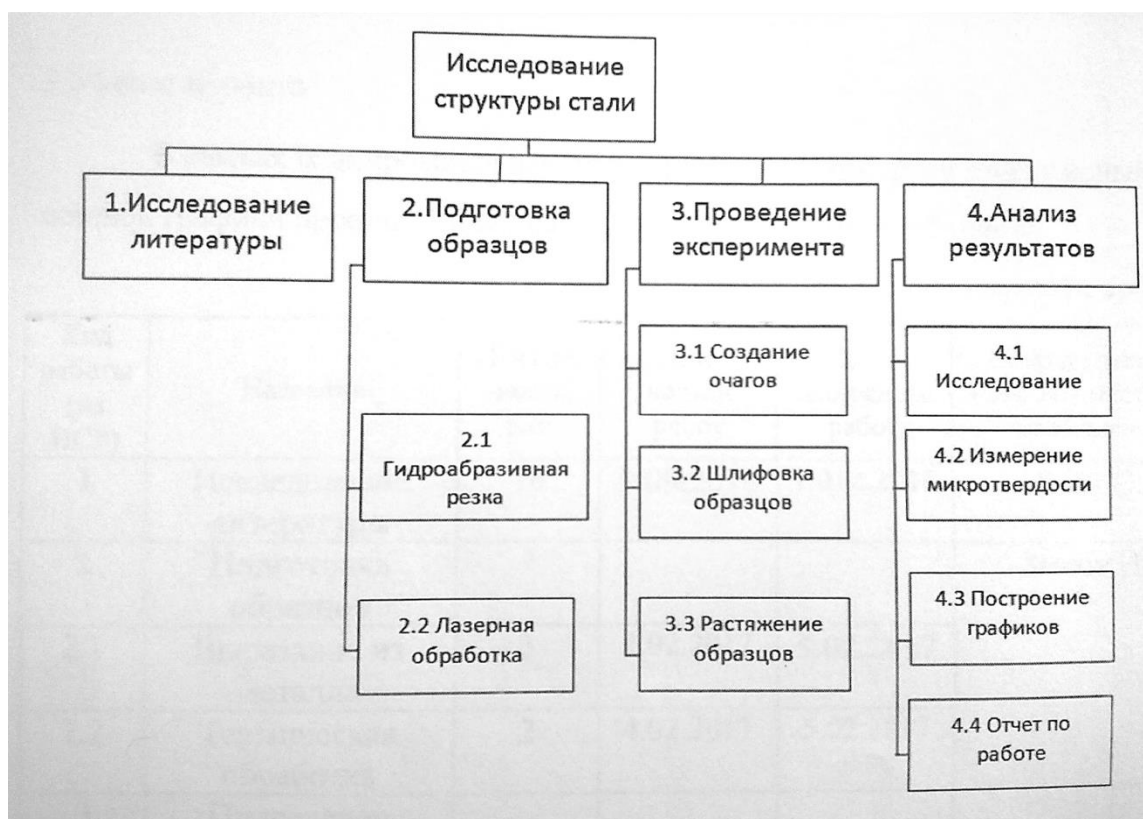


Рисунок 7.1 – Иерархическая структура работ по проекту

7.3.2 Контрольные события проекта

В рамках этого раздела определялись основные действия проекта, их даты и полученные итоги, согласно состоянию на эти даты. Данная информация сведена в таблицу 7.11.

Таблица 7.11 – Контрольные события проекта

№ п/п	Контрольное событие	Дата	Результат (подтверждающий документ)
1	Обработка литературы	15.01.2017	Постановление задач на исследование
2	Подготовка образцов	2.02.2017	Начало первой фазы эксперимента
3	Обработка образцов лазером	13.02.2017	Начало второй фазы эксперимента
4	Исследование на растяжение	18.02.2017	Получен достаточный объем данных в исследовании
5	Обработка данных	16.03.2017	Составлен отчет о результатах исследования

7.3.3 План проекта

В рамках планирования научного проекта был построен календарный и сетевой графики проекта. Линейный график представлен в таблице 7.12.

Таблица 7.12 – Календарный план проекта

Код работы (из ИСР)	Название	Длительность, дни	Дата начала работ	Дата окончания работ	Состав участников (ФИО ответственных исполнителей)
1	Исследование литературы	16	15.01.2017	1.02.2017	Боёк С.А.
2	Подготовка образцов				Зыков И.Ю.
2.1	Вырезание из металла	3	1.02.2017	3.02.2017	
2.2	Термическая обработка	2	4.02.2017	5.02.2017	
3	Проведение эксперимента				
3.1	Создание очагов упрочнения	2	14.02.2017	15.02.2017	Боёк С.А. Лобанкова О.В.
3.2	Шлифовка образцов	1	19.02.2017	19.02.2017	Мельников А.Г. Лобанкова О.В.
3.3	Растяжение образцов	1	20.02.2017	20.02.2017	Зыков И.Ю. Боёк С.А.
4	Анализ полученных данных				
4.1	Исследование структуры стали	6	21.02.2017	26.02.2017	Мельников А.Г. Боёк С.А.
4.2	Измерение микротвердости	1	26.02.2017	26.02.2017	Мельников А.Г. Лобанкова О.В. Боёк С.А.
4.3	Построение диаграмм зависимости	2	28.02.2017	29.02.2017	Боёк С.А.
4.4	Отчет по работе	20	1.03.17	16.03.2017	Боёк С.А.
Итого:		54	15.01.2017	16.03.2017	

Таблица 7.13 – Календарный план-график проведения НИОКР по теме

Код работы (из ИСР)	Вид работ	Исполнитель	Т _к , кал, дн.	Продолжительность выполнения работ											
				январь			февраль			март					
				1	2	3	1	2	3	1	2	3			
1	Исследование литературы	дипломник	16			■									
2.1	Вырезание из металла	Руководитель	3				■								
2.2	Термическая обработка	Руководитель	2				■								
3.1	Создание очагов упрочнения	Дипломник, Исполнитель	2					□							
3.2	Шлифовка образцов	Консультант, инженер	1					□							
3.3	Растяжение образцов	Руководитель, дипломник	1					■							
4.1	Исследование структуры стали	Консультант, дипломник	6					□							
4.2	Измерение микротвердости	Исполнитель	1					□							
4.3	Построение диаграмм зависимости	Исполнитель	2					□							
4.4	Отчет по работе	дипломник	16											■	

■ – руководитель □/■ – дипломник □ – инженер ■ – консультант

7.3.4 Бюджет научного исследования

При планировании бюджета научного исследования нужно иметь гарантированно полное и достоверное отображение абсолютно всех типов предполагаемых затрат, требуемых с целью его исполнения. В ходе формирования бюджета, предполагаемые расходы группируются согласно статьям.

1) Сырье, использованные материалы, приобретаемые изделия и полуфабрикаты

Результаты согласно этой статье записаны в таблице 7.14.

Таблица 7.14 – Сырьевые материалы, использованные материалы, комплектующие изделия и полуфабрикаты

Наименование	Марка, размер	Кол-во	Цена за единицу, руб.	Сумма, руб.
Сталь	У12, 60x16x3 см	6	100	600
Оформление документации	Лист А4	60	2	120
Всего за материалы				720
Транспортно-заготовительные расходы (3-5%)				36
Итого по статье C_m				756

1) Специальное оборудование для научных работ

Результаты по данной статье записаны в таблице 7.15.

Таблица 7.15 – Расчет затрат по статье «Спецоборудование для научных работ»

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Цена единицы оборудования, тыс.руб.	Общая стоимость оборудования/Аморт отчисления, тыс.руб.
1	Лазер ЛТА4-2	1	1600	114
2	Микротвердомер пмт-3	1	39	39

2) Основная заработная плата

Таблица 7.16 – Расчет основной заработной платы

№ п/п	Наименование этапов	Исполнители по категориям	Трудо-емкость, чел.-дн.	Заработная плата, приходящаяся на один чел.-дн., тыс.руб.	Всего заработная плата по тарифу (окладам), тыс. руб.
1	Исследование литературы	Исполнитель	16	667	10672
2	Подготовка образцов	Руководитель	5	1410	7050
3	Проведение эксперимента	Руководитель	1	1410	1410
		Консультант	1	1410	1410
		Исполнитель	3	879	2637
		Исполнитель	3	667	2001
4	Анализ полученных данных	Консультант	7	1410	9875
		Исполнитель	4	879	2637
		Исполнитель	22	667	14674
Итого:					53273

Статья включает основную заработную оплату сотрудников, напрямую занимающихся исполнением проекта, (в том числе премии, доплаты) и вспомогательную заработную оплату.

$$C_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (7.1)$$

где $Z_{осн}$ – основная заработная плата;

$Z_{доп}$ – дополнительная заработная плата.

