

7. Рыкалин Н.Н., Углов А.А., Кокора А.Н. Лазерная обработка материалов. – М.: Машиностроение, 1975. – 296 с.
8. Анисимов С.И., Имас Я.А., Романов Г.С., Ходыко Ю.В. Действия излучения большой мощности на металлы. – М.: Наука, 1970. – 272 с.
9. Рэди Дж. Действие мощного лазерного излучения. – М.: Мир, 1974. – 378 с.
10. Хирш П., Хови А., Николсон Р. и др. Электронная микроскопия тонких кристаллов. – М.: Мир, 1968. – 574 с.
11. Чернявский К.С. Стереология в металловедении. – М.: Металлургия, 1977. – 280 с.
12. Кан Р. Атомное строение металлов и сплавов. Т. 1. – М.: Металлургия, 1962. – 236 с.
13. Хансен М., Андерко К. Структуры двойных сплавов. Т. 2. – М.: Металлургия, 1962. – 1488 с.
14. Курдюмов Г.В., Утевский Л.М., Энтин Р.И. Превращения в железе и стали. – М.: Наука, 1977. – 236 с.

Поступила 31.03.2010 г.

УДК 535.231.11+621.375.826+620.179.17

ДИАГНОСТИКА ПРОЦЕССА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПОТОКОВ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ С ТРЕЩИНОЙ В СТАЛИ НА ОСНОВЕ АКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ

А.М. Апасов

Юргинский технологический институт (филиал) ТПУ
E-mail: mchmyti@rambler.ru

Проведена регистрация сигналов акустической эмиссии в процессе воздействия концентрированных потоков энергии лазерного излучения на трещиноподобные дефекты в стали. Установлена зависимость параметров излучения оптического квантового генератора от глубины проплавления дефектов в сталях аустенитного класса. Экспериментально подтверждена возможность устранения (проплавления) дефектов типа трещин с выходом на поверхность металла.

Ключевые слова:

Сигналы акустической эмиссии, излучение оптического квантового генератора, длительность импульса, модулятор, трещиноподобный дефект.

Key words:

Signals of the acoustic emission, optical quantum generator radiation, duration of the pulse, modulator, surface defect.

Введение

Актуальность проблемы обеспечения долговечности и продления ресурса изделиям с имеющимися опасными и недопустимыми дефектами, в частности с трещинами, несомненна. В связи с этим за последнее десятилетие появились публикации основных результатов исследования процессов залечивания микротрещин и трещин как в объеме металла, так и с выходом на поверхность [1].

Эксперимент

Для исследования физико-химических процессов плавления, кристаллизации и трещинообразования, протекающих в результате воздействия лазерного излучения на металл, было использовано явление акустической эмиссии (АЭ). Сигналы АЭ поступали через пьезопреобразователь, установленный на трубопроводе, и предусилитель на измеритель акустических сигналов ИАС-4, где сигнал усиливался и обрабатывался с последующей регистрацией в аналоговом виде на приборе быстрого действия с самопишущем НЗ38-4П. Методика контроля глубины проплавления металла при импульсном воздействии излучения оптического квантового генератора (ОКГ) представлена в работе [2].

Для определения энергетических параметров спектра сигналов АЭ от процессов плавления, кристаллизации и трещинообразования металла был применен многоканальный амплитудный анализатор АИ-1024-95, с помощью которого получены амплитудные распределения сигналов АЭ от различных составляющих процесса воздействия излучения ОКГ.

Обсуждение результатов эксперимента

На рис. 1 представлены амплитудные распределения сигналов АЭ в зависимости от числа импульсов излучения ОКГ при постоянных длительности импульса и напряжении на модуляторе. Максимальное число импульсов АЭ $N_{\Sigma}=850$, располагающихся в 14-м канале анализатора с амплитудой 68,32 мВ, характеризует 100 одиночных импульсов излучения ОКГ, воздействующего на поверхность металла.

При воздействии 5-ти одиночных импульсов лазера максимальное число импульсов АЭ $N_{\Sigma}=46$ располагается в 9-м и 11-м каналах анализатора с амплитудами импульсов 43,92 и 53,68 мВ соответственно.

