

Отзыв

официального оппонента Уткина Ивана Юрьевича
на диссертационную работу Хомича Юрия Владиславовича
«Исследование термической обработки поверхностей металлов и керамик
наносекундными импульсами лазерного ультрафиолетового излучения для
диффузионной сварки», представленную на соискание ученой степени кандидата
технических наук по специальности 2.6.1. (05.16.01) – «Металловедение и
термическая обработка металлов и сплавов»

Развитие современных технологий в таких передовых отраслях, как атомная энергетика, авиационная и аэрокосмическая промышленность требует освоения соединений разнообразных материалов при растущих требованиях к улучшению качества сварного шва и сокращению энергетических и временных затрат при диффузионной сварке, широко используемой для соединения разнородных материалов и деталей различных форм и размеров. Одним из решений указанной проблемы является развитие новых методов предварительной подготовки свариваемых материалов. В работе предлагается использовать термическую обработку свариваемых поверхностей лазерным излучением наносекундной длительности, что приведет к формированию микронных и субмикронных структур с определенными параметрами геометрии и изменению физико-химических поверхностных свойств, что, в свою очередь, положительно сказывается на механических свойствах диффузионно-сварных соединений. Ранее для изменения структуры поверхности применяли такие технологические приёмы, как нанесение покрытий, использование прослоек из металлов или порошкообразных материалов, а также создание на свариваемых поверхностях периодического рельефа посредством механической или лазерной обработки. Причем в случае лазерной термообработки поверхности можно получить такие преимущества, как очистка исходной поверхности от примесей и загрязнений, закаливание и повышение износостойкости материала, увеличение прочности и устойчивости шва к окислению. Однако, несмотря на это, метод лазерной модификации поверхности для диффузионной сварки до сих пор недостаточно исследован.

В связи с этим, **актуальность** диссертационной работы Хомича Ю.В., посвященной исследованию влияния предварительной термической обработки контактных поверхностей наносекундным лазерным ультрафиолетовым (УФ) излучением на свойства их соединения при диффузионной сварке, не вызывает сомнения.

Научная новизна диссертационной работы заключается в исследовании нового подхода предварительной термообработки материалов наносекундными лазерными импульсами перед диффузионной сваркой, который приводит к улучшению механических свойств получаемых соединений. Также показано, что использование УФ лазеров для перфорации металлических прослоек, применяемых при соединении керамических материалов, позволяет повысить механические свойства диффузионно-сварных соединений керамика-медь-керамика.

Достоверность полученных научных результатов обеспечивается использованием общеизвестных аналитических методов, высокоточного современного измерительного оборудования, методов оптической профилометрии, атомно-силовой микроскопии и сканирующей электронной микроскопии, проведением механических испытаний по известным методикам, описанным в ГОСТ, а также достаточно большим количеством проведенных измерений.

Практическая ценность работы заключается в предложенном способе предварительной термической обработки поверхности образцов наносекундными импульсами лазерного УФ излучения, который позволил улучшить механические свойства соединений металлических сплавов, причем в случае никелевого сплава ЧС57 удалось снизить оптимальную температуру процесса на 160 °С с сохранением прочностных характеристик. Заметно увеличены предел прочности и относительное удлинение твердофазного соединения Si₃N₄ – медь – Si₃N₄ за счет лазерной перфорации металлической прослойки и керамики наносекундным лазером. Также практическая значимость работы подтверждается наличием у автора трех патентов по исследуемой тематике.

Все защищаемые положения и выводы работы **обоснованы** и изложены в тексте диссертационной работы, которая состоит из введения, пяти глав, заключения и списка используемой литературы.

Во введении обоснована актуальность темы исследования, сформулированы цели и задачи работы, приводятся основные защищаемые положения, дана оценка новизны работы и кратко изложено ее содержание по главам.

В первой главе проанализированы особенности процесса диффузионной сварки, приводится сравнение различных методов подготовки свариваемых поверхностей, таких как механическая обработка, нанесение поверхностного наноструктурированного слоя, отжиг, использование промежуточного металлического слоя и эффекта низкотемпературной сверхпластичности. Проведён обзор методов лазерной модификации поверхности, который показал, что наиболее простым и доступным для термообработки свариваемых поверхностей является метод прямого лазерного наноструктурирования с использованием лазеров, генерирующих излучение в наносекундном диапазоне длительностей.

Во второй главе представлена теоретическая оценка процессов лазерной термообработки материалов с целью модификации поверхности для последующей диффузионной сварки, обоснован выбор лазерного источника и его параметров, даны описания экспериментальной установки и методики исследования.

В третьей главе приведено исследование процессов лазерной термообработки поверхностей жаропрочного сплава на никелевой основе марки ЧС 57, коррозионностойких сталей марок 09X17H, 08X18H10T, 12X18H10T и хромированной бронзы неподвижным и сканирующим пучком излучения наносекундного диапазона длительности с длиной волны излучения 355 нм, в ходе которого выявлено формирование микронных, субмикронных и наноструктур при энергиях лазерного излучения 0,5-5 Дж/см², при количестве импульсов равном от 100 до 500 в зависимости от материала. Выявлено образование новых структур в виде застывших капель диаметром около 500 нм на ножках высотой порядка 1 мкм

на поверхности Cu-Cr бронзы при воздействии Nd:YAG лазера с длиной волны излучения 355 нм.

