

# МЕТОДИКА КОНТРОЛЯ ПРОЦЕССА ГИБКИ АРМИРОВАННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Арышенский Ю. М., Цветков А. В., Хардин М.В.

Самарский государственный аэрокосмический университет, г. Самара

Надежность большинства машин и сооружений существенным образом зависит от свойств конструкционных материалов, применяемых в силовых элементах. С позиций повышения надежности конструкций основными требованиями, предъявляемыми к материалам, являются обеспечение прочности и жесткости как изделия в целом, так и его узлов.

В решении задач повышения надежности значительная роль принадлежит методам и средствам их оценки. Как известно, надежность является сложным свойством и может быть представлена совокупностью более простых свойств, таких, как безотказность, долговечность и т. д. Одним из видов отказа является разрушение вследствие появления макротрещин, ее появление и распространение происходит в течении некоторого промежутка времени, пусть даже и достаточно малого. Если на данном изделии обнаружить момент возникновения трещин, определить ее координаты, размеры и скорость их изменения, то становится возможным оценить степень близости отказа, в ряде случаев предотвратить его, назначить оптимальные сроки профилактических ремонтов и тем самым оценить надежность. Это особенно важно для ряда технических устройств (в авиационной и космической технике, ядерной энергетике и др.), отказ которых может привести к большим потерям из-за простоев и к авариям с тяжелыми последствиями.

На основе концепций технической диагностики для оценки дефектов различных материалов необходимо в качестве исследуемых сигналов выбирать те, которые сопровождают развитие дефектов. Таких процессов достаточно много. Например, развитие пластической деформации сопровождается изменением объема, плотности, электропроводности, теплопроводности, магнитных и других свойств [1]. Однако при локальном характере пластической деформации или разрушения эти процессы носят также локальный характер, и их трудно обнаружить уже при небольшом удалении соответствующего измерительного преобразователя (датчика). Этому недостатка лишены процессы, связанные с переносом вещества или энергии. Среди них заслуживают внимание процессы излучения волн напряжений, обусловленные возникновением и развитием дефектов материала. Это явление получило название акустической эмиссии, или эмиссии волн напряжений. В материалах со слабым затуханием ультразвука один

преобразователь может обслужить зону радиусом до десятка метров и обнаружить волны напряжений, возбуждаемые глубоко внутри материала. Отмеченные преимущества, а также высокая чувствительность, оперативность, возможность определения координат дефектов позволяют использовать метод акустической эмиссии в качестве эффективного способа диагностики и контроля изделий в процессе изготовления.

В данной работе с помощью метода акустической эмиссии (АЭ) разработана методика контроля процесса гибки волокнистых композиционных материалов (ВКМ) на примере композита КАС-1А, армированного мартенситностареющей коррозионностойкой проволокой ВНС-9. Благодаря наличию высокопрочного стального волокна композиция обладает высокими механическими характеристиками в направлении волокон, поэтому целью настоящей работы было определение момента начала разрушения волокон и контроль его в процессе формоизменения ВКМ типа КАС-1А. По относительной величине разрушенных волокон можно судить о жесткости, надежности, работоспособности, возможности отказа изделия.

Для исследования процессов формообразования КАС-1А была спроектирована и изготовлена экспериментальная гибочная установка (ЭГУ), при помощи которой можно осуществлять стесненный изгиб, обычный изгиб и изгиб с растяжением. Процесс гибки контролировали методом АЭ. Обработку сигналов АЭ проводили на приборе АВН-3 производства НПО «Дальстандарт» в полосе пропускания частот 160...250 кГц при общем усилении пропускающих сигналов  $1,6 \cdot 10^4$ . Для преобразования акустических сигналов в электрические использовали резонансный датчик, выполненный на основе пьезокерамики ЦТС-19. Ввиду невозможности установки датчика АЭ непосредственно в зоне гибки и для обеспечения надежного акустического контакта к поверхности исследуемого материала КАС-1А припаивали волновод. Волновод представлял собой медный проводник переменного сечения длиной 30 см, диаметр которого составлял 1,5 мм со стороны образца и 8 мм с другой стороны, куда на полированную торцовую поверхность устанавливали пьезодатчик. Регистрацию сигналов АЭ производили на многоканальном самописце НЗ38-6Н. Эксперимент показал, что акустическое излучение появляется практически одновременно с началом гибки (рис. 1). Затем параметры АЭ несколько возрастают и в дальнейшем довольно длительное время держатся приблизительно на одном и том же уровне. В этой области деформирования импульсы АЭ имеют небольшую амплитуду и следуют друг за другом таким образом, что каждый последующий импульс перекрывает предыдущий. Акустическая эмиссия с таким характером,

