



ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДУ МАГНЕТОПРУЖНОЇ АКУСТИЧНОЇ ЕМІСІЇ ДЛЯ ДІАГНОСТУВАННЯ СТАНУ ФЕРОМАГНЕТНИХ ЕЛЕМЕНТІВ КОНСТРУКЦІЙ

Є.П. Почапський, д-р техн. наук, ст. наук. співроб.

Б.П. Клим, канд. техн. наук, ст. наук. співроб.

Н.П. Мельник, канд. техн. наук, наук. співроб.

Я.Д. Толопко, головний інженер

П.П. Великий, головний технолог

П.М. Долішній, головний конструктор

Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України

(Львів, Україна, pochapskyy@ipm.lviv.ua)

2

ДІАГНОСТУВАННЯ СТАНУ ФЕРОМАГНЕТНИХ МАТЕРІАЛІВ ЗА ПАРАМЕТРАМИ СИГНАЛУ МАГНЕТОПРУЖНОЇ АКУСТИЧНОЇ ЕМІСІЇ (МАЕ)

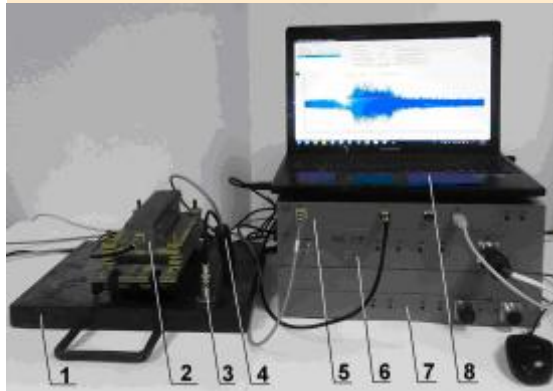


Рис. 1. Зовнішній вигляд апаратури для збудження, відбору, реєстрації та обробки сигналів МАЕ:

1 – досліджуваний зразок з феромагнетного матеріалу, 2 – накладний електромагнет, 3 – п'єзоелектричний перетворювач, 4 – попередній підсилювач, 5 – блок відбору та обробки, 6 – блок перемагнетчення, 7 – блок акумуляторів, 8 – персональний комп'ютер

Параметри перемагнетчування, які використовувались:

Частота – 9 Гц.
Форма сигналу перемагнетчення – синусоїдальна.

ВПЛИВ ФІЗИКО-ХІМІЧНИХ ТА МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ФЕРОМАГНЕТНИХ МАГНЕТОМ'ЯКИХ МАТЕРІАЛІВ НА ПАРАМЕТРИ МАГНЕТОПРУЖНОЇ АКУСТИЧНОЇ ЕМІСІЇ

