



(19) **RU** <sup>(11)</sup> **2 078 338** <sup>(13)</sup> **C1**  
(51) МПК<sup>6</sup> **G 01 N 29/14**

РОССИЙСКОЕ АГЕНТСТВО  
ПО ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21), (22) Заявка: **93036653/28**, **19.07.1993**

(46) Опубликовано: **27.04.1997**

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: **Грешников В.А. и др. Акустическая эмиссия. - М.: Изд-во стандартов, 1976, с. 12 - 125. Авторское свидетельство СССР N 659948, кл. G 01 N 29/14, 1979.**

(71) Заявитель(и):

**Московский государственный технический университет им.Н.Э.Баумана**

(72) Автор(ы):

**Шип В.В.,  
Бигус Г.А.,  
Дементьев А.Н.,  
Чабуркин В.Ф.**

(73) Патентообладатель(ли):

**Московский государственный технический университет им.Н.Э.Баумана**

### (54) АКУСТИКО-ЭМИССИОННЫЙ ДЕФЕКТОСКОП

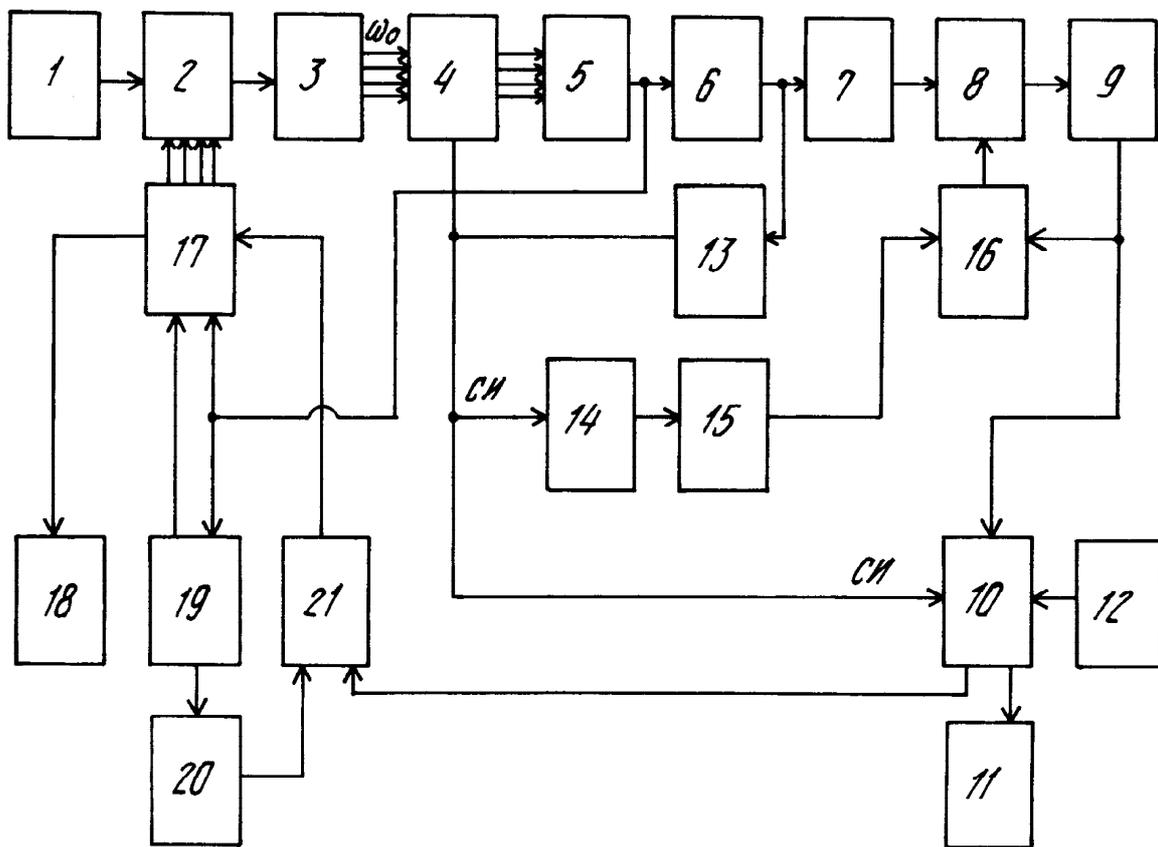
(57) Реферат:

