



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 163295

(13) U

(51) МПК

G01N 27/90 (2021.01)

G01N 27/72 (2006.01)

НАЦІОНАЛЬНИЙ ОРГАН
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ
ДЕРЖАВНА ОРГАНІЗАЦІЯ
"УКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
ОФІС ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ ТА ІННОВАЦІЙ"

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: **u 2025 06213**

(22) Дата подання заявки: **11.12.2025**

(24) Дата, з якої є чинними
права інтелектуальної
власності: **11.06.2026**

(46) Публікація відомостей
про державну
реєстрацію: **10.06.2026, Бюл.№ 23**

(72) Винахідник(и):

**Учанін Валентин Миколайович (UA),
Іващенко Костянтин Анатолійович (UA),
Алещенко Олексій Григорович (UA),
Юзефович Роман Михайлович (UA),
Кириченко Ірина Іванівна (UA)**

(73) Володілець (володільці):

**ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
ІМ. Г. В. КАРПЕНКА НАЦІОНАЛЬНОЇ
АКАДЕМІЇ НАУК УКРАЇНИ,
вул. Наукова, 5, м. Львів, 79060 (UA)**

(54) СПОСІБ ВИХОРОСТРУМОВОЇ ДЕФЕКТОСКОПІЇ ВИРОБІВ ІЗ ФЕРОМАГНІТНИХ МАТЕРІАЛІВ

(57) Реферат:

Спосіб вихорострумової дефектоскопії виробів із феромагнітних матеріалів, за яким встановлюють вихорострумовий перетворювач на поверхню виробу і переміщують його по поверхні виробу за заданою траєкторією, за допомогою вихорострумового перетворювача створюють у виробі вихрові струми в зоні поточного положення вихорострумового перетворювача вздовж траєкторії його переміщення, реєструють вихідний сигнал вихорострумового перетворювача в результаті дії на нього вихрових струмів і розподіл вихідного сигналу вздовж траєкторії переміщення по поверхні виробу, і за результатами отриманого розподілу приймають рішення про наявність дефектів в матеріалі виробу, при цьому на контрольований виріб діють також магнітним полем. Діюче на ділянку виробу магнітне поле має змінний різнополярний характер із згасаючою амплітудою і його локалізують на ділянці виробу, яка знаходиться перед поточним розташуванням вихорострумового перетворювача за траєкторією його переміщення, максимальну амплітуду змінного магнітного поля вибирають попередньо для матеріалу контрольованого виробу такою, щоб забезпечити умови розмагнічування, коли рівень залишкового магнітного поля феромагнітної сталі після дії змінного магнітного поля є близьким до нульового значення.

UA 163295 U

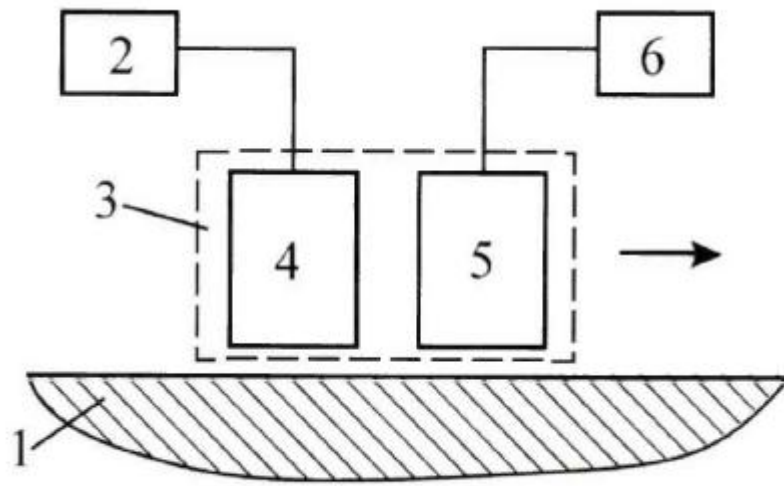


Fig. 1

Корисна модель належить до неруйнівного вихорострумового контролю і може знайти застосування, зокрема, для виявлення дефектів виробів із феромагнітних сталей у машинобудуванні, нафтогазовій та хімічній промисловості тощо. Корисна модель може бути ефективний для дефектоскопії виробів із феромагнітних сталей в зоні зварних швів.