Исходя из выводов, приведенных в [3], следует, что амплитудные распределения сигналов АЭ в зави-

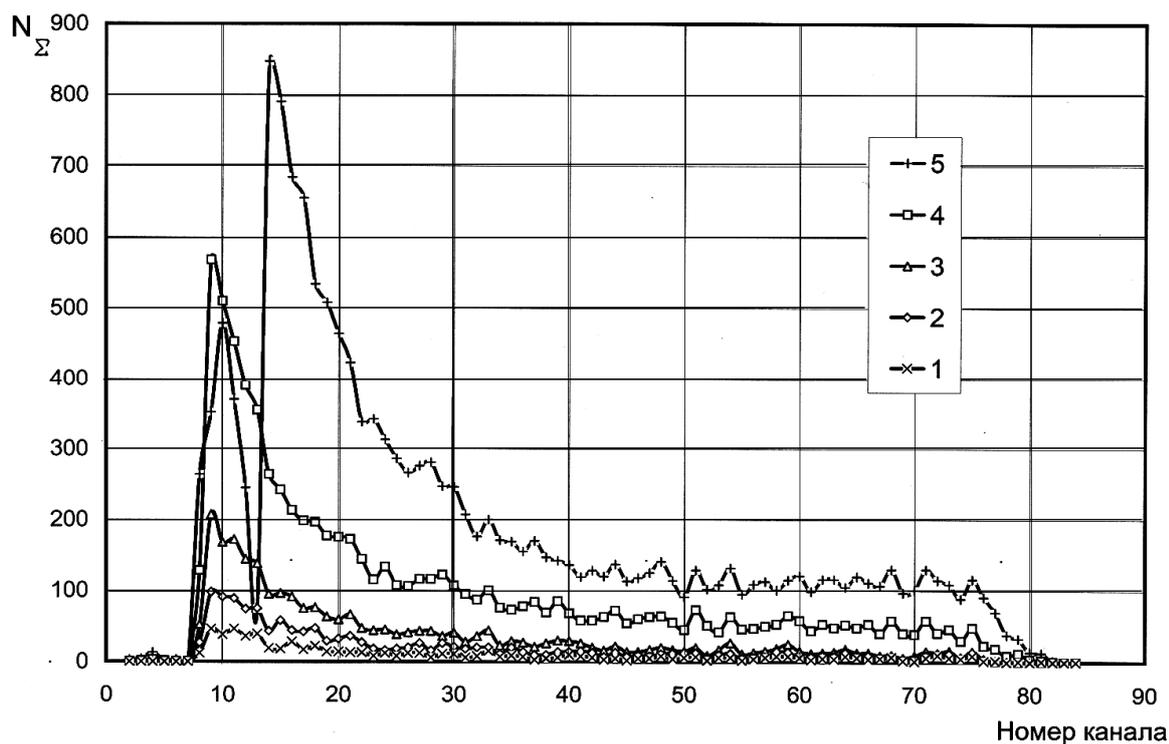


Рис. 1. Амплитудные распределения сигналов АЭ от воздействия импульсов излучения ОКГ на поверхность металла. Длительность импульса $\tau=4$ мс. Напряжение на модуляторе $U_m=400$ В. Количество импульсов: 1) 5; 2) 10; 3) 20; 4) 50; 5) 100

симости от числа импульсов излучения ОКГ, представленные на рис. 1, характеризуют, в основном, процессы плавления и кристаллизации металла.

Тот же самый вывод следует из анализа амплитудных распределений сигналов АЭ от воздействия **одиночного** импульса излучения ОКГ при проплав-

лении трещиноподобного дефекта в зависимости от длительности импульса при постоянном напряжении на модуляторе (рис. 2).

Это подтверждено металлографическими исследованиями. На рис. 3 представлены фотографии микроструктуры проплавленного трещиноподоб-