Основная заработная плата ($Z_{осн}$) руководителя (лаборанта, инженера) от предприятия (при наличии руководителя от предприятия) рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_{раб}, \quad (7.2)$$

где $Z_{осн}$ – основная заработная плата одного работника;

T_p – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн. (табл. 16);

$Z_{дн}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}}, \quad (7.3)$$

где $Z_{\text{м}}$ – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы при отпуске в 48 раб. дней $M=10,4$ месяца, 6-дневная неделя;

$F_{\text{д}}$ – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, рабочие дни. (таблица 7.17).

Таблица 7.17 - Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Консультант	Исполнитель	Дипломник
Календарное число дней	365	365	365	365
Количество нерабочих дней	104	104	104	104
- выходные дни	14	14	14	14
- праздничные дни				
Потери рабочего времени	24	24	24	24
- отпуск				
- невыходы по болезни				
Действительный годовой фонд рабочего времени	223	223	223	223

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{б}} \cdot (k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}}, \quad (7.4)$$

где $Z_{\text{б}}$ – базовый оклад, руб.;

$k_{\text{пр}}$ – премиальный коэффициент, (определяется Положением об оплате труда);

$k_{\text{д}}$ – коэффициент доплат и надбавок (в НИИ и на промышленных предприятиях – за расширение сфер обслуживания, за профессиональное мастерство, за вредные условия: определяется Положением об оплате труда);

$k_{\text{р}}$ – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Таблица 7.18 - Расчёт основной заработной платы

Исполнители	З _б , руб.	k _р	k _д	k _{пр}	З _м , руб	З _{дн} , руб.	T _р , раб. дн.	З _{осн} , руб.
Руководитель	23264	1,3	0	0	30243	1410	6	8460
Консультант	23264	1,3	0	0	30243	1410	8	11280
Исполнитель	14500	1,3	0	0	18850	879	6	5274
Исполнитель	11000	1,3	0	0	14300	667	41	27347

3) Дополнительная заработная плата

В дополнительную заработную оплату вводится совокупность выплат, предусмотренных законодательством о труде, к примеру, плата очередных и дополнительных отпусков; плата периода, связанного с исполнением муниципальных и социальных обязательств; оплата вознаграждения из-за выслугу лет и т.п. (в среднем – 12 % с суммы главной заработной платы).

Дополнительная заработная оплата рассчитывается отталкиваясь с 10-15% с основной заработной платы, сотрудников, напрямую участвующих в исполнение темы:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}} \quad (7.5)$$

где $Z_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата, руб.;

$k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной зарплаты;

$Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата, руб.

В таблице 7.19 приведена форма расчёта основной и дополнительной заработной платы.

Таблица 7.19 – Заработная плата исполнителей

Заработная плата	Руководитель	Консультант	Исполнитель	Исполнитель
Основная зарплата	8460	11280	5274	27347
Дополнительная зарплата	1015	1354	633	3282
Зарплата исполнителя	9475	12634	5907	30629
Итого по статье $C_{зп}$				58645

3) Отчисления на социальные нужды

Статья включает в себя отчисления во внебюджетные фонды.

$$C_{внеб} = k_{внеб} \cdot (Z_{осн} + Z_{доп}) = 0,271 \cdot 58645 = 15893, \quad (7.6)$$

где $k_{внеб}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

4) Накладные расходы

В данную статью вводятся расходы на управление и хозяйственное спецобслуживание, которые имеют все шансы являться причислены напрямую в конкретную тему. Помимо этого, сюда принадлежат затраты согласно содержанию, эксплуатации и ремонтным работам оснащения, производственного прибора и инструментария, строений, построек и др. В расчетах данные затраты берутся в объеме 70 - 90 % с суммы основной заработной платы научно-производственного персонала этой учено-промышленной компании.

5) Расчет накладных затрат проводится согласно следующей формуле:

$$C_{накл} = k_{накл} \cdot (Z_{осн} + Z_{доп}) = 0,8 \cdot 58645 = 46916, \quad (7.7)$$

В основе полученных сведений согласно отдельным статьям расходов оформляется расчёт плановой себестоимости исследования очагов влияния лазерного излучения на поверхности углеродистой стали. Все без исключения сведения согласно статьям объединены в таблицу 7.20.

Таблица 7.20 – Группировка затрат по статьям

Наименование статьи затрат	Размер затрат, р.
Прямые материальные затраты (сырье, комплектующие)	420
Спецоборудование для научных работ	39000
Основная заработная плата	52361
Дополнительная заработная плата	6284
Отчисления на социальные нужды	15893
Амортизационные отчисления	114000
Прочие накладные расходы	46916
Итого плановая себестоимость	274874

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
4ВМ5Б	Боёк Светлане Александровне

Институт	ИФВТ	Кафедра	ЛиСТ
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	Опtotехника

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
<p>1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения</p>	<p>В магистерской работе описывается метод поверхностной обработки углеродистой стали с помощью твердотельного лазера. Данный метод служит для упрочнения материала. Рабочим местом является научно исследовательская лаборатория. Расположенная в учебном корпусе. Лаборатория оснащена необходимым оборудованием, таким как, лазерная установка и персональный компьютер.</p>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<p>1. Производственная безопасность</p> <p>1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности</p> <p>1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности</p>	<p>Были определены опасные и вредные факторы, которые могут возникнуть при проведение исследовательских работ.</p> <p>К основным вредным факторам были отнесены:</p> <ul style="list-style-type: none"> – отклонение показателей микроклимата – недостаточная освещенность рабочей зоны <p>Повышенный уровень шума</p> <p>К опасным факторам:</p> <ul style="list-style-type: none"> – электрический ток
<p>2. Экологическая безопасность:</p>	<p>Воздействие на окружающую среду сводится к минимуму, за счет отсутствия загрязняющих веществ, за исключением большого расхода электроэнергии и использование бумаги на которое мы повлиять не можем. Так же используются светодиодные лампы, которые имеют малое энергопотребление и большой срок службы.</p>
<p>3. Безопасность в</p>	<p>С наибольшей вероятностью могут возникать ЧС</p>

чрезвычайных ситуациях:	техногенного характера, такие как пожар.
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: – компоновка рабочей зоны. – режимы труда и отдыха

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
---	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Задорожная Татьяна Анатольевна			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4ВМ5Б	Боёк Светлана Александровна		

8. Социальная ответственность

8.1.1 Производственная безопасность.

При проведении лабораторных работ, возможно столкновение с опасными и вредными факторами, которые могут нанести вред здоровью работников и, в отдельном случае, повлечь их смерть. Элементы, формирующие опасные и вредные факторы представлены в таблице 1.

Таблица 8.1 – Опасные и вредные факторы при выполнении исследовательских работ.

Этапы работ	Наименование видов работ	Факторы (ГОСТ 12.0.003-74 [1])		Нормативные документы
		Вредные	Опасные	
	2	3	4	5
1. Подготовительный	1. Изучение литературы 2. Компьютерное моделирование образцов	1. Отклонения показателей микроклимата 2. Повышенный уровень шума 3. Недостаточная освещенность рабочей зоны	1. Электрический ток.	1. ГОСТ 12.1.003-2014[16] 2. СанПиН 2.2.4.548-96 [15] 3. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 [17] 4. ГОСТ Р 12.1.019-2009 [18]
2. Экспериментальный	1. Обработка образцов 2. Создание на образцах точечных дефектов	1. Отклонения показателей микроклимата 2. Повышенный уровень шума 3. Недостаточная освещенность рабочей зоны	1. Электрический ток.	

8.1 Анализ вредных и опасных факторов, которые может создать объект исследования.