Відомий спосіб виявлення дефектів виробів із феромагнітних сталей з використанням магнітопорошкового методу контролю, коли як індикатори полів розсіювання магнітного поля від дефектів використовують магнітні порошки. Намагнічування виробу здійснюють або циркулярно шляхом пропускання струму через деталь або стрижень, що проходить через отвір у деталі. Для поздовжнього намагнічування використовуються електромагніти чи соленоїди. Основними вимогами для надійного виявлення дефектів є якісне очищення поверхні виробу перед нанесенням порошку або суспензії та їх рівномірне нанесення на поверхню намагніченої деталі. Магнітопорошковий метод дозволяє виявляти дрібні дефекти (порушення суцільності матеріалу) [1, 2].

Недоліком магнітопорошкового методу є недостатня чутливість до дефектів та достовірність контролю в зоні геометричних або магнітних неоднорідностей матеріалу, що особливо властиво зоні зварних швів. Суттєві проблеми виникають також під час контролю литих деталей через нерівності поверхні та деталей з різкими змінами перерізу або за неякісного очищення поверхні виробу.

Відомі способи вихорострумової дефектоскопії металевих виробів, за яким за допомогою обмоток вихорострумового перетворювача, які живляться змінною напругою робочої частоти, створюють в контрольованому виробі вихрові струми, вимірюють зміни вихідної напруги вихорострумового перетворювача на робочій частоті під час сканування робочим торцем вихорострумового перетворювача поверхні контрольованого виробу [3, 4]. При цьому для зменшення впливу завад у цих способах використовують різні варіанти обробки вихідного сигналу вихорострумового перетворювача, зокрема амплітудно-фазовий або двочастотний варіанти вихорострумового методу.

Недоліком відомих способів вихорострумової дефектоскопії є низька чутливість контролю виробів із феромагнітних сталей через завади, створені суттєвою неоднорідністю магнітних характеристик. Такі завади неможливо заглушити відомими способами обробки сигналу. Така ситуація часто трапляється під час дефектоскопії зони зварних швів або через неоднорідну залишкову намагніченість сталей після проведення магнітопорошкового контролю [1, 2].

Відомий спосіб вихорострумової дефектоскопії труб із феромагнітних матеріалів, який реалізують за допомогою спеціального вихорострумового перетворювача, обмотки якого є концентричними відносно поверхні контрольованої труби. Під час проведення контролю коаксіальний вихорострумовий перетворювач переміщують вздовж труби. Для зменшення впливу неоднорідності магнітних властивостей контрольовану зону матеріалу труби під час переміщення підмагнічують постійним магнітним полем, для чого перетворювач має в складі постійний магніт для намагнічування зони контролю [5].

Недоліком відомого способу вихорострумової дефектоскопії є неможливість контролю виробів, які не мають форму труби, зокрема, виробів і конструкцій з великим радіусом кривизни поверхні.

Відомий спосіб вихорострумової дефектоскопії виробів із феромагнітних матеріалів за допомогою накладного вихорострумового перетворювача [6]. Для зменшення впливу неоднорідності магнітних властивостей контрольовану зону виробу підмагнічують постійним магнітним полем, для чого перетворювач має в складі обмотку намагнічування, за допомогою якої зону контролю доводять до стану технічного насичення.

Недоліком відомого способу вихорострумової дефектоскопії є ускладнення апаратури контролю, яка повинна мати в складі потужне джерело постійного струму, оскільки для доведення контрольованого матеріалу до стану технічного насичення необхідно на виріб діяти суттєвим магнітним полем. Крім того постійне магнітне поле не дозволяє ефективно використовувати обмотки з феритовими осердями, оскільки його вплив обмежує чутливість контролю.

Найближчим аналогом корисної моделі є спосіб, який реалізують за допомогою накладного вихорострумового перетворювача з індуктивними обмотками, в конструкцію якого введено магніти для створення постійного поля намагнічування в контрольованому виробі [7]. Індуктивні обмотки для виявлення дефектів і постійні магніти намагнічування об'єднано в єдину конструкцію. При цьому магніти орієнтовані відносно робочої поверхні перетворювача протилежними полюсами. Для реалізації способу за допомогою такого перетворювача його встановлюють на контрольований виріб. Обмотки перетворювача реєструють електромагнітне поле вихрових струмів, яке залежить від наявності дефектів. При цьому за допомогою постійних

магнітів ділянка виробу намагнічується постійним магнітним полем. Намагнічування зони контролю постійним магнітним полем зменшує рівень завад, пов'язаних з неоднорідним розподілом магнітних властивостей матеріалу.