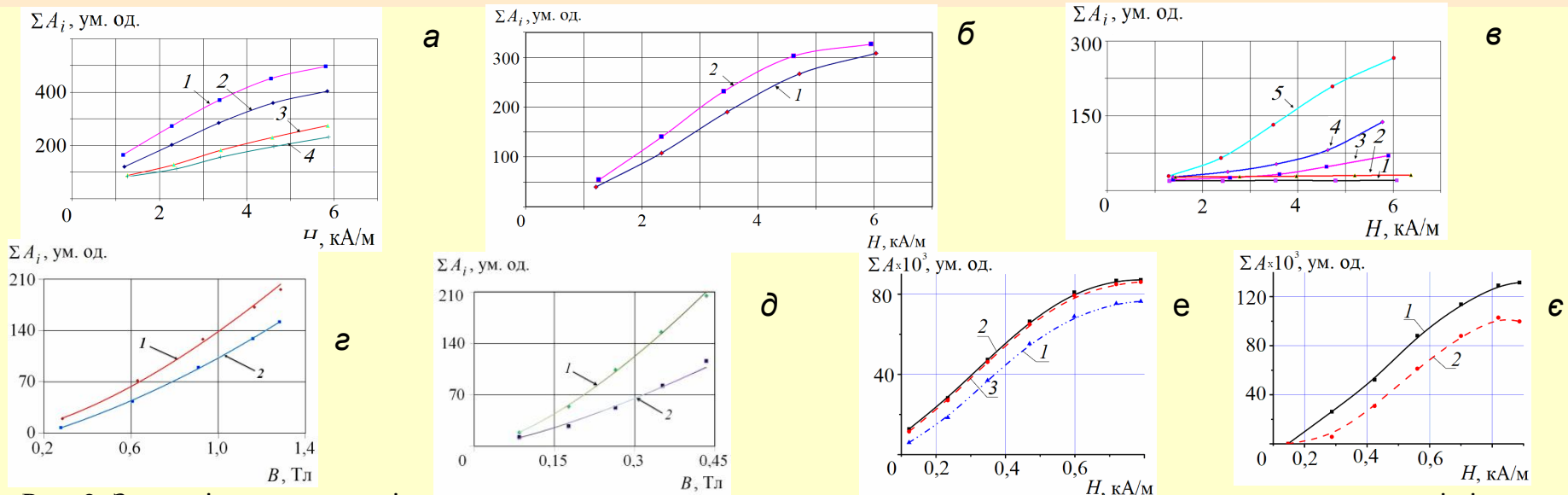


Рис. 2. Залежність суми амплітуд МАЕ від амплітуди напруженості магнетного поля за перемагнетчування зразків із: *а* – різним вмістом вуглецю: 1 – сталь 08кп; 2 – сталь 15; 3 – сталь 65Г; 4 – У8; *б* – сталі 15: 1 – вихідний; 2 – відпалений 900...910°C; *в* – сталі 65Г: 1 – гартований; 2 – відпуск 180°C; 3 – відпуск 350°C; 4 – відпуск 580°C; 5 – вихідний метал; *г* – сталі 15 товщиною 2 мм: 1 – вихідний; 2 – витриманий в сірководневому середовищі; *д* – сталі 15 товщиною 6 мм: 1 – вихідний; 2 – витриманий в сірководневому середовищі; *е* – сталі 15 та *є* – ніколу: 1 – вихідний; 2, 3 – наводнений

3 ОЦІНЮВАННЯ НАПРУЖЕНОГО СТАНУ ФЕРОМАГНЕТНИХ МАТЕРІАЛІВ МЕТОДОМ МАГНЕТОПРУЖНОЇ АКУСТИЧНОЇ ЕМІСІЇ

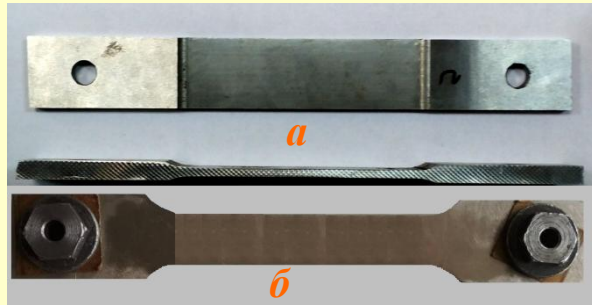


Рис. 1. Загальний вигляд зразків виготовлених зі сталі 19Г (а) та нікелю (б)

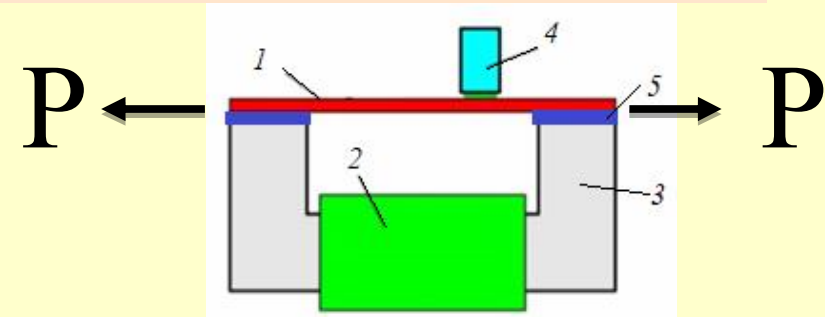


Рис. 2. Схема експерименту

- 1 – досліджуваний зразок
- 2 – котушка збудження
- 3 – П-подібний електромагнет
- 4 – перетворювач АЕ
- 5 – немагнетний прошарок

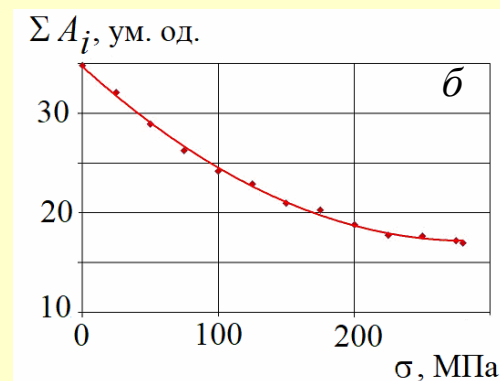
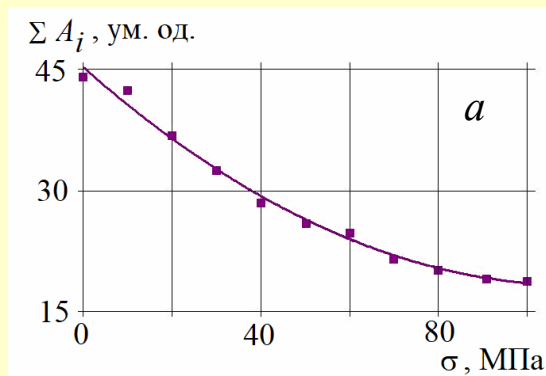


