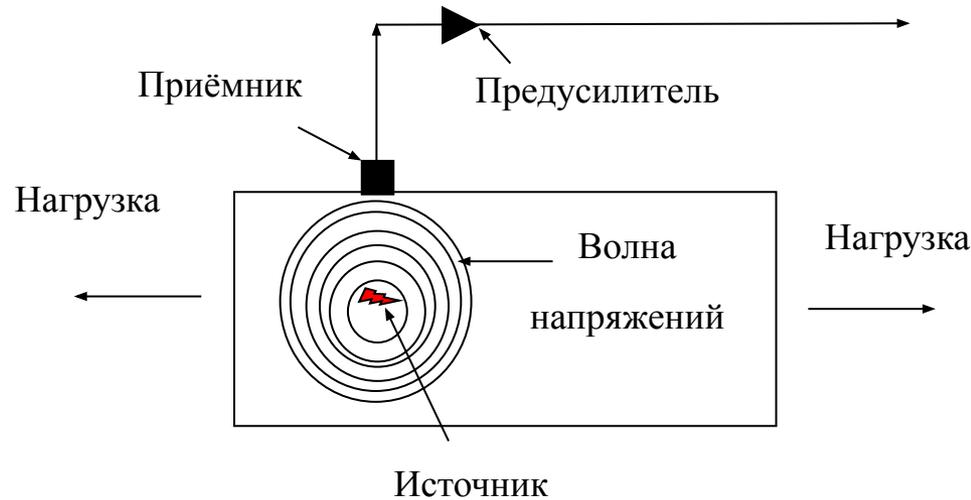


*Контроль материалов методом акустической
эмиссии (АЭ). Общие вопросы.*

Что такое акустическая эмиссия (АЭ)

Акустическая эмиссия – явление генерации упругих волн в материале контролируемого объекта, вызванное структурными изменениями материала.



Принципиальная схема реализации метода АЭ

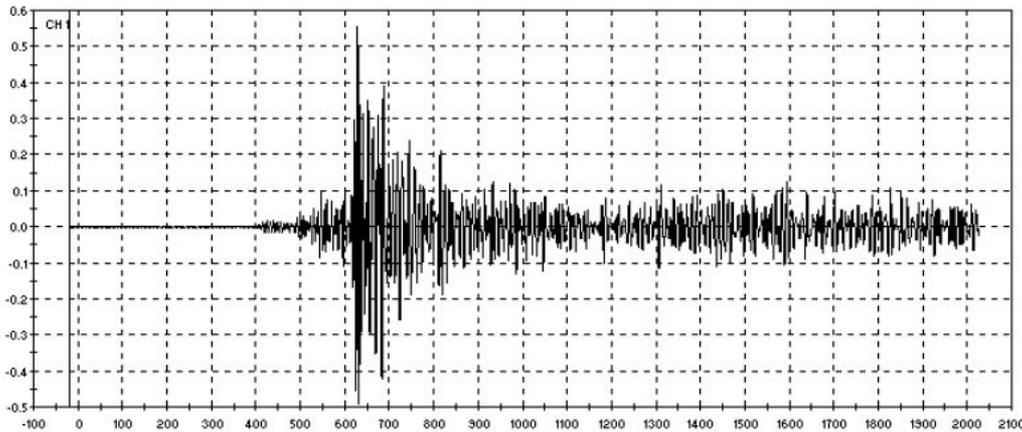
Для получения информации от источника АЭ сигналов в качестве приёмников применяются преобразователи акустической эмиссии (ПАЭ), принцип работы которых основан на явлении пьезоэффекта.

Работают, в основном, в области частот $f = 30 \dots 500$ кГц.