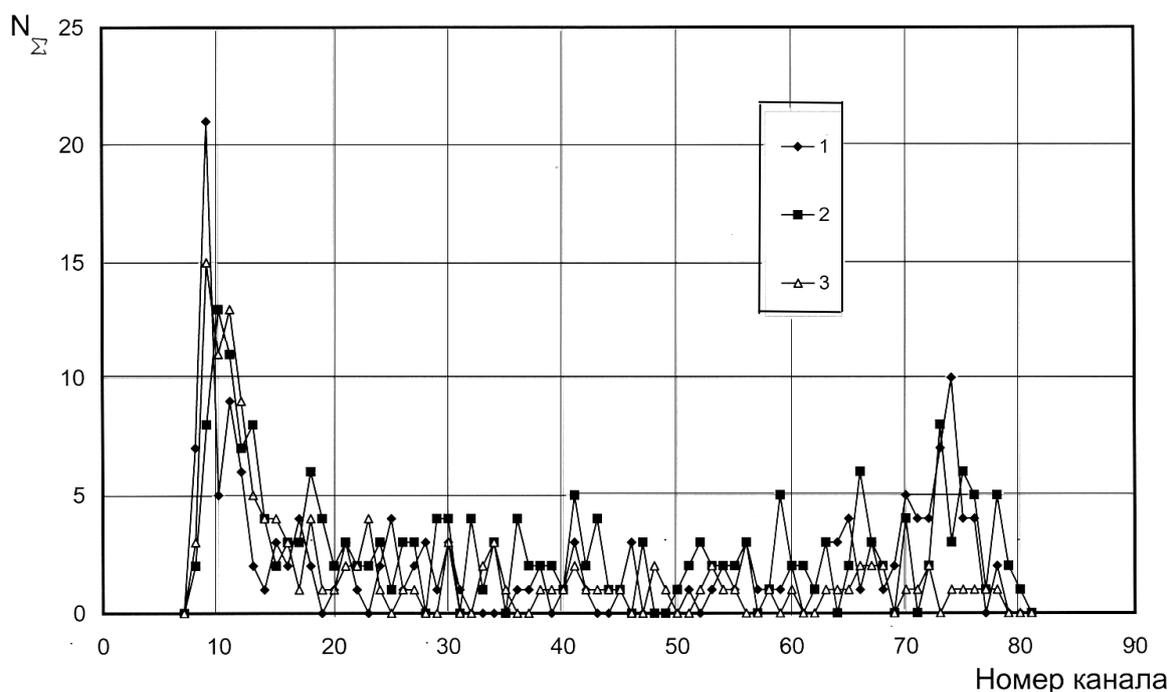


Рис. 2. Амплитудные распределения сигналов АЭ от воздействия одиночного импульса излучения ОКГ при проплавлении дефекта типа трещины. Напряжение на модуляторе $U_m=400$ В. Длительность импульса, мс: 1) 1,5; 2) 2,0; 3) 2,5



Рис. 3. Микроструктура зоны проплавления трещиноподобного дефекта при напряжении на модуляторе $U_m=400$ В. Длительность импульса, мс: 1) 2,5; 2) 4,0