Использование: изобретение относится к неразрушающему контролю материалов изделий по сигналам акустической эмиссии (АЭ) и может быть использовано для контроля качества и диагностики технического состояния объекта контроля. Сущность изобретения: создание дефектоскопа, позволяющего определить тип дефекта и стадии его развития по спектральным составляющим сигнала АЭ при увеличении отношения сигнал-шум. В дефектоскопе

осуществляется выделение максимума спектральной плотности анализируемого сигнала АЭ и по частоте, соответствующей этому максимуму в соответствии с ранее установленной зависимостью определяют тип дефекта, а именно, это пластическая деформация, микротрещина или развитие макротрещины с образованием сквозной трещины. Кроме того, повышается чувствительность контроля за счет подавления сигналов с частотами, не несущих информацию о дефекте, а именно, шумов. 1 ил.

RU 2 0 7 8 3 3 8 C 1

RU 2 0 7 8 3 3 8 C 1





Изобретение относится к неразрушающему контролю материалов изделий по сигналам акустической эмиссии (АЭ) и может быть использовано для контроля качества и диагностики технического состояния объекта контроля.

Известны технические решения, содержащие широкополостные акустико-эмиссионные пьезопреобразователи, малошумящие усилители и анализаторы спектра сигналов АЭ [1]

Недостатком указанных решений является низкая достоверность контроля.

Наиболее близким к заявляемому по технической сущности является дефектоскоп [2]

Дефектоскоп содержит акустико-эмиссионный преобразователь, анализатор спектра, коммутатор, усилитель, логарифмический усилитель, сумматор, блок автоматической регулировки усиления, каскад сравнения, накопитель числа импульсов АЭ, последовательно соединенные генератор напряжения, вход которого подключен к выходу коммутатора, квадратор и регулируемый усилитель, вход которого подключен к выходу блока автоматической регулировки усиления, а выход к входу сумматора, масштабный блок, включенный между выходами коммутатора и усилителя, а также с входом усилителя и нормализатор, выход которого подключен к входу каскада сравнения, соединенного вторым входом с выходом коммутатора.

Недостатком является низкая достоверность контроля, вызванная отсутствием учета функциональных возможностей блоками дефектоскопа спектра акустических шумов, действующих в объекте контроля, а также отсутствием возможности отличить по спектральным составляющим сигнала АЭ дефекты различной природы.

Задачей настоящего решения является создание дефектоскопа, позволяющего определить тип дефекта и стадии его развития по спектральным составляющим сигнала АЭ при увеличении отношения сигнал-шум.

Сущность изобретения заключается в том, что дефектоскоп, содержащий соединенные акустико-эмиссионный преобразователь, анализатор спектра, коммутатор, усилитель, логарифмический усилитель, вход которого подключен к выходу усилителя, сумматор, блок автоматической регулировки усиления, каскад сравнения, накопитель, последовательно соединенные генератор напряжения, вход которого подключен к выходу коммутатора, квадратор и регулируемый усилитель, вход которого подключен к выходу блока автоматической регулировки усиления, а выход к входу сумматора, масштабный блок, включенный между выходами коммутатора усилителя, а также с входом усилителя, и нормализатором, выход которого подключен к входу каскада сравнения и соединенного вторым входом с выходом коммутатора дополнительно снабжен широкополосным блоком перестраиваемых фильтров, включенным между анализатором спектра и акустико-эмиссионным преобразователем блоком установки постоянных амплитуд спектральных составляющих шумовых акустических сигналов, включенным между анализатором спектра и коммутатором, последовательно соединенными генератором импульсов, счетчиком, выход которого соединен с первым входом схемы И, регистром управления широкополосным блоком перестраиваемых фильтров, первый выход регистра управления соединен с блоком индикации вида дефекта, второй выход каскада сравнения соединен со вторым входом схемы И, второй вход регистра управления соединен со вторым выходом генератора импульсов, а третий вход регистра управления соединен с выходом коммутатора, соединенным также со вторым входом генератора импульсов.