8.1.1 Отклонения показателей микроклимата в помещении

Микроклимат помещения оказывает большое влияние на организм человека, на его здоровье и самочувствие, работоспособность и производительность труда. При высокой температуре воздуха в помещении кровеносные сосуды кожи расширяются, происходит повышенный приток крови к поверхности тела, и выделение тепла в окружающую среду значительно увеличивается. При низкой температуре окружающего воздуха реакция человеческого организма иная: кровеносные сосуды кожи сужаются, приток крови к поверхности тела замедляется, и теплоотдача конвекцией и излучением уменьшается. Таким образом, для теплового самочувствия человека важно определенное сочетание температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в рабочей зоне.

К показателям, характеризующим микроклимат, относятся:

- температура воздуха [$^{\circ}\text{C}$];
- относительная влажность [%];
- скорость движения воздуха [м/с].

Работа в лаборатории по энергозатратам, согласно СанПиН 2.2.4.548-96 [15], относится к категории 1б – работа легкая физическая, производимая сидя или связанная с ходьбой, но не требующая систематического физического напряжения или поднятия и переноса тяжестей. Приведем оптимальные и допустимые показатели микроклимата производственных помещений согласно СанПиН 2.2.4.548-96[15].

Таблица 8.2 – Оптимальные показатели микроклимата

Период года	Температура, град. С	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	21-23	40-60	0,1
Теплый	22-24	40-60	0,1

Таблица 8.3 – Допустимые показатели микроклимата

Период года	Температура, град. С		Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с	
	Диап. ниже о.п.	Диап. выше о.п.		Диап. ниже о.п.	Диап. выше о.п.
Холодный	19 – 20,9	23,1 – 24	15 – 75	0,1	0,2
Теплый	20 – 21,9	24,1 – 28	15 – 75	0,1	0,3

Для обеспечения оптимальных и допустимых показателей микроклимата в холодный период года используются системы обогрева, такие как радиаторы и конвекторы.

В теплый период года необходимо предусмотреть защиту от попадания прямых солнечных лучей – шторы, жалюзи. Также эффективной защитой от солнечных лучей является использование солнцезащитных стекол. Для поддержания требуемых параметров микроклимата возможно использование систем кондиционирования.

8.1.2 Недостаточное освещение

Правильно спроектированное и выполненное освещение обеспечивает высокий уровень работоспособности, оказывает положительное психологическое действие на человека и способствует повышению производительности труда.

На практике используются два вида освещения: естественное и искусственное. Естественное боковое и искусственное рабочее, а также комбинированное, которое состоит из местного освещения рабочих мест и общего освещения помещения.

Согласно СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 [17] значения освещенности должны соответствовать данным приведенным в табл.8.4.

Таблица 8.4–Нормируемые показатели естественного, искусственного и совмещенного освещения основных помещений общественного здания.

Помещение	Рабочая поверхность и плоскость нормирования КЕО и освещенности и высота плоскости над полом, м	Естественное освещение		Совмещенное освещение		Искусственное освещение				
		КЕО e_n , %		КЕО e_n , %		освещенность, лк		показатель дискомфорта M , не более	коэффициент пульсации освещенности, K_p , % не более	
		при верхнем или комбинированном освещении	при боковом освещении	при верхнем или комбинированном освещении	при боковом освещении	при комбинированном освещении	при общем освещении			
Лаборатории научно-технические	Г-0,8	3,5	1,2	2,1	0,7	500	300	400	40	10

В аудитории используются светильники с светодиодными лампами мощностью 18 Вт и световым потоком 1300 лм. В аудитории площадью 48 м² и высотой потолков 3м находится 12 светильников, что обеспечивает необходимые значения показателей освещенности по СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03.

8.1.3 Производственный шум

В аудитории источником шума является система вентиляции. Она служит одним из главных средств оздоровления условий труда, повышения производительности и предотвращения опасности профессиональных заболеваний.

Предельно допустимый уровень (ПДУ) шума - это уровень фактора, который при ежедневной (кроме выходных дней) работе, но не более 40 часов в неделю в течение всего рабочего стажа, не должен вызывать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследований в процессе работы или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений. Соблюдение ПДУ шума не исключает нарушения здоровья у сверхчувствительных лиц.

Допустимый уровень шума ограничен ГОСТ 12.1.003-2014 [16]. Максимальный уровень звука постоянного шума на рабочих местах не должно превышать 80 дБА.

При значениях выше допустимого уровня необходимо предусмотреть Средства индивидуальной и коллективной защиты:

- устранение причин шума или существенное его ослабление в источнике образования при помощи изоляция источников шума от окружающей среды средствами звуко- и виброизоляции, звуко- и вибропоглощения;
- применение спецодежды, спецобуви и защитных средств органов слуха: наушники, беруши, антифоны.

8.2 Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований.

8.2.1 Электрический ток

Основным источником электрического тока является лазерный комплекс, подключенный к сети питания 220 Вт.

В отношении опасности поражения людей электрическим током различают:

1. Помещения без повышенной опасности, в которых отсутствуют условия, создающие повышенную или особую опасность.

2. Помещения с повышенной опасностью, которые характеризуются наличием в них одного из следующих условий, создающих повышенную опасность: сырость, токопроводящая пыль, токопроводящие полы (металлические, земляные, железобетонные, кирпичные и т.п.), высокая температура, возможность одновременного прикосновения человека к имеющим соединение с землей металлоконструкциям, технологическим аппаратам, с одной стороны, и к металлическим корпусам электрооборудования - с другой.

3. Особо опасные помещения, которые характеризуются наличием одного из следующих условий, создающих особую опасность: особой сырости, химически активной или органической среды, одновременно двух или более условий повышенной опасности. Территории размещения наружных электроустановок в отношении опасности поражения людей электрическим током приравниваются к особо опасным помещениям.

Помещения с повышенной опасностью, характеризующиеся наличием в них одного из следующих условий, создающих повышенную опасность: сырость (влажность более 75 %), токопроводящая пыль, токопроводящие полы, высокая температура (выше 35 °С).

Лаборатория относится к помещениям без повышенной опасности, так как отсутствуют условия, создающие повышенную или особую опасность. Значения влажности помещения находятся в пределах нормы, температура не поднимается выше допустимых значений. Покрытие пола не токопроводящие, постелен линолеум. Все токоведущие части установки изолированы и находятся в защитном кожухе ГОСТ Р 12.1.019-2009 [18]. Также установка имеет защитное заземление с сопротивлением 2 Ом. Все сотрудники проходят первичный инструктаж по электробезопасности.

8.2.2 Экологическая безопасность

Охрана окружающей среды - это комплексная проблема и наиболее активная форма её решения - это сокращение вредных выбросов промышленных предприятий через полный переход к безотходным или малоотходным технологиям производства.

Источником питания лазерной установки является сеть переменного напряжения с номинальным значением 220 Вт. Лазерная обработка представляет практически безотходную технологию, возможно только незначительное испарение материала при обработке.

Так же необходимо позаботиться о отдельных контейнерах для отходов бытового характера: отдельные мусорные баки для бумаги, стекла, металлических частей, пластика. Необходимо заключить договор с компанией, вывозящей мусор, чтобы она обеспечивала доставку разделенных отходов фирмам, занимающимся переработкой отходов. Таким образом будет сводиться к минимуму вред для окружающей среды.

В качестве искусственного источника света используются светодиодные лампы, которые имеют гораздо больший срок службы, потребляют меньшее количество электроэнергии по сравнению с ртутными лампами и лампами накаливания. Так же, светодиодные лампы не требуют

специальной утилизации, так как в них не содержатся вредные пары ртути, которые заражают почву при не правильной утилизации.

8.2.3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях.

Под чрезвычайной ситуацией природного и техногенного характера понимается обстановка на определенной территории, сложившаяся в результате аварии, опасного природного явления, катастрофы, стихийного или иного бедствия, которые могут повлечь или повлекли за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей природной среде, значительные материальные потери и нарушения условий жизнедеятельности людей.

Наносимый чрезвычайными ситуациями вред выражается через последствия природного и техногенного бедствия, являющегося источником чрезвычайной ситуации.

По источникам возникновения чрезвычайные ситуации делятся на природные, техногенные и биолого-социальные. В свою очередь природные, техногенные и биолого-социальные чрезвычайные ситуации классифицируются по опасным природным явлениям, опасным техногенным событиям и опасным биологическим проявлениям.