как правило, связана с пластической деформацией скольжением и носит название непрерывной АЭ. Далее непрерывная АЭ сменяется дискретной АЭ, то есть акустическим излучением с относительно редкими, но мощными всплесками, характерными для процессов разрушения [2]. После некоторого угла гiba амплитуда всплесков резко падает и уже до момента полного разрушения характер АЭ не изменяется. В процессе гибки образцов из композита одновременно с возникновением дискретной АЭ вели подсчет импульсов (рис. 2) высокой мощности /  $N_w$  /. Гибку прекращали при различных значениях  $N_w$ . Например, образец №56 разгрузили при  $N_w=19$ . Далее деформированную область образца помещали в 50%-ый раствор HCl и производили стравливание матрицы, после чего подсчитывали число разрушенных волокон /  $n_p$  /. Практически во всех случаях значения  $N_w$  и  $n_p$  совпадали. Следовательно, дискретная АЭ в композите КАС-1А связана с разрушением волокон. По набору таких данных можно установить четкую зависимость импульсов высокой мощности  $N_w$  от количества разрушенных волокон в композиционном материале и, пользуясь полученной зависимостью, проводить неразрушающий КОНТРОЛЬ КОМПОЗИТОВ В ПРОЦЕССЕ ИХ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ.

В области малых углов гибки излучается непрерывная АЭ, характерная для пластического течения металла, поэтому обнаруженный пик АЭ аналогичен пику АЭ, наблюдаемому в области малых деформаций при растяжении металлов (см., например, [3]). Об этом же свидетельствует возрастание пика огибающей сигналов АЭ при повышении скорости гiba, в частности, от 0,2 до 0,3 град/сек., а поскольку и при растяжении металлов увеличение скорости деформирования приводит к росту пика огибающей сигналов АЭ [4]. В случае гибки ВКМ стесненным изгибом рост уровня акустического излучения с увеличением усилия поджатия можно объяснить повышением скорости деформирования во все более узкой области т. е. в результате локализации деформации. По этой же причине с увеличением усилия поджатия разрушение волокон начинается при меньшем угле гiba (рис. 3).

Итак, по результатам данной работы можно сделать следующие выводы:

- переход непрерывной АЭ к дискретной при формообразовании ВКМ связан с началом разрушения волокон;
- каждому импульсу большой мощности (большой амплитуды) соответствует порыв стального волокна;
- при относительно малых углах гибки происходит излучение непрерывной АЭ, характерной для пластического течения материала матрицы.

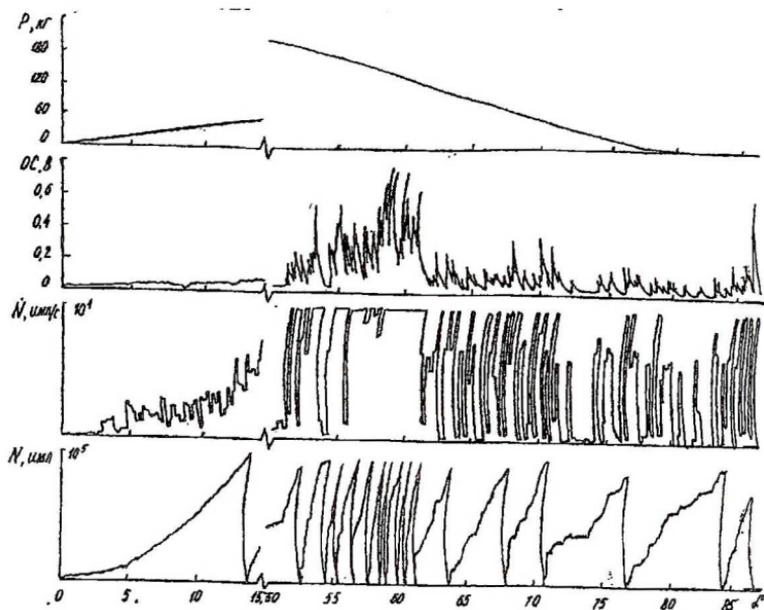


Рис. 1. Зависимость усилия, напряжения огибающего сигнала, скорости и числа импульсов от углагиба