Рис. 3. Залежності суми амплітуд сигналів МАЕ від напружень, зумовлених зовнішнім навантаженням: а – ніколова пластина ($B = 0,35$ Тл); б – пластина зі сталі 19Г ($B = 1,28$ Тл)

Параметри перемагнечування, які використовувались:

Частота – 9 Гц.

Максимальна індукція:
для сталі 19Г – 1,28 Тл;
для ніколу – 0,376 Тл.

Форма сигналу перемагнечення – синусоїдальна.

4

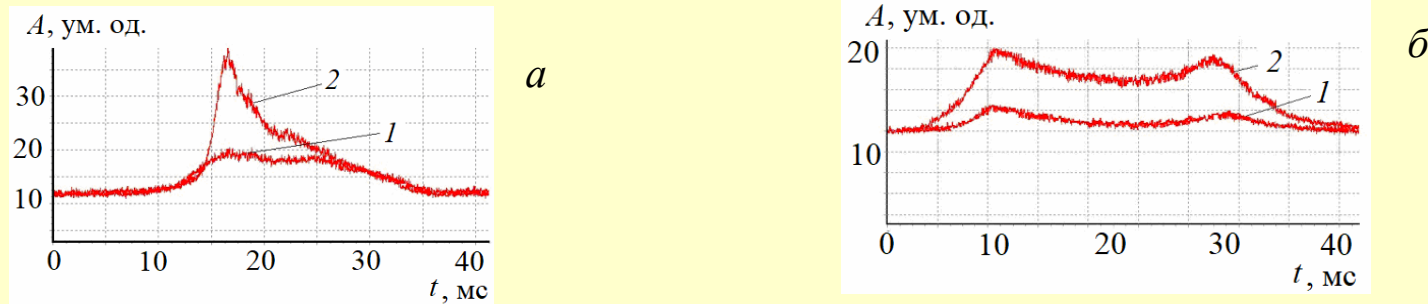
ОЦІНЮВАННЯ НАПРУЖЕНОГО СТАНУ ФЕРОМАГНЕТНИХ МАТЕРІАЛІВ
МЕТОДОМ МАГНЕТОПРУЖНОЇ АКУСТИЧНОЇ ЕМІСІЇ

Рис. 1. Особливості форми обвідної МАЕ за зміни амплітуди індукції поля перемагнення за відсутності дії зовнішніх навантажень: *a* – нікелова пластина (I – 0,2 Тл; 2 – 0,35 Тл);
б – пластина зі сталі 19Г (I – 1,08 Тл; 2 – 1,8 Тл)

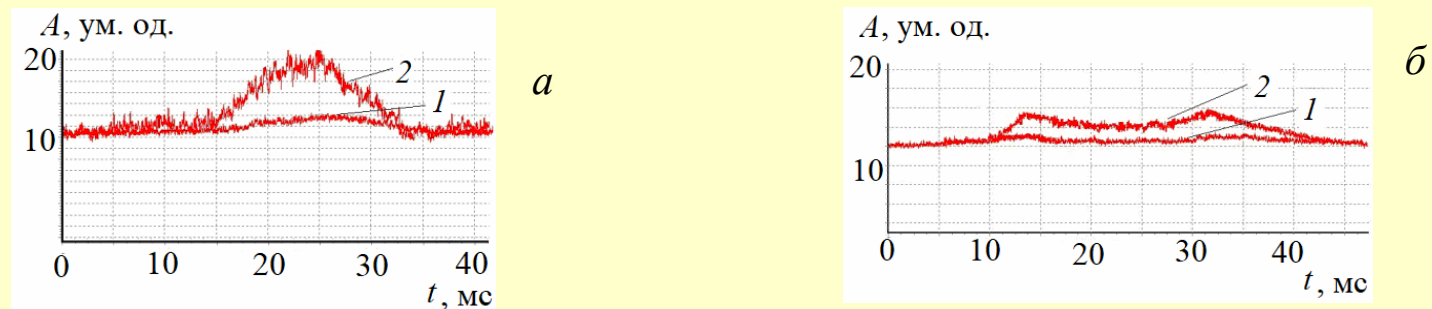


Рис. 2. Особливості форми обвідної МАЕ за зміни амплітуди індукції поля перемагнення B для: *a* – нікелова пластина (110 МПа, I – 0,2 Тл; 2 – 0,35 Тл); *б* – пластина зі сталі 19Г (175 МПа; I – 1,08 Тл; 2 – 1,8 Тл)

