

Изобретение относится к методам неразрушающего контроля по сигналам акустической эмиссии и может быть использовано при контроле качества изделий из литевых сплавов.

Известен способ определения концентрации примесей в высококочистых металлах (прототип), заключающийся в сравнении уровня максимальной мощности сигналов акустической эмиссии (АЭ) от концентрации примесей в эталонном образце со значением максимальной мощности акустической эмиссии испытываемого образца при нагружении их после отжига и закалки [1].

Недостатком способа является наличие термической обработки образцов металлов перед испытаниями и применимость его только к высококочистым металлам с примесями.

В основу изобретения поставлена задача усовершенствования способа оценки качества образцов литьевого сплава за счет обеспечения возможности определения механической дефектности сплава, чем повышается точность оценки.

Поставленная задача решается тем, что к образцу материала литьевого сплава прикладывается нагрузка вплоть до его разрушения, регистрируя во время разрушения сигналы акустической эмиссии и усилие нагружения, определяют отношение максимальной нагрузки к нагрузке в момент появления сигналов АЭ и, сравнивая его с таким же отношением для образца без дефектов, определяют степень дефектности, что позволяет применять "способ для образцов с трещинами и без них, а также для материалов с хрупкими включениями, пустотами и т.п. При этом образцы считают дефектными, если первое отношение больше второго на 16...20%. Эта величина различия отношений установлена путем экспериментальных исследований, которые показали, что наличие различного рода дефектов в образце литевых сплавов, определенных рентгенографическим и ультразвуковым контролем, приводит к более раннему "звучанию" образца в процессе нагружения, т.е. дефекты становятся локальными концентраторами высоких механических напряжений, что вызывает их ранний рост, а значит и излучение АЭ. Отношение величины нагрузки разрушения к величине нагрузки в момент появления сигналов АЭ в дефектных образцах и в образцах без них показывает тенденцию роста его. Таким образом было установлено, что указанное соотношение дефектных образцов больше аналогичного соотношения для бездефектных образцов на 16...20% и больше.

При определении различных механических характеристик материалов очень важно знать степень дефектности образцов, т.к. она существенно влияет на величину указанных характеристик. Дефекты в литевых сплавах имеют различную природу: хрупкие включения, примеси, поры и пустоты. Поэтому их величина и ориентация, количество и тип приводят к различным дефектам. Так, например, в одном и том же типоразмере образца в зависимости от вышеизложенных факторов может фиксироваться АЭ в процессе нагружения с различной интенсивностью и в разные моменты нагружения, что обусловлено ростом дефектов или разрушением хрупких включений.

В предлагаемом заявителями способе достаточно зафиксировать усилие нагрузки, при котором появляются сигналы АЭ и дальнейшая их регистрация прекращается, т.е. метод АЭ контроля является временным индикатором момента начала роста дефектов.

На фиг. 1 показана блок-схема измерения, а на фиг. 2 - характерные акустограммы для испытываемых образцов с дефектами и образцов бездефектных.

Способ осуществляется следующим образом. Испытуемые образцы материалов литевых сплавов 1 подвергают нагружению с помощью нагружающих устройств 2, регистрируют при помощи датчиков силы 3 и сигналов АЭ 4 величину усилия нагрузки и сигналы АЭ. Отмечают на диаграмме момент появления сигналов АЭ, которые регистрируют с помощью предусилителя 5, прибора обработки сигналов АЭ 6 и регистрирующего устройства 7. После этого прекращают регистрацию АЭ, а величину нагрузки фиксируют вплоть до момента разрушения образца.

После этого производят те же измерения на образце без дефектов (на эталонном образце). Определяют отношение  $n_1$  - максимального усилия нагрузки при разрушении образца  $R_{\max}$  и величины нагрузки  $R_{\text{АЭ}}$  в момент начала регистрации сигналов АЭ, сравнивают его с таким же отношением  $n_2$ , определенным на бездефектном образце. Если отношение  $n_1 > n_2$  на 16...20% и более, образцы считаются дефектными.

В случае испытаний образцов с трещинами по максимальной нагрузке, геометрии образца и с учетом длины трещины определяют соотношения  $n = \frac{K_c}{K_{\text{АЭ}}}$  на образцах дефектных  $n_1$ , и эталонных  $n_2$ , где  $K_c$  - коэффициент

интенсивности напряжений в момент разрушения образца и  $K_{\text{АЭ}}$  - коэффициент интенсивности напряжений в момент появления сигналов АЭ на акустограмме.

Если испытания проводят на образцах без трещин и с различной геометрией нетто-сечения (при одинаковых расстояниях размещения опор или захватов), то вместо  $K_c$  и  $K_{\text{АЭ}}$  соответственно рассчитываются  $\sigma_{\max}$  и  $\sigma_{\text{АЭ}}$  и берутся их соотношения, ( $\sigma_{\max}$  - максимальное напряжение в рабочем сечении при разрушении образца,  $\sigma_{\text{АЭ}}$  - напряжение в рабочем сечении образца в момент появления сигналов АЭ).

