

## ИЗМЕНЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ АКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ В СТАЛИ 20 ПОСЛЕ МОЩНОГО УЛЬТРАЗВУКОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

Волков А.Е.<sup>1</sup>, Черняева Е.В.<sup>1</sup>, Вьюненко Ю.Н.<sup>1</sup>,  
Клубович В.В.<sup>2</sup>, Рубаник В.В.<sup>2,3</sup>, Рубаник В.В. мл.<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup> Санкт-Петербургский государственный университет. Санкт-Петербург, Россия,  
[lana@smel.math.spbu.ru](mailto:lana@smel.math.spbu.ru)

<sup>2</sup> Институт технической акустики НАН Беларуси. Витебск, Беларусь,  
[iaa@vitebsk.by](mailto:iaa@vitebsk.by)

<sup>3</sup> Витебский государственный технологический университет. Витебск, Беларусь

Известно, что интенсивные ультразвуковые колебания, возбуждаемые в материале, обуславливают возникновение в нем значительных знакопеременных напряжений, что в свою очередь может вызывать движение дефектов, в частности дислокаций. В зависимости от интенсивности ультразвукового воздействия при движении дислокаций могут преобладать процессы их размножения при действии источников Франка-Рида, с одной стороны, и поглощения их границами зерен, аннигиляции и выхода на поверхность тела, с другой стороны. Соответственно, будет происходить увеличение или уменьшение плотности дислокаций [1, 2]. Все это позволяет целенаправленно влиять на структуру материала, в частности, на его прочностные и пластические свойства, что широко используется в промышленности при ультразвуковом упрочнении. [3].

Для определения физико-механических свойств металлов существует большое количество методов, в том числе и метод акустической эмиссии (АЭ). Однако для оценки изменения свойств металла при воздействии мощного ультразвука данный метод не применяется.

Метод акустической эмиссии весьма чувствителен к любым изменениям в состоянии металлов, в том числе, вызванным термомеханической обработкой или циклическими механическими воздействиями [4]. В связи с этим в настоящей работе была предпринята попытка оценить влияние ультразвуковой обработки (УЗО) на сталь 20 с точки зрения изменения параметров АЭ. Схема экспериментальной ультразвуковой установки приведена на рис.1.

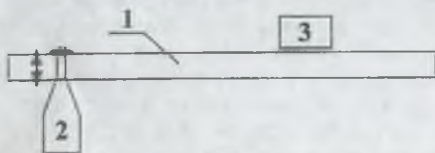


Рис.1. Схема УЗ-установки: 1 – образец, 2 – ультразвуковой преобразователь с волноводом, 3 – датчик для измерения амплитуды колебательных смещений

При помощи ультразвукового генератора УЗГ-1.1 и магнитострикционного преобразователя ПМС 1 (2) (рис.1) в плоском образце стали 20 (1), закрепленном в волноводе, формировали изгибные колебания, амплитуду которых измеряли при помощи емкостного датчика (3). Количество циклов знакопеременного нагружения оценивали с помощью частотомера работающего в режиме счета импульсов (на рисунке не показан). Картина распределения амплитуды колебаний по длине образца представлена на рис.2.

Частота УЗО составляла 22 кГц, максимальная амплитуда – 8 мм. После  $80 \cdot 10^6$  циклов воздействия никаких видимых изменений в образце не произошло. Затем озвученный образец был подвергнут индентированию с записью сигналов акустической эмиссии (рис.3).

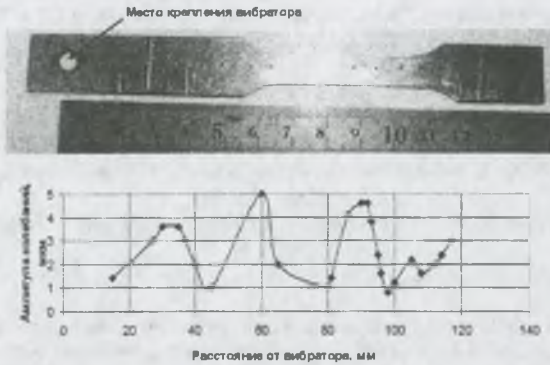


Рис.2. Общий вид образца стали 20 и распределение амплитуды ультразвуковых колебаний вдоль образца