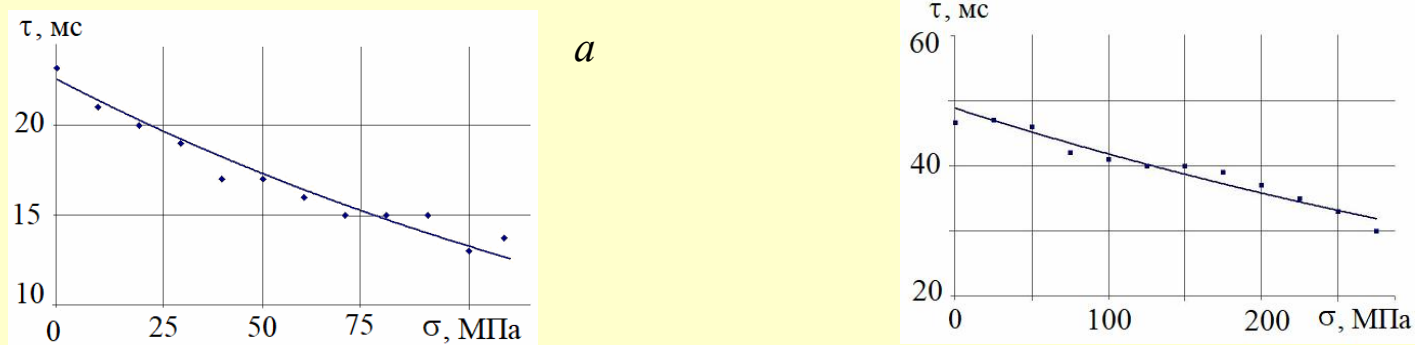
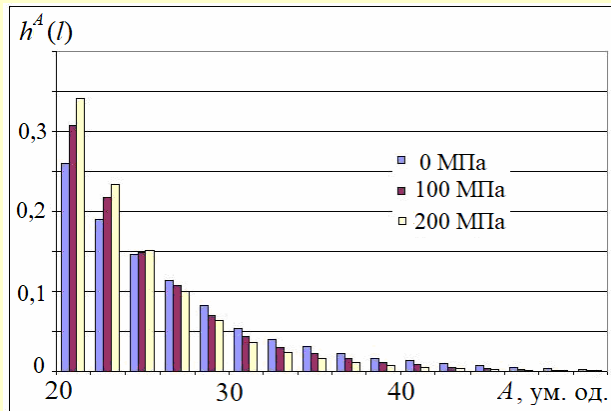


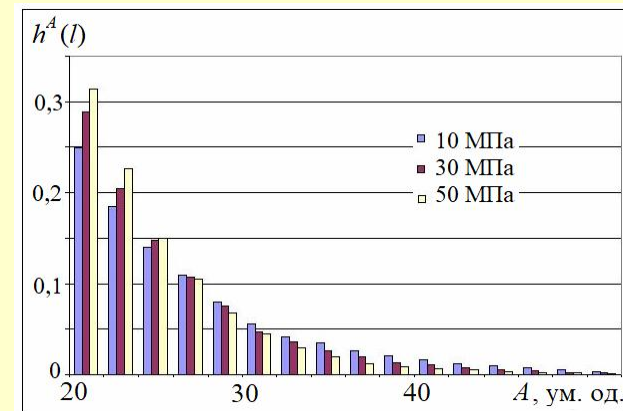
Рис. 3. Залежності тривалості сигналів МАЕ від величини прикладених напружень для:
a – нікелового зразка ($B = 0,35$ Тл); *б* – сталевого зразка ($B = 1,8$ Тл)

5

ЗАЛЕЖНІСТЬ КОЕФІЦІЄНТА ЗАГАСАННЯ АПРОКСИМУВАЛЬНОЇ ЕКСПОНЕНТИ ОЦІНОК РОЗПОДІЛІВ АМПЛІТУД ІМПУЛЬСІВ ВІД ПРИКЛАДЕНОГО НАВАНТАЖЕННЯ ДЛЯ СТАЛЕВОГО ТА НІКОЛОВОГО ЗРАЗКІВ