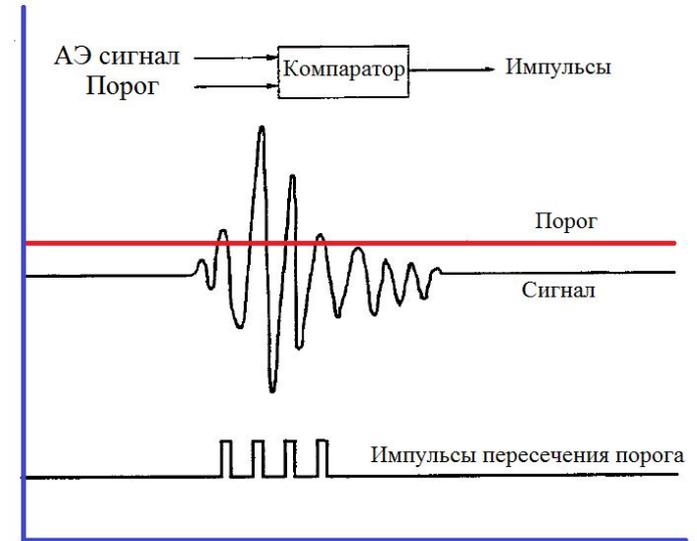
При $f < 30$ кГц – высокий уровень акустических шумов.

При $f > 500$ кГц – высокий уровень затухания сигнала от дефекта.

Регистрация сигналов АЭ



Типичный импульсный сигнал АЭ от единичного акта дискретной деформации



Принцип регистрации АЭ сигнала

- ✓ Сигнал от единичного акта дискретной деформации известен как сигнал взрывного (импульсного) типа. Такой сигнал обладает резким передним фронтом и медленным затуханием.
- ✓ Импульсные сигналы варьируются в широких пределах по форме, размеру и скорости генерации в зависимости от типа структуры и условий испытаний.
- ✓ При большой скорости генерации сигналов, индивидуальные импульсные сигналы могут перекрываться и формировать непрерывную эмиссию.

Уровень порога определяется в зависимости от конкретных условий контроля. Пороговый уровень необходим для устранения низкоамплитудных шумовых сигналов, но лучше не задирать его слишком сильно, чтобы не потерять много информации.

