



УКРАЇНА

(19) UA (11) 35141 (13) A

(51) 6 G01B7/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ
НА ВИНАХІДвидається під
відповідальність
власника
патенту

(54) СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМАЦІЙНОГО СТАНУ ЗРАЗКА

(21) 99084748

(22) 20.08.1999

(24) 15.03.2001

(46) 15.03.2001 Бюл. № 2, 2001 р.

(72) Левітін Валім Володимирович Лоскутов
Степан Васильович Правда Михайло Іванович
Серпецький Борис Олексійович(73) ЗАПОРІЗЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ

(57) 1. Спосіб визначення напружено-деформаційного стану зразка змистом якого є те, що навантаження докладають до досліджуваної поверхні зразка вимірюють роботу виходу електрону з цієї поверхні за методом контактної різниці потенціалів

до та після прикладення навантаження і за отриманими даними визначають вид поверхневих деформацій який різниться тим що впливають на досліджувану поверхню зразка до та у процесі вимірювання роботи виходу електронів електромagnetним випромінюванням з енергією, якої достатньо для десорбції адсорбованих на поверхні зразка атомів та радикалів

2. Спосіб по пункту 1 який різниться тим що додатково періодично вимірюють роботу винаходу електронів у процесі навантаження в тому числі і знакоперемінному після чого за отриманими даними визначають вид деформації тип напружень, а також зародження руйнування зразка

Винахід відноситься до області вимірювальної техніки та може бути використаний для визначення виду деформації типу напруження і зародження руйнування в матеріалах при докладаннях до них механічних зусиль

Відомий спосіб вимірювання деформаційного стану зразка [1], змистом якого є те, що на поверхні досліджуваного виробу до навантаження проектуєть еталонну систему позначок, потім відбиту від поверхні виробу еталонну систему позначок фіксують в площині реєстрації зображення виробу одночасно проектуєть у площину реєстрації зображення виробу еталонну систему позначок та суміщують обидві системи шляхом зміщення еталонного зразка до повного зникнення інтерференційних смуг які утворюються в процесі суміщення. Потім досліджуваний зразок навантажують реєструють інтерференційну картину і по ній вимірюють деформацію

При достатньо високій чутливості та розширенні технічних можливостей шляхом вимірювання деформації зразка довільної форми цей спосіб має низьку продуктивність обумовлену необхідністю нанесення на досліджувану поверхню системи позначок, що потребує багато часу. При цьому задля реалізації способу необхідна дорожча оптико-механічна апаратура. Окрім цього спосіб не забезпечує розширення функціональних можливостей шляхом визначення типу напружень та зародження тріщин

Відомий спосіб визначення напруженого стану зразка [2] змистом якого є те, що на досліджувану поверхню зразка наносять шар крихкого тензочутливого покриття докладають до зразка циклічне навантаження створюючи в матеріалі зразка напруження, дорівнюючі 0,1–0,3 межі витримки, а число циклів навантаження обирають рівним 0,001–0,01 базового числа циклів для даного матеріалу потім піддають зразок експлуатаційним навантаженням аналізують щільність та напрям тріщин на покритті і за цими даними визначають напружений стан поверхні зразка

При достатньо високій чутливості та просторіцей спосіб володіє низькою точністю за рахунок відмінності напружень у покритті та у зразку по величині а іноді ще і за знаком [3] а також невисокою продуктивністю бо нанесення покриття на досліджувану поверхню зразка потребує значного часу. Крім того спосіб не забезпечує розширення функціональних можливостей шляхом визначення типу напружень та зародження руйнування зразка

Відомий спосіб визначення напружено-деформаційного стану зразка [4] обраний нами за прототип змистом якого є те, що навантаження докладають до досліджуваної поверхні зразка вимірюють роботу виходу електрону з цієї поверхні за методом контактної різниці потенціалів до та після прикладення навантаження і за отриманими даними визначають вид поверхневих деформацій

(19) UA (11) 35141 (13) A

Недоліком цього способу є невисока точність, зумовлена впливом на результат вимірювання адсорбованого шару [5] на досліджуваній поверхні зразка, та низька продуктивність за рахунок великого часу (10...15 год.) встановлення динамічної рівноваги між досліджуваною поверхнею зразка та оточуючою атмосферою після встановлення зразка на вимірювальний стенд.

Окрім того, спосіб не забезпечує розширення функціональних можливостей шляхом визначення типу напружень та зародження руйнування зразка.