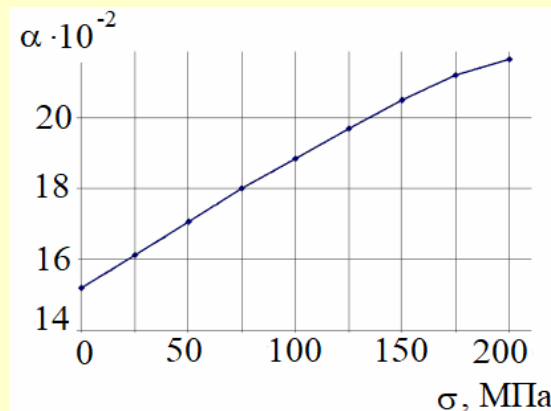


а

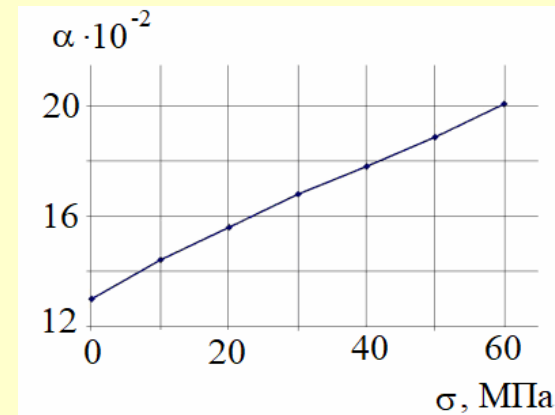


б

Рис. 1. Оцінки густини ймовірності розподілу амплітуд (гістограми) для сигналу МАЕ за різних навантажень: *а* – сталевий; *б* – нікеловий зразки



а



б

Рис. 2. Залежності коефіцієнта загасання апроксимувальної експоненти оцінки амплітудного розподілу від прикладеного навантаження до зразків: *а* – сталевого; *б* – нікелового

ВПЛИВ СТРУКТУРНИХ НЕОДНОРІДНОСТЕЙ РІЗНИХ ЗОН ТРИВАЛОЕКСПЛУАТОВАНИХ ТРУБНИХ СТАЛЕЙ НА ЗМІНУ АМПЛІТУДИ СИГНАЛІВ МАГНЕТОПРУЖНОЇ АКУСТИЧНОЇ ЕМІСІЇ

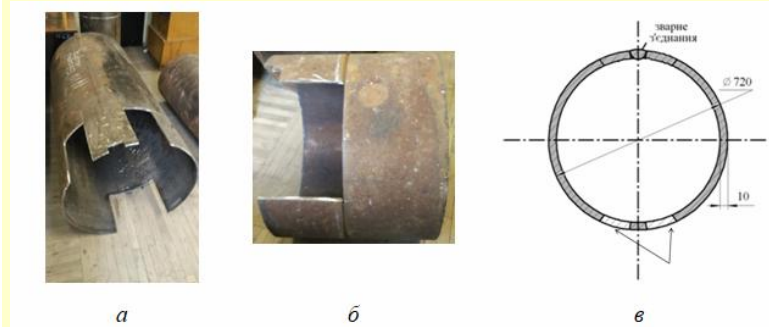


Рис. 1. Фото реальних труб нафтогону (*а*) та газогону (*б*); схема вирізання зразків з її донної частини (*в*)

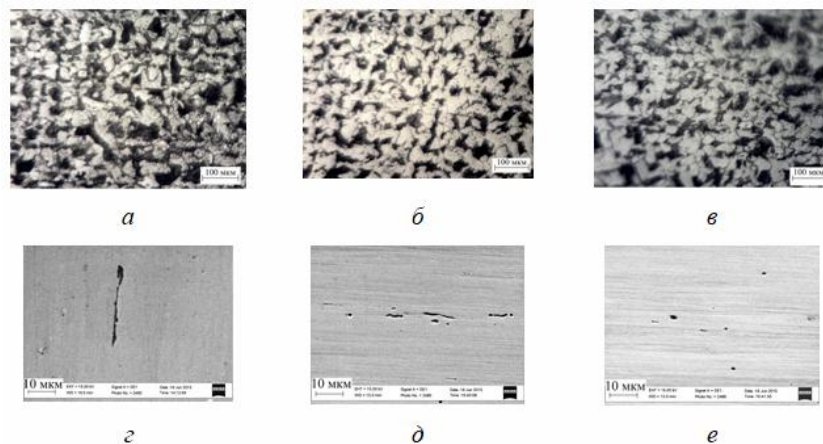


Рис. 2. Мікроструктура матеріалу труби газогону із різних шарів стінки труби: *а* – внутрішній; *б* – серединний; *в* – зовнішній; *г* – фосфідні включення; *д*, *е* – дефекти вальцювання