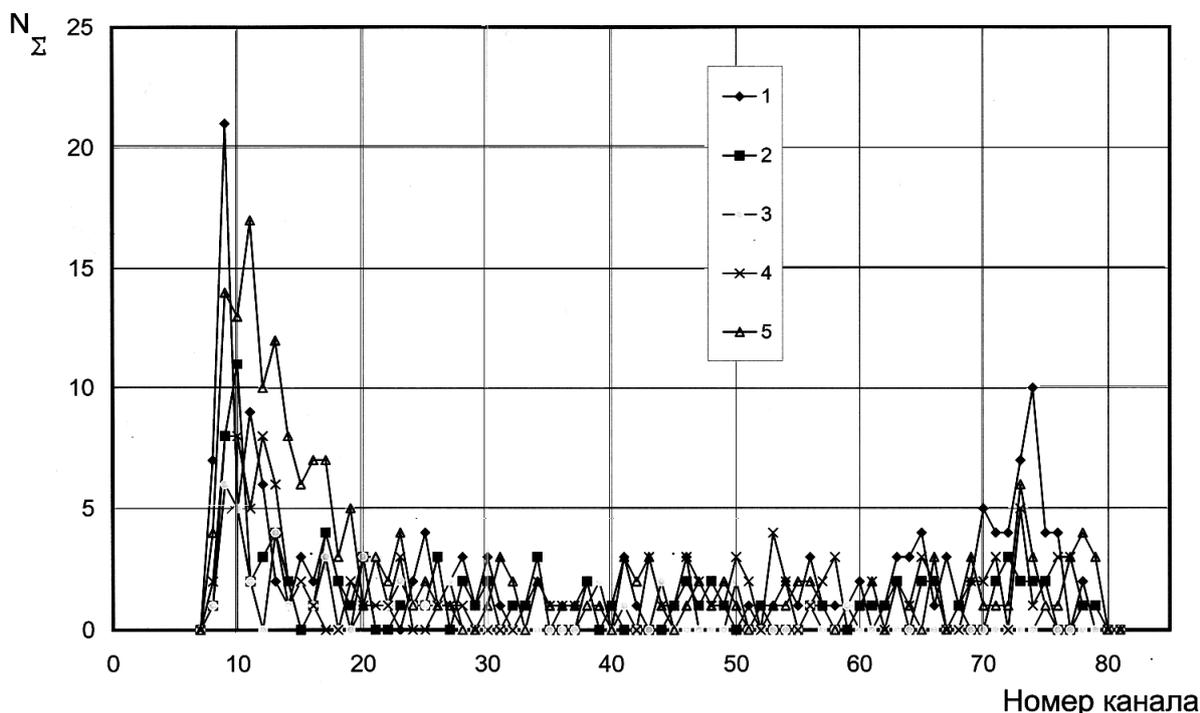


Рис. 4. Амплитудные распределения сигналов АЭ от воздействия одиночного импульса излучения ОКГ длительностью импульса $\tau=1,5$ мс при проплавлении дефекта типа трещины. Напряжение на модуляторе U_m , В: 1) 400; 2) 500; 3) 600; 4) 700; 5) 800

ного дефекта в металле, выполненные с экрана австрийского микроскопа фирмы REICHERT. Отсюда следует, что чем выше значения длительности импульса излучения ОКГ, тем больше глубина проплавления дефекта в металле.

На рис. 4 даны амплитудные распределения сигналов АЭ от воздействия одиночного импульса излучения ОКГ постоянной длительности при проплавлении дефекта типа трещины в зависимости от величины напряжения на модуляторе.

Из проведенного микроструктурного анализа (рис. 5) следует, что с возрастанием напряжения на модуляторе ОКГ при постоянной длительности импульса излучения увеличивается глубина проплавления дефекта.

Амплитуда же сигналов АЭ от трещинообразования [4], зафиксированных в 73 канале анализатора, составляет 356,24 мВ ($N_{\Sigma} \approx 600$ импульсов), что

свидетельствует об очень высокой энергетике процесса зарождения и развития трещин по сравнению с плавлением и кристаллизацией металла.

При воздействии лазерного импульса излучения длительностью 4,0 мс (длина волны 1,06 мкм) и при напряжении на модуляторе $U=400$ В [3] глубина проплавления дефекта больше, чем на рис. 3, что объясняется фокусировкой лазерного излучения на глубину 0,7 мм. В случае, показанном на рис. 3, излучение фокусировалось на поверхность трубопровода.

Выводы

1. Установлена принципиальная возможность устранения (проплавления) трещиноподобных дефектов в сталях аустенитного класса с использованием импульсного излучения оптического квантового генератора.

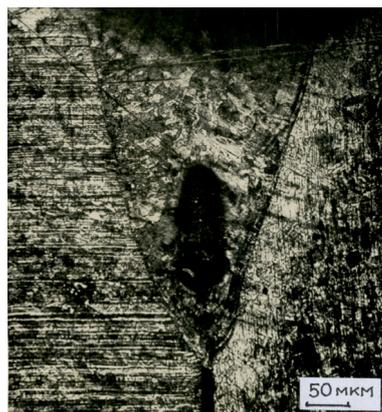


Рис. 5. Микроструктура зоны проплавления трещиноподобного дефекта при постоянной длительности импульса излучения ОКГ $\tau=1,5$ мс. Напряжение на модуляторе U_m , В: 1) 600; 2) 800

2. Проведена регистрация сигналов акустической эмиссии в процессе воздействия концентрированных потоков энергии лазерного излучения на трещиноподобные дефекты в стали. Выявлено, что амплитудные распределения сигналов акустической эмиссии от воздействия на сталь излучения оптического квантового генератора

характеризуют, в основном, процессы плавления и кристаллизации металла.

3. Определено, что глубина проплавления трещиноподобного дефекта тем больше, чем выше значения напряжения на модуляторе и длительности импульса излучения, а также при фокусировке излучения вглубь металла.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Апасов А.М. Изучение влияния излучения оптического квантового генератора на поведение трещиноподобных дефектов в стали // Известия Томского политехнического университета. – 2010. – Т. 317. – № 2. – С. 90–97.
2. Корляков В.К. Акустический контроль глубины проплавления металла при импульсной лазерной сварке // Сварочное производство. – 1983. – № 9. – С. 23–24.

3. Апасов А.М. Взаимодействие концентрированных потоков лазерного излучения с трещиной в стали // Физика и химия обработки материалов. – 2000. – № 4. – С. 34–38.
4. Апасов А.М. Анализ разрушения сварных соединений в процессе сварки // Дефектоскопия. – 1996. – № 10. – С. 24–30.

Поступила 31.03.2010 г.