Наиболее вероятная ЧС в ходе проведения лабораторных испытаний является пожар. Основными причинами пожара являются неисправная электропроводка и оборудование, включённые электроприборы, курение в помещениях.

В рабочей лаборатории происходят работы, связанные с обработкой негорючих веществ и материалов в холодном состоянии, но так же имеется большое количество бумаги и мебели изготовленной из ЛДСП. Поэтому помещение по степени пожара опасности относится к классу В1-В4 пожароопасные, НПБ 105-03 [21].

Категория помещений В1-В4 пожар – горючие и трудногорючие жидкости, твердые горючие и трудногорючие вещества и материалы (в том числе пыли и волокна), вещества и материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом только гореть, при условии, что помещения, в которых они имеются в наличии или обращаются, не относятся к категориям А или Б [21].

При возникновении пожара в лаборатории необходимо выполнять следующие нормы пожарной безопасности:

- для предохранения сети от перегрузок запрещается включать дополнительные не предусмотренные потребители;
- работы в лаборатории проводить только при исправном состоянии оборудования, электропроводки;
- иметь средства для тушения пожара (ручной порошковый огнетушитель);
- иметь в наличии план эвакуации людей, который должен висеть на видном месте;
- оборудование размещать так, чтобы был достаточный проход к выходу.
- Так же в лаборатории запрещается:
 - пользоваться открытым огнем, курить;
 - производить зарядку аккумуляторных батарей;
 - хранить легко воспламеняющиеся вещества, за исключением спирта для технологических целей (1 литр).

8.2.4 Эвакуация при пожаре

Рабочая лаборатория располагается в здании 16В корпуса. Это здание соответствует требованиям пожарной безопасности. В корпусе установлена система охранно-пожарной сигнализации, имеются в наличии порошковые

огнетушители и план эвакуации, а также установлены таблички с указанием направлений к запасному (эвакуационному) выходу (рис. 8.1.).

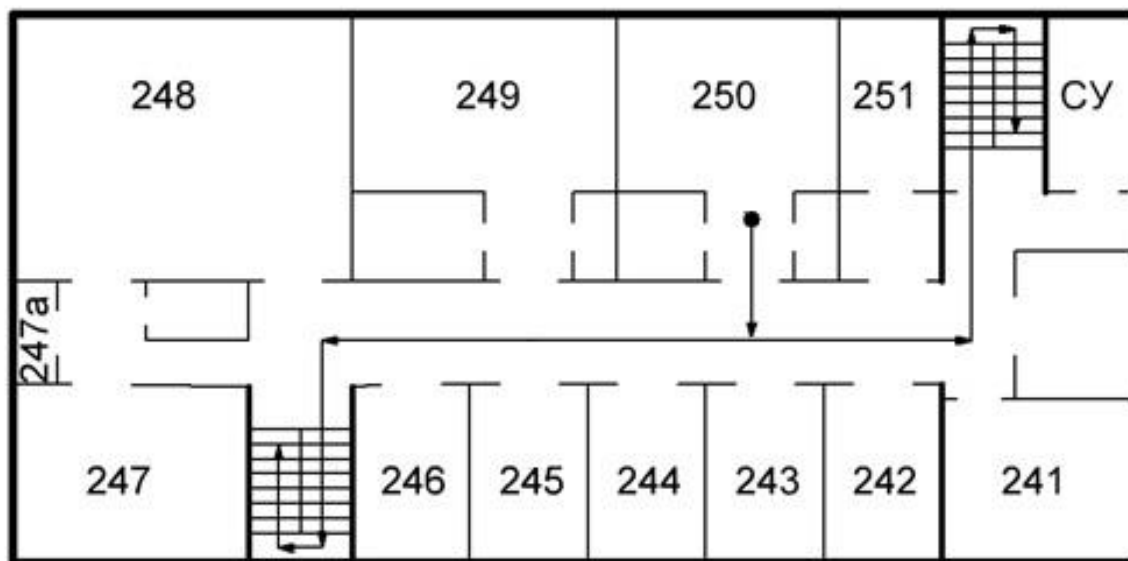


Рисунок 8.1 - План пожарной эвакуации из аудитории.

8.2.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.

Большое значение в работе имеет организация рабочих мест сотрудников и создание благоприятных условий труда.

При работе в лаборатории отмечается низкая двигательная активность, монотонность, длительное нахождение в закрытом помещении. Всё это вызывает быструю утомляемость и также отражается на результатах труда.

Рабочий стол для работы за компьютером должен иметь пространство для ног высотой не менее 600 мм, шириной - не менее 500 мм, глубиной на уровне колен - не менее 450 мм и на уровне вытянутых ног - не менее 650 мм [25].

В лаборатории площадью 48 м² может работать одновременно не более 10 человек, следовательно, учтены нормы площади служебного помещения, для обеспечения благоприятных условий микроклимата помещение оборудовано вытяжкой. Плоскости экранов компьютеров расположены перпендикулярно окнам, габариты мебели соответствуют размерам помещения, загромождения нет. Лазерный комплекс установлен на отдельно огороженном стенде и проведена вентиляция СанПиН 5804-91 [24].

Заключение

В диссертации было проведено исследование влияния лазерной термообработки металла на прочностные характеристики стали марки У12. В ходе испытаний образцов на растяжение и изучения полученных диаграмм, можно сделать вывод, что матрица очагов упрочнения, в зависимости от глубины проплавленного слоя, может влиять на площадку текучести и подавлять образование полос Чернова-Люверса в образцах. При глубине очага более 0,25 мм, полосы Чернова-Люверса не наблюдаются, а очаги с глубиной проплавления 0,15 мм и менее не способны подавить данную стадию пластической деформации. Как следствие, можно предположить, что полоса формируется в поверхностном слое на глубине 0,25 – 0,15 мм.

Список публикаций

1. О.В. Лобанкова, С.А. Боёк, И.С. Макогон Исследование влияния лазерных очагов закалки на формирование полосы Чернова-Людерса в образцах стали У12. // V Международная научно-техническая конференция молодых ученых, аспирантов и студентов, Томск, 2016 г. – 134-135с.

Список используемых источников

1. Гуляев, А.П., Гуляев, А.А. Металловедение: Учебник для вузов. 7-е изд., перераб. и доп. М.: ИД Альянс, 2011. – 644 с.
2. Лазерная и электронно-лучевая обработка материалов: справ. / под ред. Н. Н. Рыкалина. – М.: Машиностроение, 1985. – 496 с.
3. Оленева О.А., Селиванова О.В., Беликов С.В. Диаграмма состояния системы железо – углерод // ГОУ ВПО «УПИ» Учебное пособие 2006
4. Кукса Л. В., Черепенников А. В. Микромеханизм деформации и физико-механические свойства стали при растяжении, сжатии и испытаниях на устойчивость // Известия Волгоградского государственного технического университета 2008. Т.10, №2
5. Зуев Л.Б., Данилов В.И. Автоволновая модель деформации и разрушения// VI Российская научно-техническая конференция "Механика микронеоднородных материалов и разрушение"\24.05.2010 – 28.05.2010, г. Екатеринбург.
6. Nick McCormick, Jerry Lord. Digital Image Correlation// Materialstoday 2010, P. 52-54
7. Плешанов В.С., Кибиткин В.В., Напрюшкин А.А., Солодушкин А. И. Изменения деформации материалов методом корреляции цифровых изображений, г. Томск
8. Центральный металлический портал РФ [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. URL: http://metallichekiy-portal.ru/marki_metallov/sti/U12, свободный. – Яз. русский. Дата обращения: 20.05.2017 г.
9. Макагон И. С. Исследование очагов воздействия лазерного излучения на поверхности углеродистой стали // Томский политехнический университет, Томск 2016
10. Principles of Heat Treatment of Steel By Romesh C. Sharma - New Age International (P) Limited 2003 Page 101-110

11. Practical heat treating By Jon L. Dossett, Howard E. Boyer - ASM International 2006 Page 112
12. Зуев Л. Б., Данилов В. И. О природе крупномасштабных корреляций при пластическом течении // Физика твердого тела. 1997. Т. 39, № 8. С. 1399–1403.
13. Zuev L. B., Danilov V. I. A self-excited wave model of plastic deformation in solids // Phil. Mag. 1999. V. 79, N 1. P. 43–57.
14. Григорьянц А. Г. Основы лазерной обработки материалов. – М.: Машиностроение, 1989. – 300 с.
14. Павличев К. В. Разработка автоматической системы анализа спекл-фотографий и электронных спекл-изображений для исследования закономерностей пластической деформации // Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ); Академия наук СССР (АН СССР), Сибирское отделение (СО), Институт физики прочности и материаловедения (ИФПМ) ; науч. рук. Л. Б. Зуев. — Томск: 2011.
15. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
16. ГОСТ 12.1.003-2014. Шум. Общие требования безопасности.
17. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий.
18. ГОСТ Р 12.1.019-2009. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.
19. СП 52.13330.2011 Естественное и искусственное освещение.
20. ГОСТ 12.1.003-83 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Общие требования безопасности.
21. ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования.
22. НПБ 105-03 Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности.