Рис. 4. Залежності суми амплітуд сигналів МАЕ від індукції магнетного поля у зразках із різних шарів стінки труби: *а* – нафтогону; *б* – газогону (*1* – зовнішній, *2* – серединний, *3* – внутрішній)

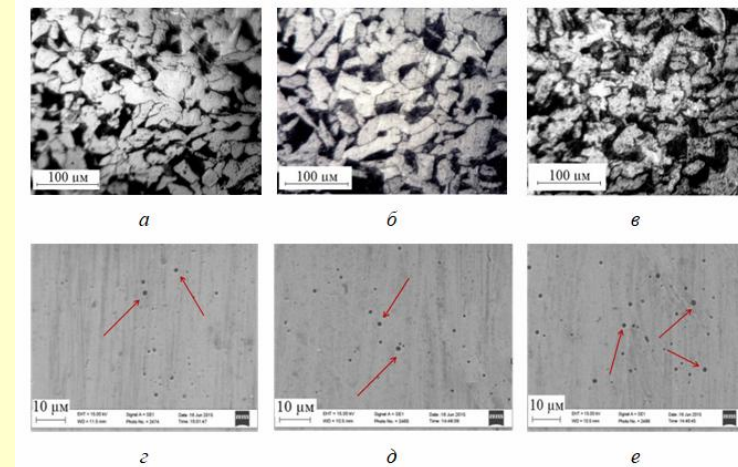
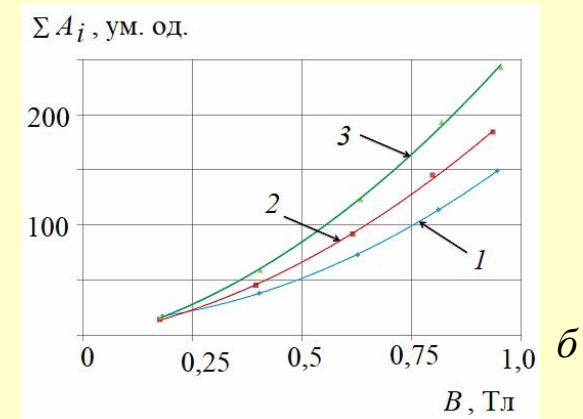
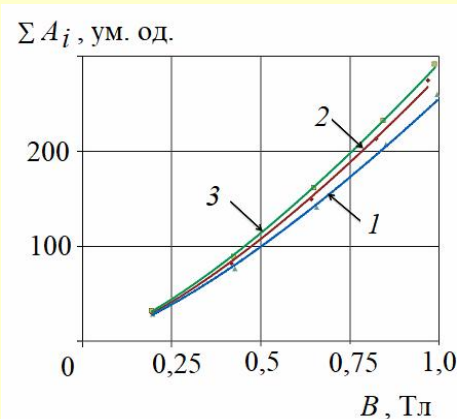


Рис. 3. Мікроструктура матеріалу труби нафтогону із різних шарів стінки труби: *а* – зовнішнього; *б* – серединного; *в* – внутрішнього; *г*, *д*, *е* – пори, що зумовлені наявністю газів



7

ЗАЛЕЖНОСТІ СУМИ АМПЛІТУД СИГНАЛІВ МАЕ ВІД ІНДУКЦІЇ МАГНЕТНОГО ПОЛЯ ДЛЯ СТАЛЕВИХ ЗРАЗКІВ ІЗ РІЗНИХ ЗОН ТРУБНОГО ЗВАРНОГО З'ЄДНАННЯ