Измеряемые параметры сигналов АЭ

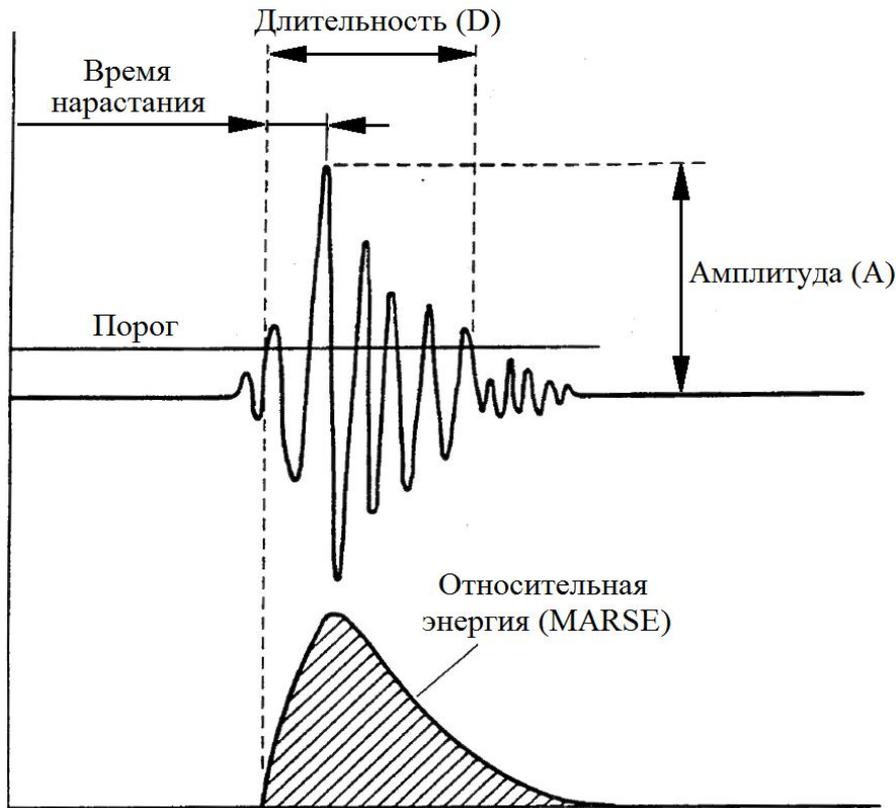


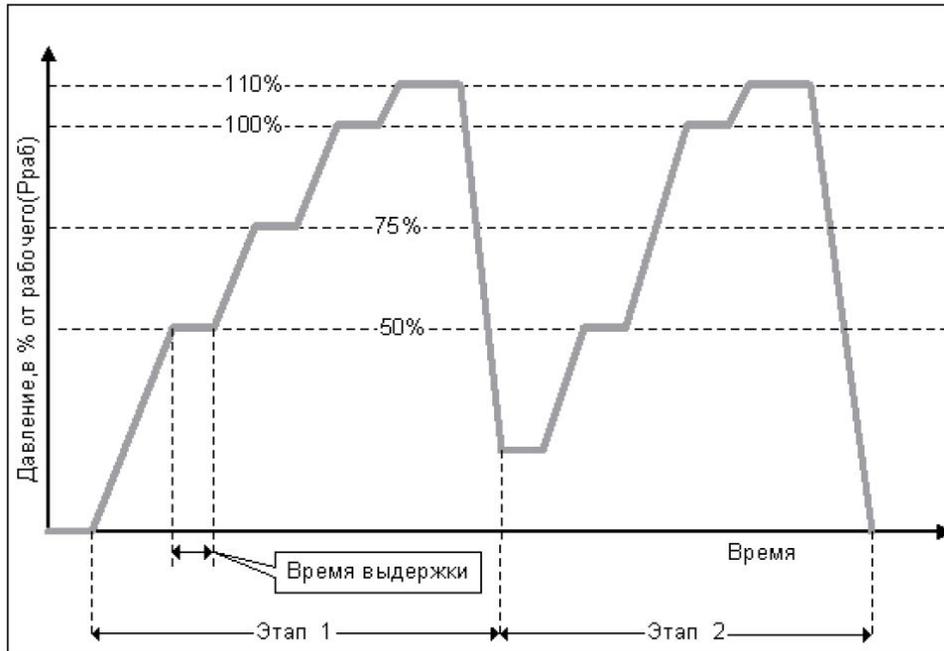
Иллюстрация стандартного набора параметров АЭ

Измеряемые параметры сигналов АЭ:

1. **Амплитуда** (A , B) – максимальное значение напряжения сигнала.
2. **Число осцилляций** – количество превышений сигналом установленного порога.
3. **MARSE** - площадь под огибающей сигнала (аналог энергии импульса).
4. **Длительность** (D , мкс) – это полное время, начиная от пересечения сигналом порога, заканчивая уходом его под порог.
5. **Время нарастания сигнала** (R , мкс) – это время от первого пересечения сигналом порога до достижения максимальной амплитуды сигналом.

Контроль методом АЭ в промышленных условиях

ПБ 03-593-03 «Правила организации и проведения акустико-эмиссионного контроля сосудов, аппаратов, котлов и технологических трубопроводов»



✓ Скорость нагружения $P_{\text{раб}} \setminus 60 \dots P_{\text{раб}} \setminus 20$ в минуту.

✓ Максимальное значение давления 110-120 % от рабочего.

Эффект Кайзера – повторное достижение давлением значения предыдущего максимума характеризуется отсутствием АЭ при отсутствии активных источников (трещин).

Цикл нагружения КО согласно ПБ 03-593-03

Преимущества и недостатки метода АЭ

Основные преимущества:

- ✓ интегральность – возможность использования нескольких преобразователей для оценки состояния всего объекта за один цикл нагружения;
- ✓ требуется доступ только к некоторым участкам КО (а не ко всему объекту);
- ✓ высокая чувствительность выявления развивающихся дефектов (по расчетным оценкам возможно контролировать подрастание трещины на 1 мм);
- ✓ возможность определения координат дефектов.

Основные недостатки:

- ✓ требование нагружения КО;
- ✓ активность АЭ зависит от материала и акустического контакта;
- ✓ высокая помехочувствительность (электромагнитные наводки, посторонние механические источники и др.);
- ✓ контроль не позволяет оценивать размеры дефекта;
- ✓ необходимость систем обработки информации;
- ✓ требуется высокая квалификация оператора.