Введение новых блоков и новая взаимосвязь элементов позволяют выделить максимум спектральной плотности анализируемого сигнала АЭ и по частоте, соответствующей этому максимуму в соответствии с ранее установленной зависимостью определить тип дефекта, а именно, эта пластическая деформация, микротрещина или развитие микротрещины с образованием сквозной трещины. Кроме того, изобретение обеспечивает повышение уровня амплитуды сигнала АЭ к среднему квадратическому значению шума за счет подавления сигналов с частотами, не несущих информацию об АЭ.

Сущность предложенного решения поясняется чертежом, где изображена блок схема дефектоскопа.

Акустико-эмиссионный дефектоскоп содержит последовательно соединенные акустико-

эмиссионные широкополосный преобразователь 1, широкополосный блок перестраиваемых фильтров 2, анализатор спектра 3, блок установки 4 постоянных амплитуд спектральных составляющих шумовых акустических сигналов, коммутатор 5, усилитель 6, логарифмический усилитель 7, сумматор 8, блок автоматической регулировки 5 усиления 9, каскад сравнения 10 и накопитель 11. К входу каскада сравнения 10 подключен нормализатор 12. Второй выход коммутатора 5 подключен ко второму входу блока 4, каскаду сравнения 10, масштабному блоку 13, генератору напряжения 14, соединенному через квадратор 15 с регулируемым усилителем 16. Второй блок масштабного блока 13 связан с выходом усилителя 6, а выход со вторым входом 10 последнего. Второй вход регулируемого усилителя 16 связан с выходом блока автоматической регулировки усиления 9, а выход со вторым входом сумматора 8. Дефектоскоп включает в себя также регистр управления 17, связанный со входами широкополосного блока перестраиваемых фильтров 2 своими информационными выходами, а первым выходом с блоком индикации 18, и последовательно соединенные 15 генератор импульсов 19, счетчик 20 и схема И 21, ко второму входу которой подключен второй выход каскада сравнения 10. Второй выход генератора импульсов 19 подключен ко второму входу регистра управления 17, первый вход которого связан с выходом схемы И 21, а третий вход с выходом коммутатора 5, подключенным также ко входу генератора импульсов 19. В дефектоскопе использованы пьезокерамические преобразователи с 20 встроенным широкополосным предусилителем, обеспечивающим прием акустических волн в широком диапазоне частот от 0,01 до 8 МГц, анализатор спектра СК-4-59. Широкополосный блок перестраиваемых фильтров, усилители, сумматор, блок автоматической регулировки усиления, квадратор, каскад сравнения, масштабный блок, блок установки постоянных амплитуд выполнены с использованием широкополосных усилителей серии К- 25 574. Генератор импульсов стабилизируется кварцевым резонатором. Регистр управления 17 конструктивно представляет собой процессор Z-80.

Дефектоскоп работает следующим образом.