ЗШ

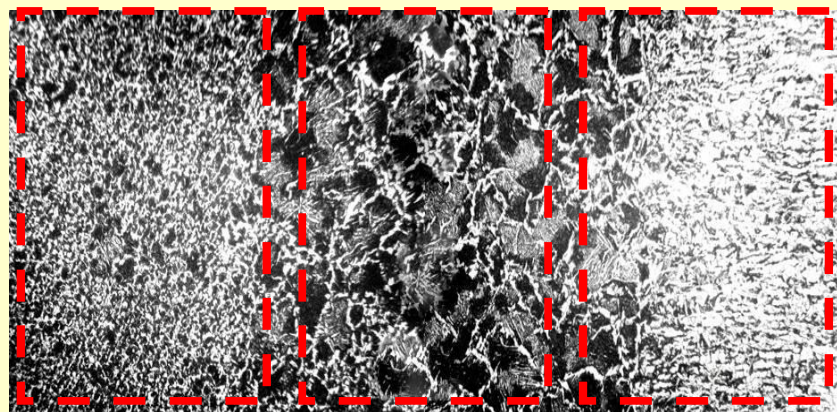
ЗТВ

ОМ

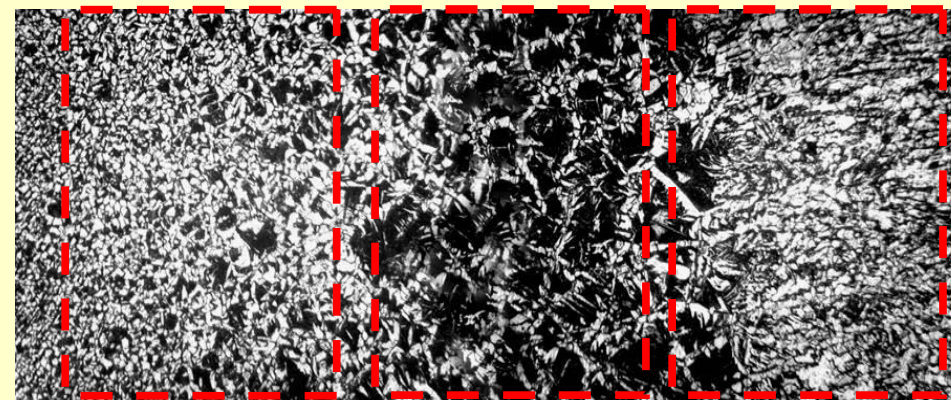
ЗШ

ЗТВ

ОМ



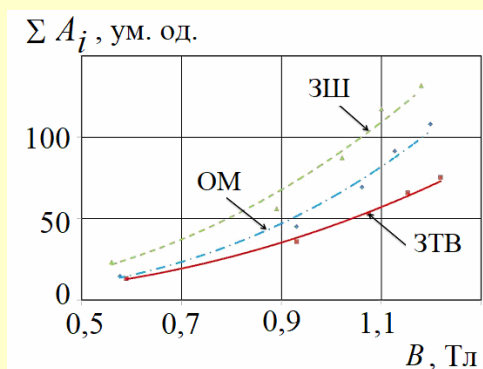
а



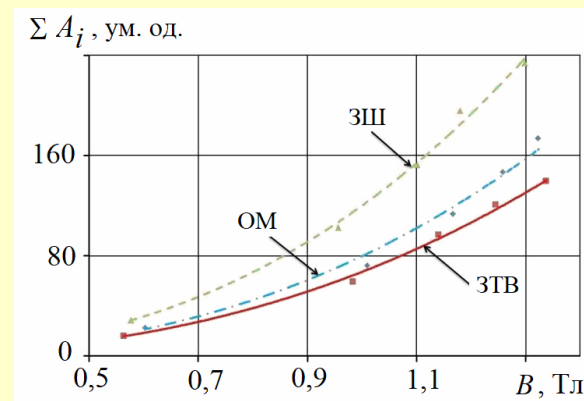
б

Рис. 1. Зображення мікроструктури зварного з'єднання: а – сталі 17Г1С газогону;
б – сталі 19Г нафтогону

ЗШ – зварний шов, ЗТВ – зона термічного впливу, ОМ – основний метал(x125)



а



б

Рис. 2. Залежності суми амплітуд сигналів МАЕ від індукції магнетного поля B
для зразків із різних зон трубного зварного з'єднання: а – сталі 17Г1С газогону; б – сталі 19Г нафтогону

8

ОЦІНЮВАННЯ ВПЛИВУ ЗАЛИШКОВИХ НАПРУЖЕНЬ В ОКОЛІ ЗВАРНОГО З'ЄДНАННЯ ТА НАПРУЖЕНИХ ДІЛЯНОК ТРИВАЛОЕКСПЛУАТОВАНИХ ТРУБНИХ СТАЛЕЙ НА ПАРАМЕТРИ СИГНАЛІВ МАГНЕТОПРУЖНОЇ АКУСТИЧНОЇ ЕМІСІЇ

Матеріал: трубна сталь 19Г, експлуатована у середовищі нафти протягом 48 р.
Габаритні розміри: 300×150×10 мм.