Недоліком відомого способу вихорострумового контролю виробів із феромагнітних матеріалів є неможливість досягнути високого рівня намагнічування, зокрема досягнути стану технічного насичення матеріалу в зоні контролю за допомогою постійних магнітів невеликого розміру. Виконання більших за розмірами магнітів збільшує габарити перетворювача, що обмежує функціональні можливості перетворювача при контролі важкодоступних зон і ділянок з малим радіусом кривизни. Крім того вплив постійного магнітного поля зменшує чутливість обмоток з феритовими осерддями.

Задачею корисної моделі, способу є підвищення чутливості і достовірності контролю виробів із феромагнітних сталей шляхом зменшення рівня завад, пов'язаних з магнітною неоднорідністю та намагніченістю матеріалу.

Поставлена задача вирішується тим, що спосіб вихорострумової дефектоскопії виробів із феромагнітних матеріалів, за яким встановлюють вихорострумовий перетворювач на поверхню виробу і переміщують його по поверхні виробу за заданою траєкторією, за допомогою вихорострумового перетворювача створюють у виробі вихрові струми в зоні поточного положення вихорострумового перетворювача вздовж траєкторії його переміщення, реєструють вихідний сигнал вихорострумового перетворювача в результаті дії на нього вихрових струмів і розподіл вихідного сигналу вздовж траєкторії переміщення по поверхні виробу, і за результатами отриманого розподілу приймають рішення про наявність дефектів в матеріалі виробу, при цьому на контрольований виріб діють також магнітним полем, згідно з корисною моделлю, діюче на ділянку виробу магнітне поле має змінний різнополярний характер із згасаючою амплітудою і його локалізують на ділянці виробу, яка знаходиться перед поточним розташуванням вихорострумового перетворювача за траєкторією його переміщення, максимальну амплітуду змінного магнітного поля вибирають попередньо для матеріалу контрольованого виробу такою, щоб забезпечити умови розмагнічування, коли рівень залишкового магнітного поля феромагнітної сталі після дії змінного магнітного поля є близьким до нульового значення.

Спосіб вихорострумової дефектоскопії виробів із феромагнітних матеріалів реалізують шляхом встановлення вихорострумового перетворювача на поверхню виробу і переміщення його по поверхні виробу за заданою траєкторією. За допомогою вихорострумового перетворювача створюють у виробі вихрові струми в зоні поточного положення вихорострумового перетворювача вздовж траєкторії його переміщення. При цьому реєструють вихідний сигнал вихорострумового перетворювача в результаті дії на нього вихрових струмів і розподіл вихідного сигналу вздовж траєкторії переміщення по поверхні виробу. За результатами отриманого розподілу приймають рішення про наявність дефектів у матеріалі виробу. Крім того на контрольований виріб діють також магнітним полем. При цьому, діюче на ділянку виробу магнітне поле має змінний різнополярний характер із згасаючою амплітудою і його локалізують на ділянці виробу, яка знаходиться перед поточним розташуванням вихорострумового перетворювача за траєкторією його переміщення. Максимальну амплітуду змінного магнітного поля вибирають попередньо для матеріалу контрольованого виробу такою, щоб забезпечити умови розмагнічування, коли рівень залишкового магнітного поля феромагнітного матеріалу в зоні поточного положення вихорострумового перетворювача після дії змінного магнітного поля є близьким до нульового значення.

Згасання амплітуди різнополярного магнітного поля в локальній ділянці виробу можна реалізувати шляхом переміщення джерела різнополярного магнітного поля постійної амплітуди за траєкторією переміщення перед поточним розташуванням вихорострумового перетворювача.

Змінне різнополярне магнітне поле постійної амплітуди можна створювати за допомогою електромагніту з П-подібним магнітопроводом, який переміщують по поверхні виробу, утворюючи з поточною локальною ділянкою виробу замкнуте магнітне коло.

На Фіг. 1 подано схему реалізації запропонованого способу вихорострумової дефектоскопії виробів із феромагнітних матеріалів (вигляд збоку): 1 - контрольований виріб; - узагальнена схема вихорострумового дефектоскопа; 3 - сканувальний блок; 4 - вихорострумовий перетворювач; 5 - джерело змінного магнітного поля; 6 - джерело змінного електричного струму.