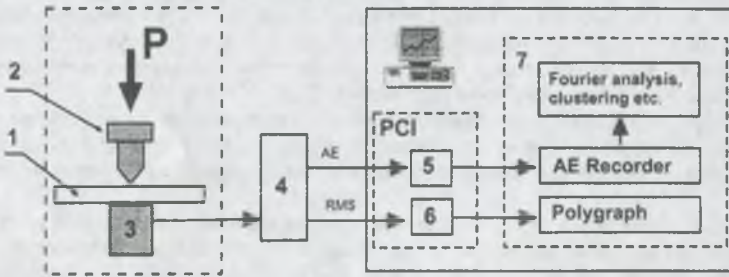


Рис.3. Общая схема акустико-эмиссионной установки: 1 – образец, 2 – индентор, 3 – датчик АЭ, 4 – усилитель MSAE-FA010, 5,6 – платы АЦП, 7 – программное обеспечение

Для регистрации и преобразования АЭ сигналов в электрические применяли датчики АЭ MSAE-L2 (3, рис.3) и усилитель MSAE-FA010 (4) усилением 80 dB. В ходе экспериментов измеряли среднеквадратическое напряжение АЭ на выходе усилителя (RMS) и мгновенные значения сигналов АЭ, превышающие заданный порог. Данные оцифровывали при помощи аналого-цифровых преобразователей (5,6) и записывали в память компьютера для последующей обработки. Все зарегистрированные сигналы АЭ по методике [5] разбивали на группы по форме кривой спектральной плотности, и анализировали спектральные портреты (усредненная форма кривой спектральной плотности мощности) в каждой группе.

В исходном металле было зарегистрировано 2 вида сигналов (назовем их I и II), причем сигналы I составляли от 70 до 90% от общего числа зарегистрированных сигналов (рис.4).

Анализ результатов измерений сигналов АЭ показал, что после 80 млн. циклов УЗО общее количество АЭ сигналов уменьшилось в 1,5–2 раза и хотя основными, по-прежнему, были сигналы I и II, их соотношение явно зависело от места индентирования, т.е. от амплитуды механических напряжений в образце (см. рис.2).

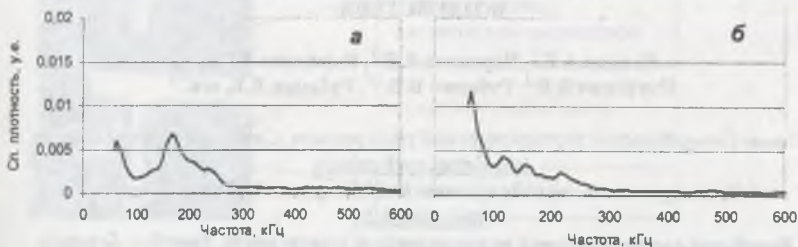


Рис.4. Основные виды сигналов АЭ при индентировании образцов стали 20: I (а) и II (б).

В местах минимального ультразвукового воздействия АЭ была практически аналогичной АЭ в исходном металле, т.е. регистрировались, в основном, сигналы вида I. В местах образцов соответствующих пучностям механических напряжений доминирующими, а часто и единственными, становились сигналы II. Это согласуется с общеизвестным фактом, что максимальные необратимые изменения в структуре металла при воздействии мощных ультразвуковых колебаний происходят в пучностях, а минимальные – в узлах механических напряжений стоячей ультразвуковой волны [1, 6].

Таким образом, акустическая эмиссия зависит от структурных изменений в металле, обусловленных ультразвуковым воздействием и реагирует на них изменением спектральных портретов. Однако для полного понимания происходящих в металле изменений под действием мощного ультразвука и установления корреляционной зависимости с сигналами акустической эмиссии требуются дополнительные исследования с привлечением металлографических и других методов исследований.

#### Список литературы

1. Кулемин А.В. Ультразвук и диффузия в металлах // М.: Металлургия, 1978. - 200 с.
2. Тяпунина Н.А., Наими Е.К., Зиненкова Г.М. Действие ультразвука на кристаллы с дефектами // М.: Изд-во МГУ, 1999. 238 с.
3. Артемьев В.В., Клубович В.В., Рубаник В.В. Ультразвук и обработка материалов // Мн.: «Экоперспектива», 2003. 335 с.
4. Черняева Е.В., Мерсон Д.Л. О возможности использования спектрального анализа акустической эмиссии для решения задач неразрушающего контроля / В кн. II Междунар. научн. конф. «Инновационная деятельность предприятий по исследованию, обработке и получению современных материалов и сплавов» // М.: Машиностроение, 2012. Т.2. - С.84-97.
5. Мерсон Д.Л., Разуваев А.А., Виноградов А.Ю. Применение методики анализа спектральных образов сигналов акустической эмиссии для исследования повреждаемости покрытий TiN на стальной подложке // Дефектоскопия. 2002. № 7. С. 37-46.
6. Северденко В.П., Клубович В.В., Степаненко А.В. Ультразвук и пластичность // Мн.: Наука и техника, 1976. – 447 с.