В четвертой главе показано положительное влияние предварительной лазерной термообработки заготовок на механические свойства диффузионно-сварного соединения металлов и сплавов. Для соединения ЧС57 – ЧС57 наблюдалось увеличение предела прочности на 12 % и относительного удлинения на 21 % у деталей с лазерной обработкой при температуре диффузионной сварки 1160 °С. При температуре в 1000 °С увеличение предела прочности после обработки лазерным пучком с плотностью энергии 2 Дж/см² составило 29 %, а относительного удлинения 160 %, что указывает на возможность уменьшения температуры диффузионной сварки. Для соединения Бронза – Сталь значение предела прочности незначительно увеличилось на 5 % – с 245 МПа до 258 МПа при температуре диффузионной сварки 1160 °С. Для соединения 08X18H10T – 09X17H значение предела прочности увеличилось на 14 % - с 416 МПа до 474 МПа. Улучшение механических свойств соединений из стали и сплавов объясняется уменьшением среднего размера зерен, сформировавшихся в процессе предварительной лазерной термообработки, и возникновением эффекта низкотемпературной сверхпластичности.

В пятой главе исследовано влияние лазерной перфорации элементов диффузионно-сварного соединения образцов из керамики Si₃N₄ с использованием медной прокладки на его механические свойства. Перфорация элементов позволила интенсифицировать пластическую деформацию материала перфорированной прокладки, что существенно повлияло на кинетику образования сварного соединения и сделало распределение деформации по поверхности соединения существенно более равномерным по сравнению со сплошной прослойкой, что привело к увеличению предела прочности соединений с обработанными элементами в среднем на 45 % и относительного удлинения почти на 50 % по сравнению с соединениями со сплошной прокладкой.

В заключении приведены основные выводы, полученные в рамках диссертационной работы.

В качестве замечаний к диссертационной работе можно отметить следующее:

Глава 1

В обзоре литературы уделено слишком мало внимания электрохимическим методам предварительной подготовки поверхности, которые отличаются своей масштабируемостью и играют большую роль в реальном промышленном производстве.

Глава 2

Рассматривались ли варианты других лазерных источников для термической обработки материалов? Например СО₂ лазер или волноводные лазеры?

Глава 3

В качестве объектов исследования в данной работе были выбраны материалы ЧС 57 (ХН55МВЦ), стали марок 09X17H, 08X18H10T, 12X18H10T и Cu-Cr и несколько вариантов их соединений. Чем обусловлен такой выбор?

Глава 4

Чем объясняется понижение механических свойств диффузионно-сварного соединения ЧС57 при обработке поверхностей в режиме 2 (см. рис. 4.6)?

Глава 5

На рис. 5.6 на профилограмме наблюдается большое количество белых пятен, наличие таких белых пятен было заметно и в Главе 3 в гораздо меньшем объеме. С чем это связано?

Однако приведенные замечания не снижают научной ценности диссертационной работы Ю.В. Хомича. Содержание автореферата достаточно полно отражает суть работы и основные защищаемые положения.

Основные научные результаты работы излагаются в 18 публикациях, в том числе 10 статей в журналах из перечня ВАК, 7 статей в журналах, входящих в базы данных WoS или Scopus, 6 публикаций в трудах конференций; а также получены положительные решения на 3 заявки на патенты. Диссертационная работа была апробирована на различных международных и российских конференциях. Результаты работы используются в ряде научных и учебных организаций.

Представленная диссертация является законченной научно-квалификационной работой, выполненной на актуальную тему на достаточно высоком научном уровне. Оформление диссертации и автореферата соответствуют требованиям, предъявляемым ВАК к кандидатским диссертациям. Тематика работы соответствует п. 2 и п. 4 Паспорта специальности ВАК технических наук по специальности 2.6.1. (05.16.01) – «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов».

Считаю, что диссертационная работа Хомича Ю.В. на тему «Исследование термической обработки поверхностей металлов и керамик наносекундными импульсами лазерного ультрафиолетового излучения для диффузионной сварки» отвечает требованиям п. 9 Положения о порядке присуждения ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 (ред. от 10.06.2017), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а Хомич Юрий Владиславович достоин присуждения степени кандидата технических наук по специальности 2.6.1. (05.16.01) – «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов».

Доцент кафедры сварки и мониторинга
нефтегазовых сооружений, к.т.н.

Уткин Иван Юрьевич



Контактные данные: Уткин Иван Юрьевич

Федеральное государственное автономное образовательное

учреждение высшего образования «Российский государственный университет нефти и газа

(национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина»

Почтовый адрес: 119991, г. Москва, проспект Ленинский, дом 65, корпус 1

Рабочий телефон: +7 (499) 507-84-23

E. mail: iutkin89@yandex.ru