23. ГОСТ 12.2.032-78. Система стандартов безопасности труда. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.
24. СанПиН 5804-91 Санитарные нормы и правила устройства и эксплуатации лазеров.
25. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы.

Приложение А

Раздел 9 Английский язык Literature review; Experiment

Студент

4ВМ5Б	Боёк Светлана Александровна		
Группа	ФИО	Подпись	Дата

Консультант кафедры Лазерной и световой техники (ЛИСТ):

доцент	Зыков Илья Юрьевич	к. ф.-м. н		
Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата

Консультант – лингвист кафедры Английского языка (ИЯФТ):

доцент	Устюжанина Анна Константиновна	к.ф.н.		
Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата

1. Heat treatment of metals

Heat treatment is a process which is used in many industries to improve wear characteristics and to extend service life of cutting tools and shaft bearing surfaces. Heat treatment includes heating, then cooling (hardening) the parts. This transforms the crystal structure, which becomes more solid than at room temperature. Steels can be heat-treated to produce a wide variety of microstructures and properties. The hardness of metal is directly proportional to the one-axis yield stress at the place of applied stress. A harder metal will have a higher resistance to plastic deformation than a less hard metal.

1.1 Laser heat treatment

Laser hardening is used to obtain rigid and wear-resistant structure of the outer layer. It can be used for all the materials subject to thermal hardening and induction hardening. The technology is fully automated and allows hardening of flat surfaces, cylindrical surfaces and other details of complex geometry. The process produces a thinner crystal lattice than the lattice formed as a result of flame hardening and induction hardening.

Laser radiation is a forced monochromatic radiation of a wide range of wavelengths. Technological lasers can generate radiation in the range from 0.3 μm to 10 μm . For technological purposes, such parameters as radiation coherence, monochromaticity, pulse energy, beam divergence angle, pulse duration are important.

To calculate the thermal processes during laser processing, it is necessary to take into account the features of laser radiation interaction with the surface of the processed metal. The intensity of the laser radiation will depend on the reflection coefficient, which is determined by the material and wavelength.

With the help of tensile tests it is possible to check the material for strength characteristics after hardening. As a result, we obtain the tension diagrams (Fig. 1).

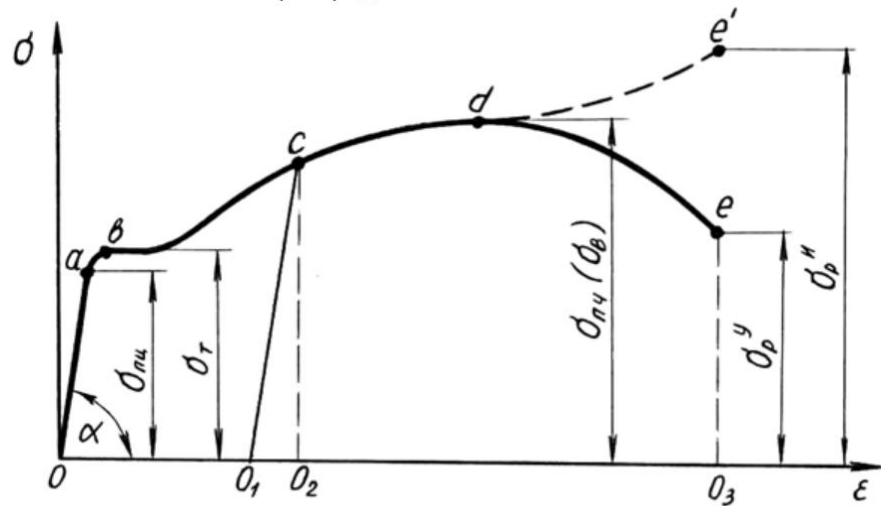


Figure 1. Conditional stress tensile diagram

The stretch diagram is unique for each material and is determined by recording the strain value at different stretching or compressive load intervals. It shows such properties of the material as the elastic limit, the yield point, the tensile strength, the tear stress and includes the data for determining the modulus of elasticity. In case of plastic materials, the material is elastically elongated at the beginning of the test. Stretching (both longitudinal and transverse) first increases in proportion to the voltage, and the sample returns to its original length when the stress is removed.

With the further increase in the applied stress, it causes plastic deformation in addition to the elastic limit. Constant stretching remains even after removal of the applied stress. The deformation of the material at this stage begins to increase faster than the corresponding stress, and continues to increase until the yield point is reached. When the yield point is reached, the material begins to stretch.

The ratio of the applied stress to the original cross-sectional area is called the normal stress, and it continues to increase with elongation due to hardening or strain hardening until the tensile stress becomes maximum. This voltage value at

maximum load can be calculated by dividing the maximum load by the original cross-sectional area.

With a certain load value, the deformation continues at a low speed without any additional stretching. This phenomenon of slow expansion, increasing with time, under constant stress, is called creep. The neck begins to develop at this point along the length of the sample, and further plastic deformation is localized inside the neck. The cross-sectional area decreases in proportion to the increase in length during elongation. It should be noted that the volume of the test rod remains constant.

Of particular interest is the flow area. In this area, one can investigate the change in the sample plasticity. The presence of a pivot point can be confirmed not only by means of a stress diagram, but also in the presence of slip bands - the Luders bands, which are localized plastic deformation bands in metals during the tensile test.

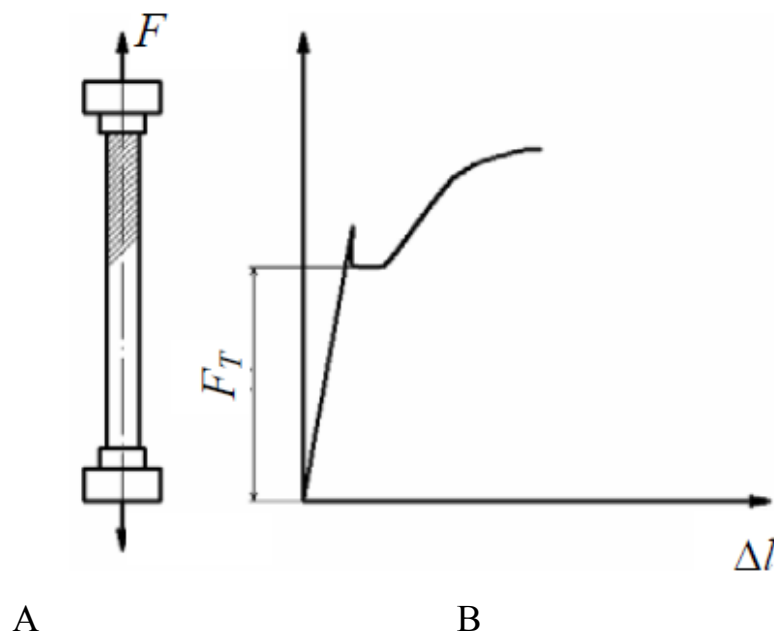


Figure 2. Formation of the yield point during the tensile test of a steel sample. A - advance of the plastic deformation front; B - formation of the yield point

When testing, you can observe the upper and lower yield strength. At the upper limit of fluidity, plastic flow causes the development of the Chernov-Ljuders bands. The plastic deformation front moves with the formation of the Chernov-Ljuders bands from one end of the working area of the sample to the other [1].