На Фіг. 2 представлено схему переміщення сканувального блока вихорострумовим перетворювачем 4 і джерелом змінного магнітного поля 5 по поверхні виробу 1 із феромагнітних матеріалів під час реалізації способу (вигляд зверху).

На Фіг. 3 представлено варіант побудови джерела змінного магнітного поля у вигляді встановленого на контрольований виріб електромагніту з П-подібним магнітопроводом 7 з джерелом змінного електричного струму 6, які під'єднано до двох обмоток розмагнічування 8 на його полюсах.

Приклад реалізації запропонованого способу виявлення дефектів виробів із феромагнітних матеріалів накладним вихорострумовим перетворювачем з використанням змінного різнополярного магнітного поля постійної амплітуди. Принципова відмінність запропонованого способу полягає в тому, що для зменшення рівня характерних завад на відміну від відомих способів, в яких реалізовано намагнічування до стану технічного насичення, будемо використовувати альтернативний підхід з використанням змінного різнополярного магнітного поля, дія якого призводить до локального розмагнічування ділянки контрольованого виробу. Схема реалізації пристрою, за допомогою якого можна реалізувати запропонований спосіб виявлення дефектів виробів 1 із феромагнітних сталей (Фіг. 1), складається із узагальненої схеми вихорострумового дефектоскопа 2, яка забезпечує створення сигналу збудження і обробку і реєстрації сигналів вихорострумового перетворювача 4, і джерела магнітного поля 5, яке разом з вихорострумовим перетворювачем 4 утворює єдиний сканувальний блок 3. Під час реалізації способу необхідно забезпечити розмагнічування локальної ділянки контрольованого виробу перед тим, як на цю ділянку переміститься вихорострумовий перетворювач 4. Для цього джерело змінного магнітного поля 5 розміщено на відстані від вихорострумового перетворювача 4 і винесено вперед по лінії переміщення, яка задається методикою контролю (Фіг. 1 і Фіг. 2).

Відомо, що для розмагнічування феромагнітних виробів можна використовувати джерело загасаючого різнополярного магнітного поля. При цьому загасаюче магнітне поле можна реалізувати загасаючою зміною змінного струму в обмотках розмагнічування або шляхом поступового віддалення об'єкта розмагнічування від джерела змінного різнополярного магнітного поля постійної амплітуди, який реалізовано в цьому прикладі. Під час реалізації запропонованого способу, сканувальний блок 3 встановлюють на поверхню контрольованого виробу 1 таким чином, щоб джерело змінного магнітного поля 5 постійної амплітуди було попереду вихорострумового перетворювача 4 по лінії його переміщення (Фіг. 2). На Фіг. 2 напрямок переміщення і лінія переміщення показані стрілкою і пунктирною лінією, відповідно. Ефективним варіантом виконання джерела різнополярного магнітного поля постійної амплітуди є використання електромагніту з П-подібним магнітопроводом 7, яке після встановлення полюсами на виріб 1 утворює з поточною ділянкою виробу замкнуте магнітне коло (Фіг. 3). Обмотки 8 електромагніту з П-подібним магнітопроводом 7 живляться від джерела синусоїдального струму постійної амплітуди 6.

Під час переміщення сканувального блока (складається із джерела змінного магнітного поля 5 і вихорострумового перетворювача 4), на локальну ділянку виробу вздовж лінії переміщення спочатку починає діяти різнополярне магнітне поле, джерело якого розташовано попереду вихорострумового перетворювача (Фіг. 2). При цьому на кожній ділянці по лінії переміщення амплітуда змінного магнітного поля спочатку досягає максимального значення, а потім поступово загасає до нуля у міру віддалення цієї ділянки від джерела різнополярного поля постійної амплітуди. Така дія призводить до розмагнічування цієї ділянки контрольованого виробу, після чого на розмагнічену ділянку переміщується вихорострумовий перетворювач 4. Зазвичай, вихідний сигнал вихорострумового перетворювача під час контролю виробів із феромагнітних матеріалів змінюється під дією дефектів (корисний сигнал) або під впливом неоднорідності магнітних властивостей матеріалу, зокрема, через неоднорідність локального намагнічування по поверхні виробу (сигнал завади). Останній вплив призводить до сильної зміни вихідного сигналу, який в деяких випадках повністю обмежує можливість виявлення дефектів таких виробів. У нашому випадку, після розмагнічування магнітні властивості матеріалу стабілізовано і відповідні шкідливі зміни вихідного сигналу суттєво зменшуються, що підвищує чутливість до дефектів. Очевидно, що кожна феромагнітна сталь має притаманні їй властивості щодо локального намагнічування під дією виробничих та експлуатаційних чинників. Тому попередньо необхідно для кожної контрольованої сталі визначити максимальну амплітуду змінного магнітного поля, яка забезпечує ефект зменшення завад для конкретної сталі.