Широкополосный акустико-эмиссионный преобразователь 1, расположенный на объекте контроля, преобразует акустические колебания в электрический сигнал, который 30 поступает на вход широкополосного блока перестраиваемых фильтров 2 и далее на вход анализатора спектра 3, на n-выходах которого формируется постоянные напряжения, пропорциональные спектральным составляющим электрического сигнала преобразованного преобразователем 1. Постоянные напряжения, пропорциональные 35 спектральным составляющим входного сигнала, усиливаются в блоке установления постоянных амплитуд спектральных составляющих 4 в диапазоне от минимальной  $\omega_0$  до максимальной анализируемой частоты  $\omega_n$ , таким образом, чтобы на выходах каналов блока 4 при поступлении на преобразователь 1 акустических шумов поддерживались 40 одинаковые напряжения. Такой блок необходим в связи с тем, что спектр акустических технологических шумов в диапазоне частот информативных сигналов АЭ имеет монотонно ниспадающий участок (Шип В.В. Деменьев А. Н. Методические основы акустико-эмиссионного контроля сварных соединения газопроводов Диагностика и прогнозирование разрушенных сварных конструкций. 1987, N 5, с. 46-52.), и чтобы привести дефектоскоп к условиям, аналогичным отсутствию акустических шумов, необходимо выровнять все 45 спектральные составляющие до одинаковых значений, что осуществляется в блоке 4. Первый выход блока 4 соответствует наименьшей  $\omega_0$  частоте, а n-ый наибольшей частоте  $\omega_n$  широкополосного блока перестраиваемых фильтров 2 и анализатора спектров 3. Далее эти выходы через коммутатор 5 последовательно, начиная с первого, 50 подключаются к входу усилителя 6. При появлении на входе пьезопреобразователя 1 информативного сигнала АЭ (контролируемом источнике АЭ пластической деформации, образовании и подрастании микротрещины, развитии макротрещины, течи и т.п.) он изменяет характер спектра акустических сигналов и с коммутатора 5 в блок 4 поступает импульс, устанавливающий неизменными коэффициенты усиления спектральных составляющих акустических шумов, установленных ранее, на все время анализа

дефектоскопом поступившего информационного сигнала АЭ.

Одновременно этот сигнал поступает на масштабный блок 13, один из входов блока 4, вход генератора напряжения 14, на второй вход каскада сравнения 10, на вход генератора импульсов 19 и один из входов регистра управления 17. Включается масштабный блок 13, который поддерживает на выходе усилителя 6 одинаковые напряжения, пропорциональные спектральным составляющим информативного параметра сигнала АЭ на наименьшей анализируемой частоте; при опросе остальных  $n-1$  каналов коэффициент усиления усилителя 6 не меняется, т.е. в течение времени одного опроса все спектральные составляющие усиливаются одинаково, а первое значение амплитуды, соответствующие наименьшей из анализируемых частот, имеет для любого анализируемого сигнала АЭ постоянное значение. Таким образом, проводится нормировка амплитуды относительно первого значения спектральной составляющей анализируемого сигнала АЭ. Далее выходное напряжение после усилителя 6 поступает на вход логарифмического усилителя 7 с выхода которого поступает на один из входов сумматора 8, напряжения на выходе логарифмического усилителя 7 изменяется по закону:

$$U=Kt^2,$$

где  $K$  коэффициент пропорциональности;

$t$  время одного опроса.

Использование логарифмического усилителя 7 вызвано тем, что необходимо определять, какому моменту времени, т.е. какой частоте, соответствуют максимумы спектральной плотности сигналов АЭ. На второй вход сумматора 8 поступает сигнал с регулируемого усилителя 16, на вход которого поступает сигнал с квадратора 15. В квадраторе 15 по сигналу с генератора напряжения 14 формируется квадратично зависимое напряжение  $U_p=K_p t^2$ , где  $K_p$  -коэффициент усиления регулируемого усилителя 16. В сумматоре 8 осуществляется анализ сигналов, приходящих усилителя 7 и усилителя 14. С выхода сумматора 8 сигнал, равный разности напряжений  $\Delta U = K_p t^2 - K t^2$ , поступает на вход блока автоматического регулирования усиления 9. Это напряжение изменяет коэффициент усиления усилителя 16, таким образом, чтобы напряжение на выходе сумматора 8 поддерживалось на нулевом уровне. При достижении на выходе сумматора нуля напряжение с выхода блока 9, пропорциональное  $K_p$ , поступает в каскад сравнения 10, где сравнивается с изменяющимся по заранее заданной зависимости выходным напряжением нормализатора 12. Эта зависимость отображает максимальные значения коэффициента  $K_p$  в различные моменты времени  $t$  цикла одного опроса сигнала АЭ. После сравнения сигнал с первого выхода каскада сравнения 10 поступает в накопитель 11, где осуществляется суммирование всех сигналов, поступающих в накопитель 11 за время испытаний, т.е. накопитель 11 является счетчиком событий АЭ, измеряя суммарный счет  $N$  за время испытаний. Если напряжение, поступившее с блока 9 в каскад сравнения 10 превышает в один из моментов цикла опроса одного сигнала АЭ напряжение на выходе нормализатора 12, то со второго выхода каскада сравнения 10 поступает сигнал на второй вход схемы И 21. На первый вход схемы И 21 поступает сигнал со счетчика 20, соответствующий сумме импульсов, вырабатываемых генератором импульса 19, который запускается импульсом с коммутатора 5 в начале опроса. Одновременно импульсы с генератора 19 поступают в регистр управления 17, где запоминаются.