### Список литературы

1. Волны напряжений при деформации материала на площадке текучести / Ю.А. Дробот, В.А. Грешников, В.А. Константинов и др./ Неразрушающий контроль материалов, изделий и сварных соединений. Тезисы докл. 7-ой Всес. научн-техн. конф. Киев, 13-15 мая 1974. ( НТО "Приборпром" ).
2. Грешников В.А., Дробот Ю.Б. Акустическая эмиссия. М.: Изд. стандартов, 1976 - 272 с.
3. Бибик З.И., Нацик В.Д. Акустическая эмиссия при пластической деформации поликристаллов алюминия высокой чистоты.- М.: Металлофизика, 1982, т. 4, с.92-99.
4. Вайнберг В.Е. Акустическая эмиссия при деформации образцов сталей с различными скоростями и с переменной знака. М.: Бибик Дефектоскопия, 1975, №5, с.133-135.

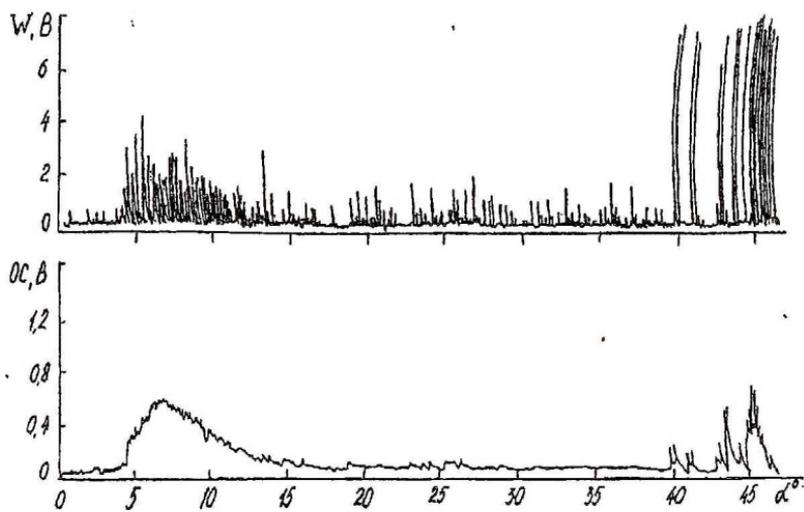


Рис.2. Изменение мощности и величины огибающего сигнала от углагиба

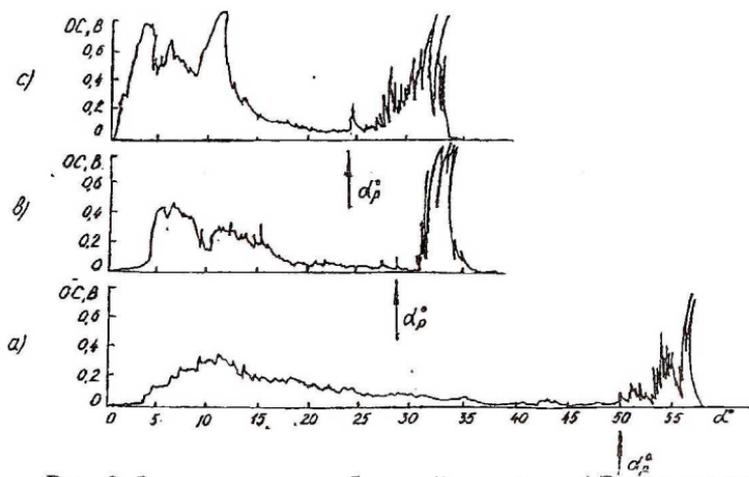


Рис. 3. Зависимость огибающей сигналов АЭ от углагиба при различных усилиях поджатия