Пример результатов, полученных при контроле механических свойств упрочняющих покрытий с использованием метода АЭ

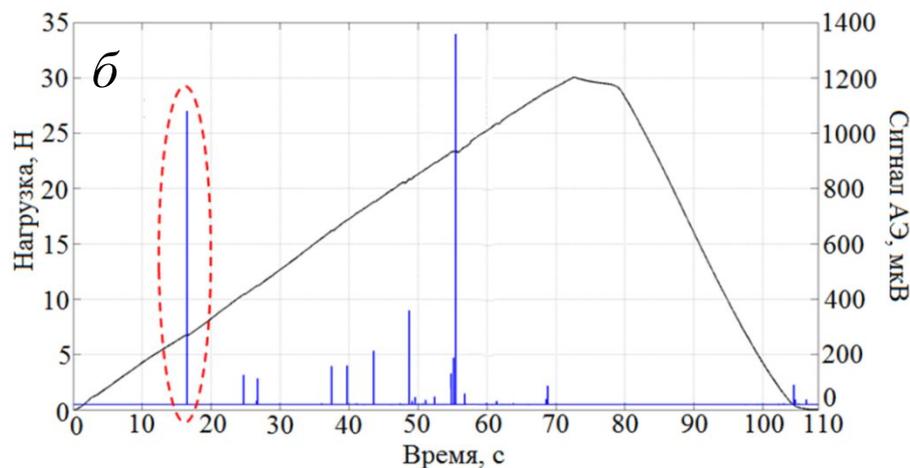
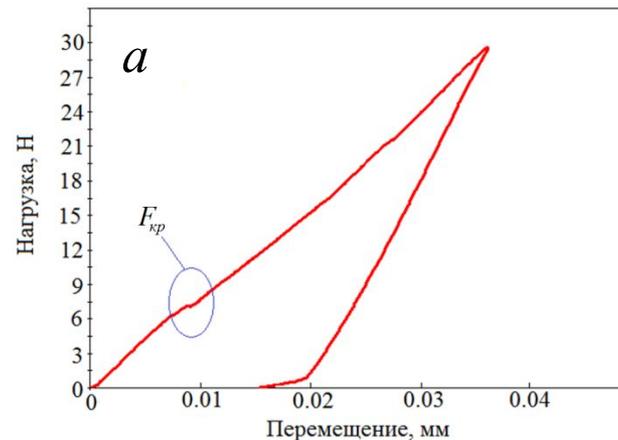
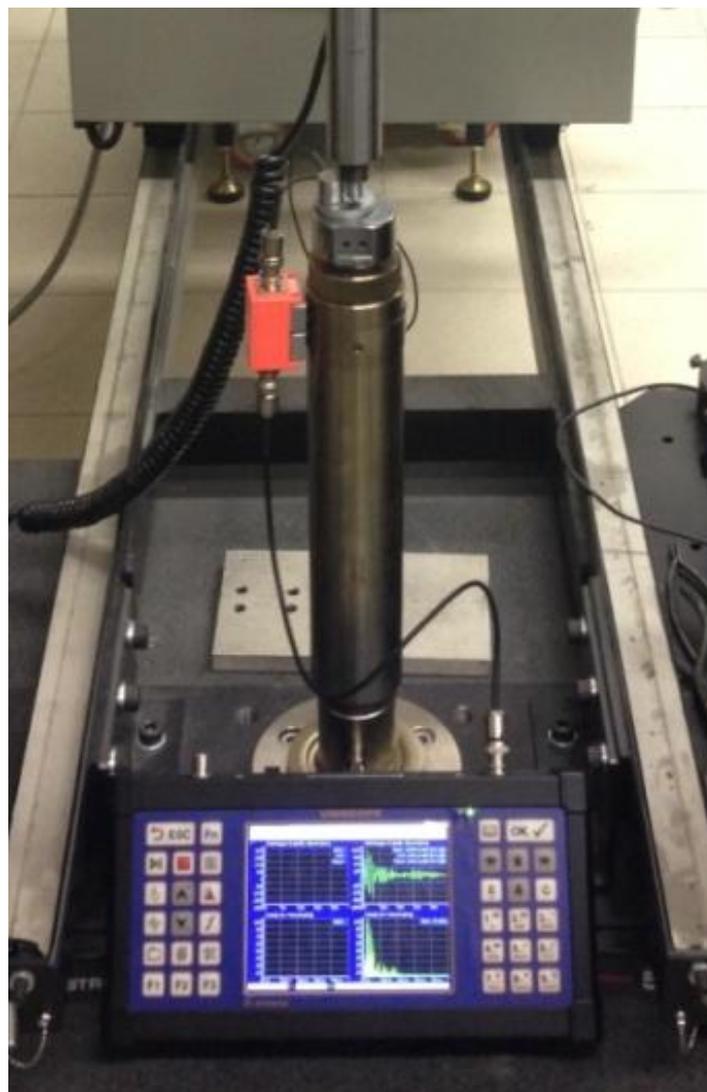
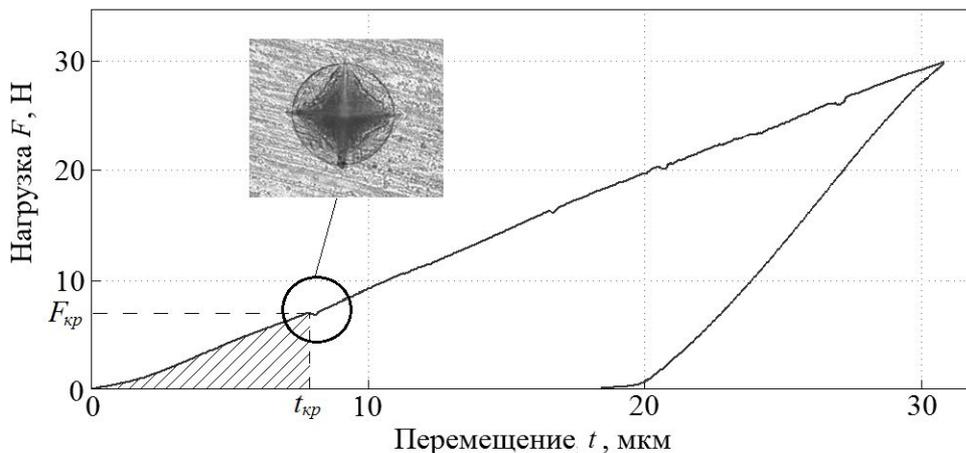