Проведені дослідження підтвердили ефективність запропонованого способу на зразках із феромагнітної сталі типу 09Г2С. Локальне намагнічування під час випробувань було створено тимчасовим прикладанням до поверхні зразка постійного магніту. Створене локальне намагнічування повністю виключало можливість виявлення дефектів у цій зоні через суттєві завади, пов'язані з порушенням умов балансування вихорострумового перетворювача. Проведення контролю зразка згідно з запропонованим способом дозволило виявляти дефекти в

зоні створеної магнітної неоднорідності за рахунок проведення процедури розмагнічування. Як джерело різнополярного магнітного поля постійної амплітуди використано електромагніт з П-подібним магнітопроводом, обмотки якого під'єднано до джерела синусоїдального струму постійної амплітуди у вигляді стандартної мережі частотою 50 Гц.

Запропонований спосіб вихорострумової дефектоскопії виробів із феромагнітних матеріалів дозволяє збільшити чутливість до дефектів і достовірність контролю за рахунок поступового розмагнічування зони контрольованої ділянки виробу під час переміщення перетворювача по контрольованій поверхні. Висока чутливість і достовірність контролю досягається за рахунок зменшення рівня завад, пов'язаних з непередбачуваною неоднорідністю магнітних властивостей феромагнітної сталі.

Джерела інформації:

1. Троицкий В.А. Магнитопорошковый контроль сварных соединений и деталей машин. - Киев: Феникс, 2002. - 300 с.

2. ДСТУ EN 1290-2002. Неруйнівний контроль зварних з'єднань. Магнітопорошковий контроль зварних з'єднань. Метод. - Київ: Держспоживстандарт України, 2003.-12 с.

3. Вихретоковый способ контроля подповерхностных дефектов ферромагнитных материалов. А.с. 832442 СССР, МКИ G01N 27/86. / А.Я. Тетерко, В.Н. Учанин. Заявлено 25.07.79; Опубл. 23.05.81, Бюл. № 19.

4. Способ электромагнитной дефектоскопии. А.с. 834495 СССР, МКИ G01N 27/90. / В.Н. Учанин, А.Я. Тетерко. Заявлено 16.05.79; Опубл. 30.05.81, Бюл. № 20.

5. Патент № 5117182 США. МКИ G01N 27/90. Ferromagnetic eddy current probe having multiple levels of magnetization / V. Cecco, J.R, Carter (Canada). - № 535521; Заявл. 08.06.1990; Опубл. 26.05.1992; НКИ 324/220.

6. Накладной электромагнитный преобразователь. А. с. 926587 СССР. МКИ G01N 27/90. / Н.Н. Зацепин, В.Ф. Кунцевич (СССР). Заявлено 26.09.80; Опубл. 07.05.82, Бюл. № 17.

7. Пат. № 102561 України, МПК G01N 27/90. Накладний перетворювач для вихорострумового контролю феромагнітних матеріалів / В.М. Учанин; № а201104190: Заявл. 06.04.2011; Опубл. 25.07.2013, Бюл. № 14.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

1. Спосіб вихорострумової дефектоскопії виробів із феромагнітних матеріалів, за яким встановлюють вихорострумовий перетворювач на поверхню виробу і переміщують його по поверхні виробу за заданою траєкторією, за допомогою вихорострумового перетворювача створюють у виробі вихрові струми в зоні поточного положення вихорострумового перетворювача вздовж траєкторії його переміщення, реєструють вихідний сигнал вихорострумового перетворювача в результаті дії на нього вихрових струмів і розподіл вихідного сигналу вздовж траєкторії переміщення по поверхні виробу, і за результатами отриманого розподілу приймають рішення про наявність дефектів в матеріалі виробу, при цьому на контрольований виріб діють також магнітним полем, який **відрізняється** тим, що діюче на ділянку виробу магнітне поле має змінний різнополярний характер із згасаючою амплітудою і його локалізують на ділянці виробу, яка знаходиться перед поточним розташуванням вихорострумового перетворювача за траєкторією його переміщення, максимальну амплітуду змінного магнітного поля вибирають попередньо для матеріалу контрольованого виробу такою, щоб забезпечити умови розмагнічування, коли рівень залишкового магнітного поля феромагнітної сталі після дії змінного магнітного поля є близьким до нульового значення.

2. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що згасання амплітуди різнополярного магнітного поля в локальній ділянці виробу реалізують шляхом переміщення джерела різнополярного магнітного поля постійної амплітуди за траєкторією переміщення перед поточним розташуванням вихорострумового перетворювача.

3. Спосіб за будь-яким пп. 1 або 2, який **відрізняється** тим, що змінне різнополярне магнітне поле постійної амплітуди створюють за допомогою електромагніту з П-подібним магнітопроводом, який переміщують по поверхні виробу, утворюючи з поточною локальною ділянкою виробу замкнуте магнітне коло.

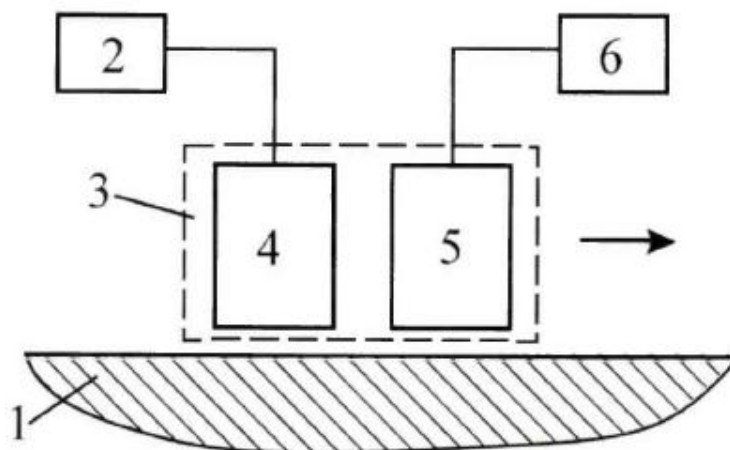


Fig. 1

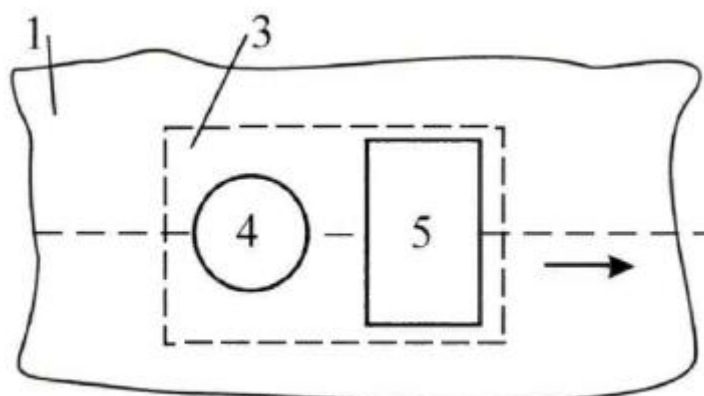


Fig. 2

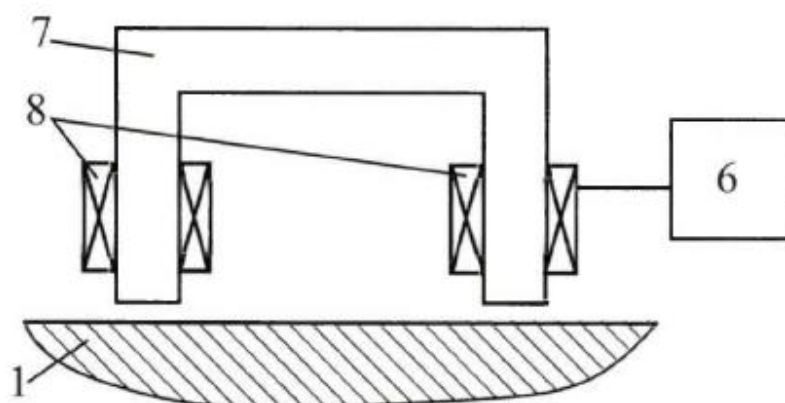


Fig. 3