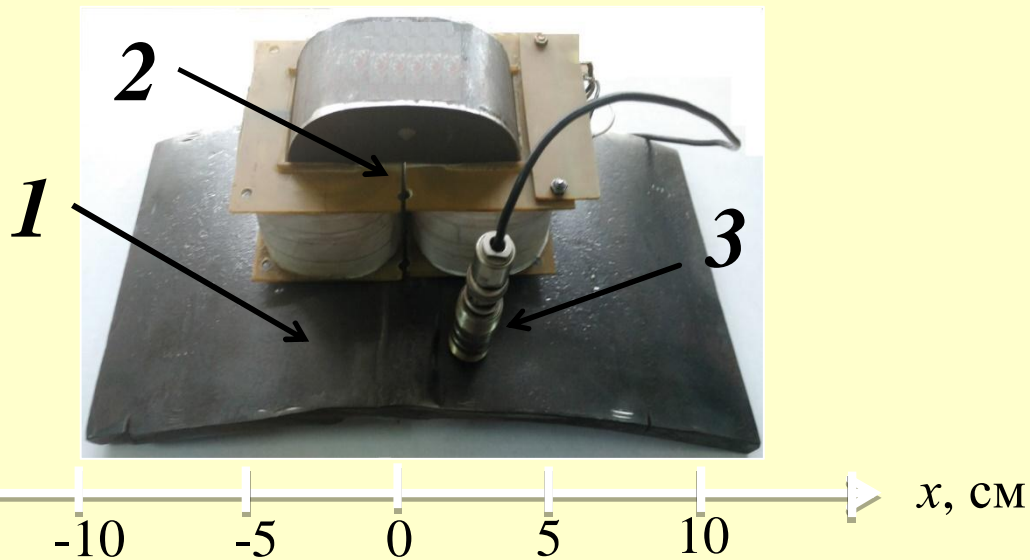


Рис. 1. Загальний вигляд експерименту, проведеного на плиті з повздовжнім зварним з'єднанням:

1 – досліджувана плита, 2 – накладний електромагнет, 3 – підсилювач акустичної емісії

Режим відпалу:
 $T = 550\text{ }^{\circ}\text{C}$, $t = 2\text{ год}$,
 охолодження разом з піччю

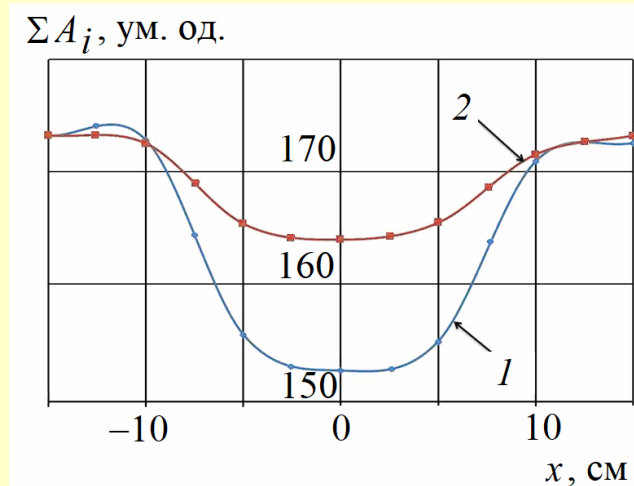


Рис. 2. Залежність суми амплітуд сигналів МАЕ від розташування накладного електромагнета на фрагменті труби:

1 – у вихідному стані,
 2 – після проведення відпалу

ВИСНОВКИ

Проведено оцінювання впливу фізико-хімічних та механічних властивостей, зокрема, структурного складу, термічної обробки, водневого та корозійного деградування, напруженого стану феромагнетних матеріалів на зміну інформативних параметрів сигналу МАЕ. Побудовано залежності коефіцієнтів загасання апроксимувальних експонент одержаних оцінок амплітудних розподілів та тривалості обвідної сигналів МАЕ від прикладеного навантаження, які можна використовувати як градуювальні криві для діагностування залишкових напружень у феромагнетних об'єктах тривалої експлуатації.

Розроблено нову прикладну методику діагностування напруженого стану феромагнетних матеріалів за параметром загасання експоненційного закону розподілу амплітуд сигналу МАЕ та здійснено її експериментальну апробацію на тривалоексплуатованих трубних сталях. Методика вирізняється стійкістю до низки експериментальних чинників, які впливають на амплітудні характеристики сигналу (коефіцієнта підсилення сигналу МАЕ, якості контакту перетворювача акустичної емісії з поверхнею об'єкта, діаграми напрямленості перетворювача).