The localization bands appearing in the samples are spatio-temporal structures spontaneously formed at the constant strain rate. In other words, the formation of localized plasticity nuclei consists in the spontaneous stratification of the deformed medium into volumes that are deformed at a given instant of time and alternate with each other. The concept of the localization of plastic flow is a process of self-organization, according to which the spread of the deformed system decreases with the formation of localized deformation structures, which is evidence of ordering.

A characteristic feature of the plastic flow is its multistage nature. Therefore, it is convenient to compare the observed localization samples with the strain hardening law acting at the stage of plastic flow. When analyzing the macrolocalization of plastic deformation, we must understand the nature of the systematically occurring localization schemes corresponding to the flow stages. The centers move at the constant rate, and the observed regularities of localization are characterized in many cases by a pronounced periodicity, which allows them to be characterized both spatially and temporally.

Models of localization of plastic flow in solids and their comparison with data on deformation mechanisms allow us to determine certain features of the process, among which the most important are the following.

- Localization phenomena occur spontaneously at a constant rate of tension of the sample and do not require special action for their appearance.
- Localization models gradually and regularly change with the development of plastic flow, and their evolution is closely related to the stages of the flow.

- At certain stages of the localization model, there is a pronounced spatial and temporal periodicity.
- Each picture of localization and phenomena at the relevant stage of the flow process is associated with some microscopic deformation mechanisms. At this stage hardening takes place [3].

1.2 Digital Image Correlation

To observe the patterns of localization, the DIC (Digital Image Correlation) method is used (Fig. 3).

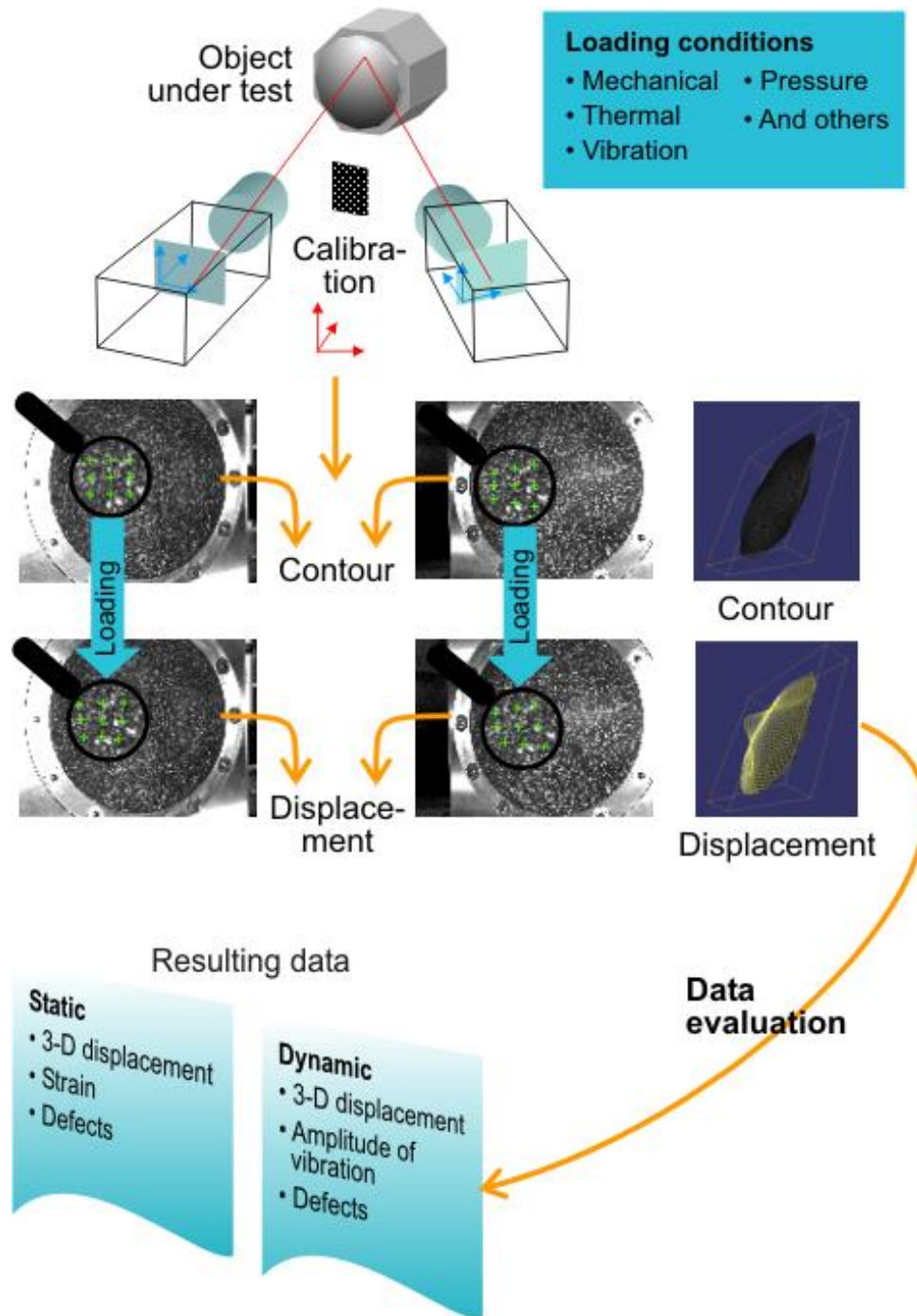


Figure 3. The DIC method

This method is based on a double speckle photograph. This technology is capable of producing non-contact measurements of strain stresses of the entire field. To implement this technique, an automatic laser measuring system was developed to obtain experimental data. This complex allows us to reconstruct the vector displacement field $R(x, y)$ upon deformation of plane samples and calculate the components of the plastic distortion tensor.

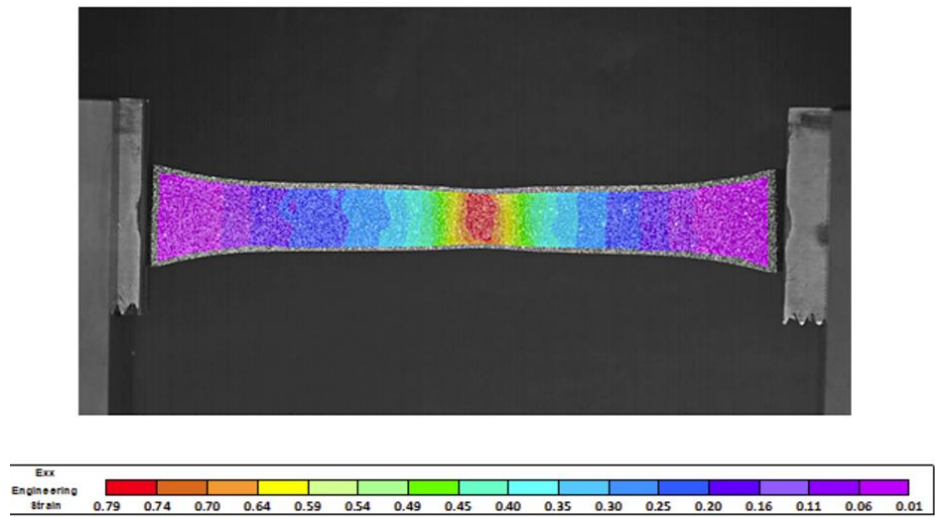


Figure 4. Example of deformation field for samples from thermoplastic stretch material to failure

DIC works by comparing digital photographs of a component or a sample when tested at different stages of deformation. By tracking blocks of pixels, the system can measure the displacement of the surface and create complete 2D and 3D field vector strain fields and deformation maps. To make the DIC work efficiently, the pixel blocks must be random and unique with a range of contrast and intensity. It does not require special lighting, and in many cases the natural surface of the structure or component has sufficient image texture to operate the DIC without the need for any special surface preparation.

Images can be obtained from a variety of sources, including conventional CCDs or consumer digital cameras, high-speed video, macroscopes and microscopes, including scanning electron and atomic force microscopes. The DIC correlation process is not limited to optical images and can also be applied to other data sets, such as surface roughness maps and 2D surfaces of such structures [2].