Пример осуществления способа.

Исследования проводили на образцах литевых титановых сплавов типа ТЛ-3.

Использовали силовые схемы нагружения пластин сечением 10х60 мм<sup>2</sup> с одной боковой трещиной (фиг. 2а) и с двумя боковыми трещинами (фиг. 2б) на растяжение и для балочных образцов сечением 40х80 мм и 80х160 мм (фиг. 2в) нагружение осуществляли по схеме трехточечного изгиба. Испытания проводили на машинах УРС-50/50 (растяжение) и ЦДМПу-200 (трехточечный изгиб). Сигналы АЭ регистрировали с помощью узкополосного датчика, имеющего полосу пропускания 180-260 кГц, предварительного усилителя с коэффициентом усиления 34 дБ и прибора АЭ АВН-3. Коэффициент усиления прибора АВН-3 был равен 40 дБ, порог чувствительности 0,4 В и полоса пропускания 120-350 кГц. Геометрия установки датчика на образцах одного типоразмера была неизменной.

Результаты испытаний приведены в таблице.

Приведенный пример выполнения способа показывает, что для испытываемых образцов на растяжение

разность соотношений усилий нагрузки (а значит и коэффициент концентрации напряжений соответствующих им) в момент разрушения  $R_{max}$  или  $K_c$  и в момент появления сигналов АЭ  $R_{АЭ}$  или  $K_{АЭ}$  для дефектного и бездефектного образца составляет: для пластин с одной боковой трещиной (надрезом) - 28%; с двумя боковыми трещинами (надрезом) - 16%. Аналогичное наблюдение и для призматических образцов, испытываемых на трехточечный изгиб. Там, в зависимости от сечения образца, наблюдаем диапазон отличия отношений- 16...69%.

Эффективность заявляемого способа заключается в возможности применения его для оценки степени дефектности образцов материалов путем сравнения величин  $n_1$  и  $n_2$ , а также в возможности применения способа для качественной оценки дефектности различных материалов. Кроме этого во время проведения испытаний исключается необходимость количественного измерения и фиксации параметров сигналов АЭ (амплитуда, суммарный счет АЭ, скорость счета и т.п.) за время цикла разрушения образцов, что влечет за собой повышение технологичности испытаний.

#### Результаты испытаний образцов с трещинами из литьевого титанового сплава ТЛ-3

№ образца	Схема нагружения и количество надрезов (трещин)	Величина усилия разрушения $R_{max}$ , кН/соответствующее значение $K_c$ , МПа $\sqrt{m}$	Величина $R_{АЭ}$ усилия при появлении АЭ и соответствующая ей величина $K_1 АЭ$ , МПа $\sqrt{m}$	Отношение $K_c/K_{АЭ}$ для деф. $n_1$ и бездеф. $n_2$ обр.	$n_1/n_2 \times 100 \%$	Тип дефектов
Дефектные 1	Растяжение. Одна боковая трещина, сечение $10 \times 60 \text{ мм}^2$	273,0 (176,6)	73,4 (59,6)	29	128 %	Мелкие дефекты в области рабочего сечения
2	Растяжение. Две боковые трещины, сечение $10 \times 60 \text{ мм}^2$	233/178,58	100 (32,5)	2,33	116 %	Сплошная мелкая пористость 0,1 мм
3	Трехточечный изгиб. Сечение образца $40 \times 60 \text{ мм}^2$ . Одна трещина	126,6 (106,97)	58,9 (50,1)	2,14	116 %	Пористость и полости с включениями
4	Трехточечный изгиб. Сечение образца $80 \times 160 \text{ мм}^2$ . Одна трещина	44,5 (147,5)	118,4 (39,3)	3,75	169 %	Пористость и полосы с включениями
Бездефектные 11	Растяжение. Одна боковая трещина. Сеч. $10 \times 60 \text{ мм}^2$	250 (122,6)	110 (54)	2,27	—	Нет
12	Растяжение. Две боковые трещины. Сеч. $10 \times 60 \text{ мм}^2$	269 (98,01)	134,3 (48,4)	2,0	—	Нет
13	Трехточечный изгиб. Сеч. образца $40 \times 60 \text{ мм}^2$	112 (113,3)	60,9 (62,7)	1,84	—	Нет
14	Трехточечный изгиб. Сеч. образца $80 \times 160 \text{ мм}^2$ . Одна трещина	384 (123,3)	173,8 (55,7)	2,21	—	Нет

