

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию
Дуброва Александра Владимировича
«Оптическая диагностика течения расплава металла
в технологии резки с использованием CO₂-лазера»,
представленную на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук
по специальности 05.27.03 – «Квантовая электроника»

Лазерная резка является хорошо отработанным технологическим процессом с достаточно ясной эмпирической картиной, несмотря на многообразие различных приводящих оптических, теплофизических и гидродинамических явлений. Вместе с тем, многие количественные параметры, характеризующие гидродинамическое движение расплава для разных условий и режимов резки, и представляющие большой интерес для моделирования процесса лазерной резки (что в перспективе позволит создать универсальную теоретическую модель этого процесса и принципиально повысить степень автоматизации процесса), до сих пор неизвестны. Поэтому, поставленная в работе научная задача экспериментальной разработки методов, позволяющих измерения ряда таких параметров – в частности, скоростей течения расплава по фронту реза, а также идентификации по ним оптимальных режимов резки – является актуальной и значимой, и была в основном решена соискателем.

В первой главе кратко описывается суть процесса лазерной резки и сопровождающие его оптические, гидродинамические и теплофизические явления, а также обзор методов исследования и мониторинга параметров процесса, включая его автоматизацию. Кратко рассматриваются основы пирометрических исследований, в том числе двухцветной (метод спектрального отношения).

Во второй главе рассматриваются различные механизмы модуляции температуры поверхности расплава на фронте лазерной резки для задачи оптической диагностики лазерной резки по тепловому излучению расплава, описывается установка для лазерной резки в сочетании с разработанным и сконструированным модулем двухцветной многоканальной пирометрии с временным разрешением, а также использованные режимы лазерной резки, приводятся осциллограммы яркостной температуры для режимов резки сталей различной толщины с одноканальной пирометрической диагностикой и автокорреляционный анализ их осцилляций. Показано, что осцилляции температуры с частотами выше 400 Гц (сталь толщиной 6 мм) или 800 Гц (сталь толщиной 3 мм) связаны с газо- или гидродинамическими возмущениями поверхности расплава или результирующими тепловыми неоднородностями.

В третьей главе приводятся результаты измерений яркостной температуры с использованием всех четырех каналов и их взаимно-корреляционного анализа с выводом скоростей перемещения и размерных параметров температурных неоднородностей по фронту резки для разных образцов стали и режимов процесса с использованием процедуры частотной фильтрации. Обнаружены стабильные режимы течения расплава с определенными значениями скорости тока, которые могут спонтанно сменять друг друга при низких скоростях резки, а также нестабильность течения расплава при высоких скоростях. Обсуждается структура течения расплава при стабильных и нестабильных условиях тока.

В четвертой главе приводится расчет длин волн, возбуждаемых на поверхности расплава в условиях увлечения жидкой пленки турбулентным потоком газа для использованных в работе условий и режимов лазерной резки, с использованием существующей интегральной аналитической модели. Полученные расчетные результаты находятся в удовлетворительном согласии с результатами измерений при учете резонансного усиления длинноволновой моды миллиметрового диапазона.

По тексту и содержанию работы имеется ряд замечаний:

Во-первых, поскольку корреляционный анализ дает вероятностную оценку параметров движения расплава, крайне желательно использовать для изучения этих параметров и другие независимые методы исследования. При подтверждении результатов двухцветной многоканальной пирометрии другими методами она может уже непосредственно использоваться для технологического мониторинга процесса лазерной резки.

Во-вторых, в схеме экспериментальной установки в диссертации и автореферате присутствует фильтр, который не упомянут в описании установки.

В-третьих, на временных зависимостях яркостной температуры в главе 2 убран пьедестал и поэтому соотношение сигнал/шум не определено, тогда как именно шум (флуктуации) является предметом анализа.

В-четвертых, экспериментально установленные скорости течения расплава было бы желательно сопоставить с параметрами резки, используя уравнения материального и энергетического баланса, отчасти приведенные в главе 1, а также с литературными результатами для сопоставимых условий.

В-пятых, неточно обозначать в главе 1 поглотительную способность материала коэффициентом поглощения – это имеет смысл только в случае коэффициента отражения (отражательной способности).

В-шестых, в тексте присутствуют немногочисленные опечатки, а ряд ссылок оформлен иначе (не по ГОСТу), чем большинство других.

Приведенные замечания имеют преимущественно технический характер, не снижая общей значимости работы. Представленная диссертация является законченным научным трудом, представляющим не только ценные экспериментальные данные для теоретического моделирования процесса лазерной резки, но и важный, информативный экспериментальный метод для изучения процесса лазерной резки, его мониторинга и автоматизации.

Основные результаты проведенных исследований опубликованы в реферируемых научных изданиях и представлялись на профильных отечественных и зарубежных научных конференциях.

Автореферат диссертации полно и точно отражает содержание представленной в диссертации работы. Диссертация полностью удовлетворяет требования ВАК Министерства образования и науки РФ, а ее автор – Дубров Александр Владимирович – несомненно заслуживает присуждения ему искомой ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.27.03 – «Квантовая электроника».

Старший научный сотрудник
лаборатории газовых лазеров
Отделения квантовой радиофизики,
ФГБУН Физического института им. П.Н. Лебедева РАН,
кандидат физико-математических наук, доцент

Сергей Иванович Кудряшов

Почтовый адрес: 119991, ГСП-1, Ленинский проспект, д. 53, Москва, Россия
Телефон: +7(499)1326083, факс: +7(499)7833690
E-mail: sikudr@sci.lebedev.ru

Подпись С.И. Кудряшова заверяю.

И.о. ученого секретаря ФГБУН Физического института им. П.Н. Лебедева РАН,

М.М. Цвентух