By setting a stereoscopic sensor, each object point is focused on a specific pixel in the image plane of the corresponding sensor. Knowing the image parameter for each sensor and the orientation of the sensors relative to each other, you can calculate the position of each object point in three dimensions. Using the correlation algorithm, you can identify the image. The correlation algorithm is

based on tracking the gray value pattern $G(x, y)$ in small local bordering neighborhoods.

The measurement quality depends on the precise knowledge of the internal and external system parameters. Calibration is easily accomplished by shooting calibration panel images under different kinds of perspective.

The beam alignment algorithm calculates the internal parameter (focal length, main point, distortion parameter) for each camera and their corresponding orientation, as well as an external parameter (displacement vector and rotation matrix).

When calculating transformation parameters for images under different loading conditions, it is possible to determine the displacement vector and deformation for each face. DIC offers a characteristic of the material parameters in the range of plastic deformation. Its powerful data analysis tools allow you to determine the location and amplitude of the maximum voltage, which are important functions when testing materials.

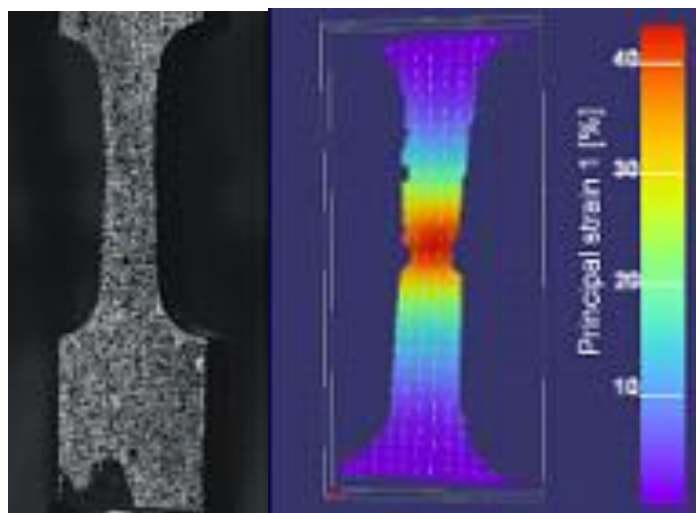


Figure 5. Real image (left), main voltage (right)

2. Equipment and materials



Figure 5. Laser complex LTA4-2

The laser complex LTA4-2 based on a pulsed Nd: YAG laser with a lamp pumping was used for sample processing. This complex has a Z-manipulator with a drive for vertical movement of the product, an automated linear table (X axis), a rotary drive - axis φ , an optical system with TV supervision.

This unit is designed for spot welding, as well as for soldering various materials. Welding is carried out by supplying an inert gas or air to the welding zone, this allows to protect the optics and improve the quality of processing. It increases energy parameters and allows you to set the required values for energy management, repetition frequency, duration and pulse shape. It can process materials such as aluminum, titanium, black and stainless steel, copper, refractory metals and alloys.

Table 1. Parameters of the laser complex LTA4-2

LASER PARAMETERS	
Radiation wavelength, μm	1,064
Pulse repetition rate, Hz	1-150
Duration of pulses ms	2-20
Maximum average radiation power, W	до 250 -300
The energy of the radiation pulse, J	до 50 (100)

2.1 Tensile tests

For stretching experiments, two machines were used, LFM-125kN and modified Instron 1185.

LFM testing machines (fig.6) are used in metallurgical, woodworking and other industrial sectors or in research laboratories and universities, where the size and strength of the sample require higher load capacities. This series of test machines is driven by a high-sensitivity AC servomotor with high starting torque. Ball screws without clearance provide high load capacity, high positioning accuracy and repeatability. The lower base plate is also available with T-slots suitable for attaching components, samples, assemblies or other accessories.

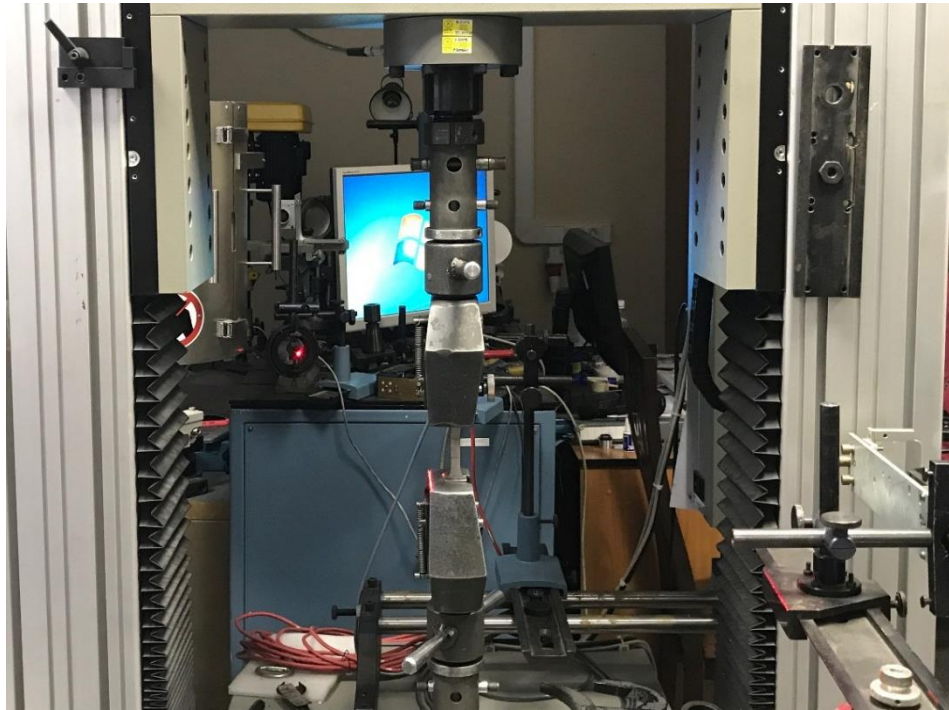


Figure 6. Test machine of the LFM-125kN series

Instron 1185 is a widely used mechanical testing machine for measuring the tensile, compression, strength, modulus of elasticity, deformation. It is controlled by the Bluehill software, and is also equipped with accessories for measuring Poisson's ratio, flexural strength and flexural properties. The temperature chamber is also equipped to measure material properties at elevated temperatures.

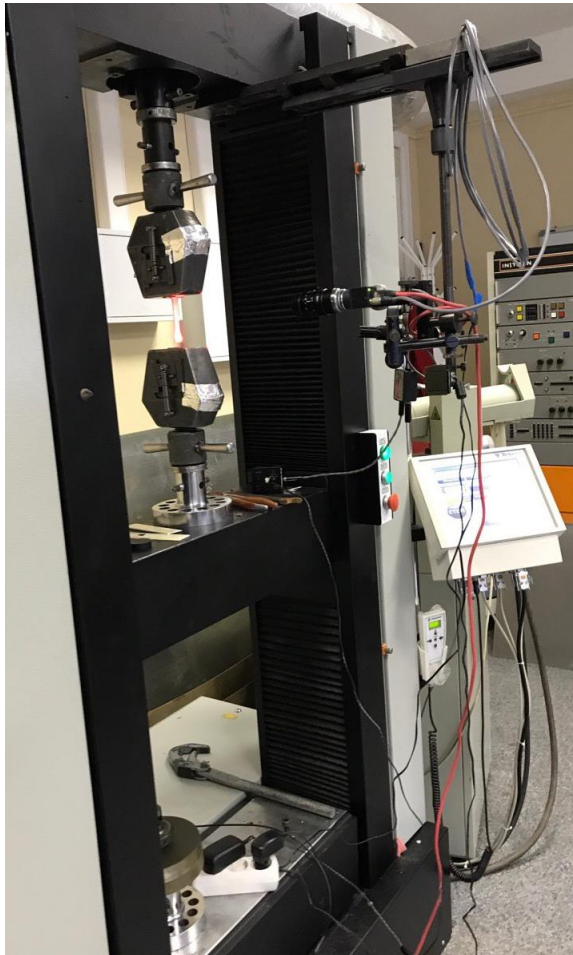


Figure 7. Instron 1185 testing machine

To obtain pictures of localization, the method of digital correlation photography was used (fig. 8).