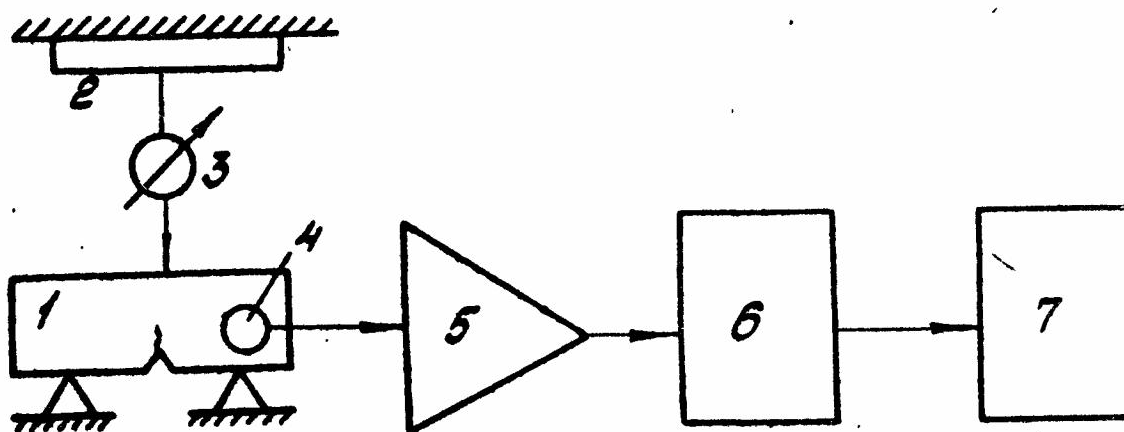


Рис. 1.

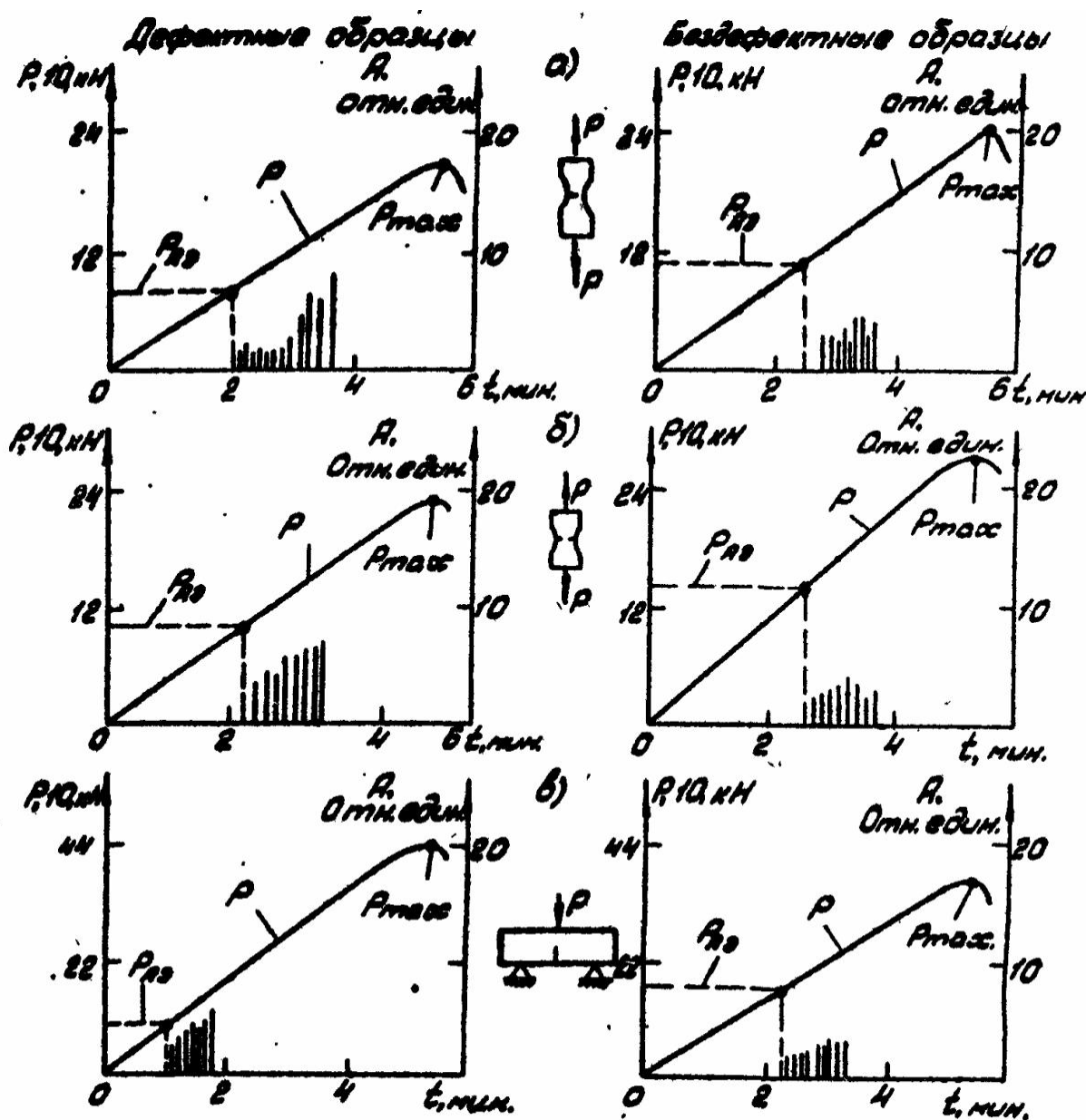


Рис. 2.