После этого, как на схему 21 пришел сигнал с каскада сравнения 10, сигнал со счетчика 20 поступает на первый вход регистра управления 17. Этот сигнал является кодом, определяющим частоту сигнала, несущего информацию о дефекте. В регистре 17 по этому сигналу определяют частоту, при которой амплитуда спектральной составляющей анализируемого сигнала превышает мгновенное значение нормализованного сигнала нормализатора 12. На  $n$ -выходах регистра управления 17 формируются сигналы, перестраивающие в блоке 2 частотный диапазон блока 2 так, что частоты, на которых не присутствует полезный сигнал АЭ ослабляются, т.е. осуществляется подавление сигналов с частотами, не несущих информацию о дефекте. А также сигнал с регистра управления 17, по первому выходу поступает в блок регистрации 18, где сравнивается с заложенной

в нем зависимостью по определению вида дефектов и выдается информация о виде дефекта.

Известно (Дробот Ю.Б. и др. Акустическое контактное течеискание. М. Машиностроение, 1989, с. 40-49), что диапазону частот 0,8 3 МГц соответствует пластическая деформация, 0,35 1 МГц подрастание микротрещин, 0,017 0,35 МГц развитие микротрещины и образование сквозной трещины. В конце каждого опроса сигнала АЭ блок 17 регистр управления обнуляется по поступлению на него импульса с коммутатора 5.

Таким образом, заявляемое техническое решение позволяет поднять чувствительность контроля и определять тип и состояние (стадии развития) дефекта по сигналам АЭ.

10

#### Формула изобретения

Акустико-эмиссионный дефектоскоп, содержащий последовательно соединенные акустико-эмиссионный преобразователь, анализатор спектра, коммутатор, усилитель, логарифмический усилитель, вход которого подключен к выходу усилителя, сумматор, блок автоматической регулировки усиления, каскад сравнения и накопитель, последовательно соединенные генератор напряжения, вход которого подключен к выходу коммутатора, квадратор и регулируемый усилитель, второй вход которого подключен к выходу блока автоматической регулировки усиления, а выход к второму входу сумматора, масштабный блок, включенный входами между выходами коммутатора и усилителя, а выходом с вторым входом усилителя, и нормализатор, выход которого подключен к второму входу каскада сравнения, соединенного третьим входом с выходом коммутатора, отличающийся тем, что он снабжен широкополосным блоком перестраиваемых фильтров, включенный между анализатором спектра и акустико-эмиссионным преобразователем, блоком установки постоянных амплитуд спектральных составляющих шумовых акустических сигналов, включенным между анализатором спектра и коммутатором, последовательно соединенными генератором импульсов, счетчиком, схемой И, регистром управления широкополосным блоком перестраиваемых фильтров, информационные выходы которого соединены с блоком перестраиваемых фильтров и блоком индикации вида дефекта, второй выход каскада сравнения соединен с вторым выходом генератора импульсов, а выход коммутатора подключен к третьему входу регистра управления и к входу генератора импульсов.

35

40

45

50