Figure 8. Survey of spectrographs using the DIC method

2.2 Sample handling

The experiment included the heat treatment of samples with the specified plant parameters, given in Table 2. The dimensions of the working area of samples are 45 mm x 10 mm. The studies were carried out on 6 samples of steel grade U12 (Fig. 9).



Figure 9. Samples after laser treatment

Table 2. Parameters of the laser radiation effect on the samples

Sample number	Pulse width, ms	Spot diameter, mm
2	12	0,8
3		0,8
4		0,9
5		0,5
6		0,3

The treatment was carried out at room temperature. The angle between the optical axis and the surface was 90 degrees. The hardening spots were applied to the surface of the sample in the form of a matrix. The distance between the foci is equal to the diameter of the spot. During processing, a shielding gas, argon, was used. After processing, the samples were cooled at room temperature (about 20°C).

As a result of the processing of the samples, 3 types of deformation centers with different penetration depths and different diameters were obtained. In the same way, the centers of deformation from the previous work, sample 7 (Fig. 10) were measured. To conduct the microanalysis, samples were poured into an epoxy composition, metallographic sections were prepared using samples of grinding skins with different grain sizes of abrasive. The final polishing was carried out on the cloth with the use of GOI paste. The structure was detected by etching with 4% HNO₃ solution in ethyl alcohol.

Four samples with different focal parameters were investigated. The measurements were carried out with the AxioObserver A1.m microscope by Carl Zeiss (Germany) in the AxioVision v.4.6 software product. The obtained results are presented in Table 3.

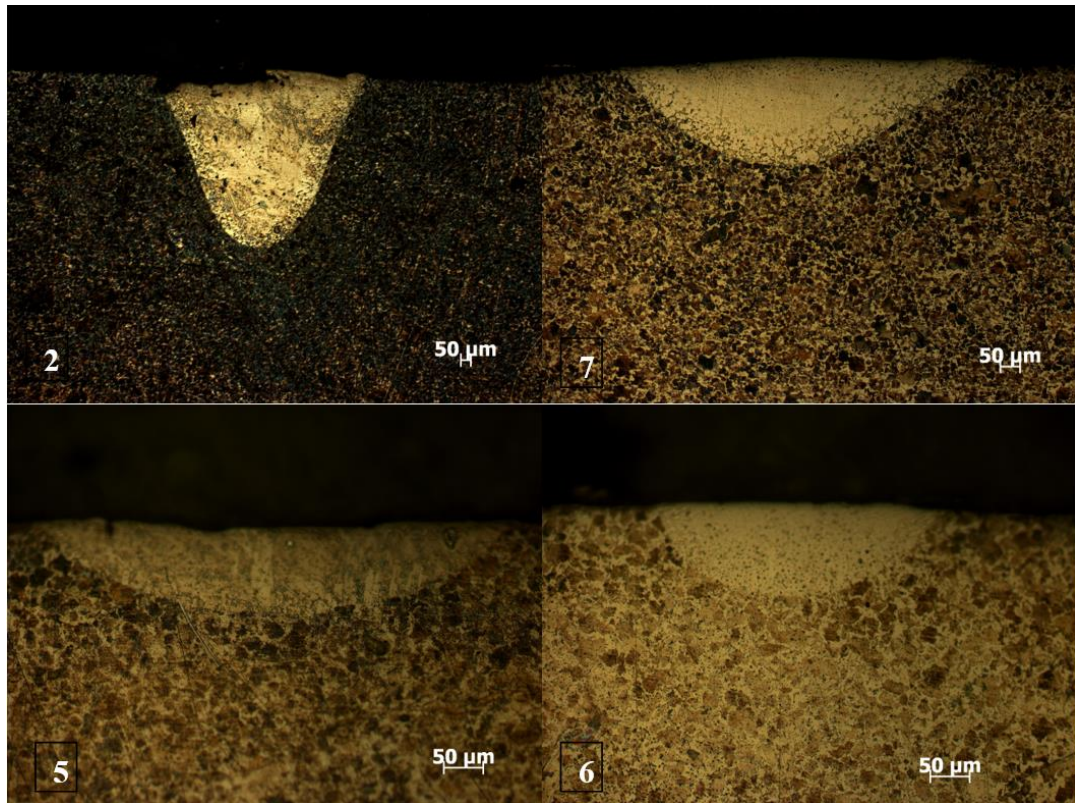


Figure 10. Foci of hardening. Sectional view

Table 3. Parameters of the centers deformation

Sample number	Depth of penetration, μm	Focal diameter, μm
2	877	1012
5	106	579
6	116	347
7	271	864

After the creation of local center, the samples were subjected to a tensile test. Based on the results of these tests, the loading diagrams shown in Fig. 12 were obtained.

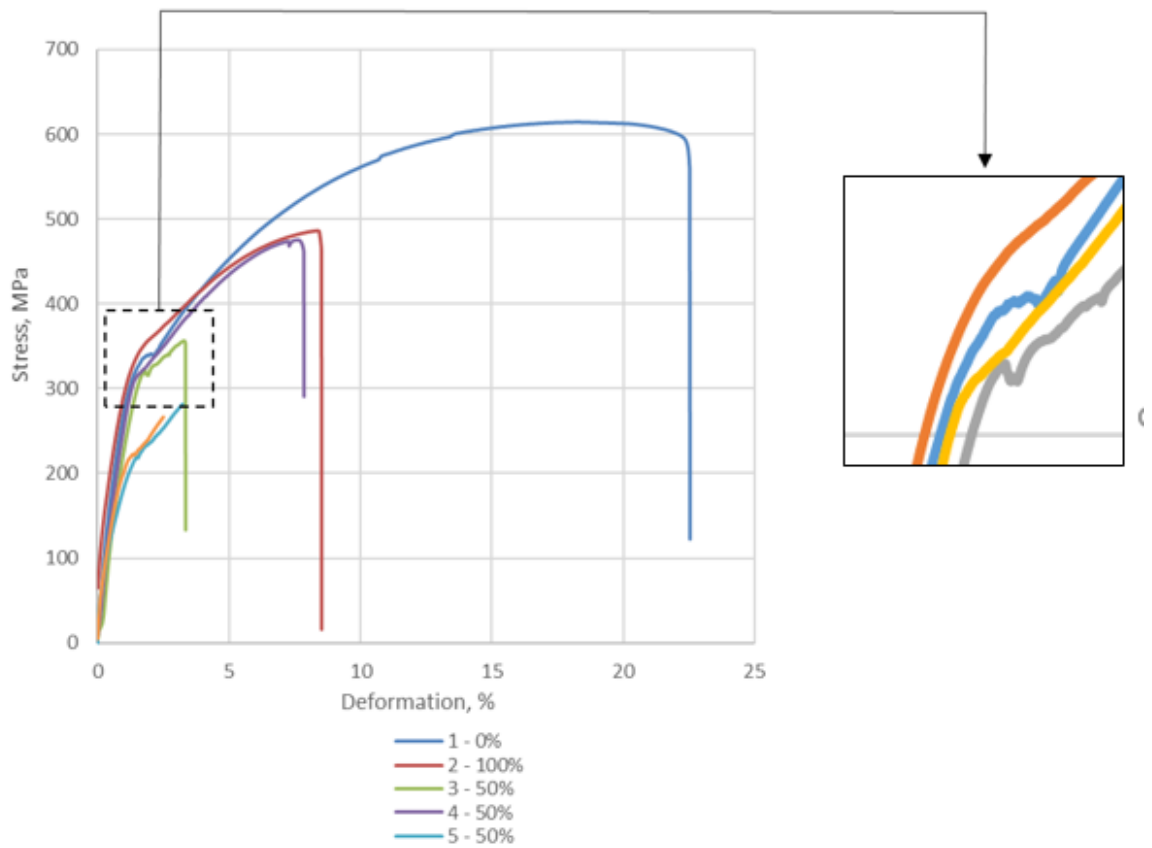


Figure 12. Diagrams of stretching samples with different types of processing

On the stretching diagram of the initial sample, the signs of yield surface are visible, while treated completely on samples and half processed in the center of the working zone, they are practically absent. It is also evident that the sample plasticity sharply decreases with a greater number of deformation centers.

It can also be noted that on completely processed samples, regardless of the depth of penetration, there is no stage of neck formation, in contrast to the original sample.