Диаграмма вдавливания пирамидального индентора в координатах «нагрузка – перемещение индентора» (а), диаграмма в координатах «нагрузка – время» с наложением сигналов АЭ (б)

Установка Instron для испытаний покрытий кинетическим индентированием с использованием метода АЭ

Пример результатов, полученных при контроле механических свойств упрочняющих покрытий с использованием метода АЭ



Кинетическая диаграмма вдавливания пирамиды Виккерса в покрытие из TiN

Абсолютная работа упругопластической деформации $W_{кр}$:

$$W_{кр} \approx \frac{F_{кр} \cdot t_{кр}}{2}$$

Удельная работа упругопластической деформации $\omega_{кр}$:

$$\omega_{кр} = \frac{W_{кр}}{V_{кр}} = 0,0612 \left(\frac{F_{кр}}{t_{кр}^2} \right)$$

Результаты экспериментальной оценки сопротивления образованию первой видимой трещины некоторых покрытий на основе TiN кинетическим индентированием

| Номер покрытия | $F_{кр}^2$, Н | $t_{кр}^2$, мкм | $V_{кр}^2$, мм ³ | $W_{кр}^2$, Дж | $\omega_{кр}^2$, Дж/мм ³ |
|----------------|----------------|------------------|------------------------------|----------------------|--------------------------------------|
| 1 | 6,70 | 7,4 | $3309,5 \cdot 10^{-9}$ | $2,48 \cdot 10^{-5}$ | 7,49 |
| 2 | 0,83 | 1,7 | $40,1 \cdot 10^{-9}$ | $7,06 \cdot 10^{-7}$ | 17,61 |
| 3 | 1,47 | 1,8 | $47,6 \cdot 10^{-9}$ | $1,32 \cdot 10^{-6}$ | 27,73 |
| 4 | 1,86 | 3,2 | $267,6 \cdot 10^{-9}$ | $2,98 \cdot 10^{-6}$ | 11,14 |
| 5 | 1,27 | 4,0 | $522,7 \cdot 10^{-9}$ | $2,54 \cdot 10^{-5}$ | 4,86 |

Пример результатов, полученных при контроле развития усталостной трещины в металле методом АЭ