Задачею винаходу є підвищення продуктивності та точності визначення напружено-деформаційного стану зразка шляхом випучення з досліджуваної поверхні зразка адсорбованого шару, який викликає похибки при вимірюваннях роботи виходу електронів, збільшення тривалості встановлення термодинамічної рівноваги між досліджуваною поверхнею та зовнішнім середовищем, а також розширення функціональних можливостей способу шляхом встановлення типу напружень та визначення місця зародження втомленої тріщини.

Вказаний технічний результат досягається завдяки тому, що у способі визначення напружено-деформаційного стану зразка, що містить у собі навантаження і деформування зразка, вимірювання роботи виходу електронів з досліджуваної поверхні методом контактної різниці потенціалів та визначення за отриманими даними напружено-деформаційного стану зразка передбачені наступні відмінності:

- а) вплив електромагнітним випромінюванням на досліджувану поверхню зразка;
- б) вплив електромагнітним випромінюванням до та в процесі вимірювання роботи виходу електронів;
- в) вплив електромагнітним випромінюванням з енергією достатньою для випучення адсорбованих на поверхні зразка атомів та радикалів;
- г) додаткове вимірювання роботи виходу електронів з досліджуваної поверхні зразка періодично в процесі навантаження, в тому числі знакоперемінного;
- д) визначення за отриманими даними вимірів:
 - виду поверхневих деформацій (пружні чи пластичні та їх величина);
 - тип напружень (розтягуючі чи стискуючі та їх величина);
 - зародження процесу руйнування досліджуваного зразка (чи йдуть і в якому місці зразка процеси, які готують з'явлення мікротріщини втомленості).

На фіг. 1 представлена схема пристрою для реалізації заявляемого способу.

На фіг. 2 – розподіл роботи виходу електронів ϕ на досліджуваній поверхні зразка довжиною l без впливу електромагнітного випромінювання (криві 1 та 2 – в 1-й та 2-й дні вимірів відповідно).

На фіг. 3 – залежність роботи виходу електронів ϕ від ступеня деформації ϵ : криві 2, 3 (дві криві відповідають двом різним зразкам з алюмінію); 1 – характерна крива розтягу алюмінію (залежність напруження σ від деформації ϵ), для визначення виду поверхневих деформацій (пружні або пластичні).

На фіг. 4 – залежність змінення роботи виходу електронів $\Delta\phi$ від навантаження σ : 1 – крива змінення $\Delta\phi$ при розтягуючих напруженнях, 2 – крива змінення $\Delta\phi$ при стискуючих напруженнях, для визначення типу напружень (розтягуючі чи стискуючі).

На фіг. 5 – розподіл змінення роботи виходу електронів по довжині зразка. 1 – крива змінення $\Delta\phi$ на досліджуваній поверхні зразка, 2 – крива змінення $\Delta\phi$ на оборотній стороні зразка, для визначення місця утворення мікротріщини.

$$\Delta\phi = \phi_1 - \phi_2,$$

причому ϕ_1 – значення роботи виходу електронів до навантаження зразка,

ϕ_2 – значення роботи виходу електронів після навантаження зразка.

Пристрій для реалізації заявляемого способу (див. фіг. 1.) містить зразок 1, досліджувану поверхню 2 котрого утворює з коливаючимся еталонним зразком 3, виконаним у вигляді золотого зонду, плоский конденсатор, джерело електромагнітного випромінювання 4, являючий собою, наприклад, ртутну лампу, і встановлений таким чином, щоб ділянка досліджуваної поверхні зразка, яка знаходиться під коливаючимся зондом, була постійно освітлена, електрод 5, через який зразок 1 з'єднаний з резонансним підсилювачем 6, мілівольтметром 7 та осцилографом 8. Еталонний зразок заземлений.

Запропонований спосіб визначення напружено-деформаційного стану зразка здійснюється наступним чином:

На досліджувану поверхню 2 зразка 1 (нами використовувалися зразки, виконані із сплаву ВТЗ – 1 та з алюмінію) до та в процесі вимірювання роботи виходу електронів впливають електромагнітним випромінюванням з енергією, достатньою для десорбції адсорбованих на поверхні атомів та радикалів. Величина цієї енергії складає 8–80 кДж/моль [6]. Через 8–10 хв після початку опромінювання досліджуваної поверхні 2 зразка 1 приступають до вимірювання роботи виходу електронів ϕ , причому ϕ вимірюють до, періодично у процесі та після навантаження зразка 1. ϕ вимірюється методом контактної різниці потенціалів. Електричний сигнал, утворившийся в результаті коливань еталонного зразка 3 поблизу досліджуваної поверхні 2 зразка 1, подають через електрод 5 на резонансний підсилювач 6 та реєструють за допомогою мілівольтметра і осцилографа 7 та 8 відповідно.

Як видно з фіг. 2, криві 1' та 2' показуючі розподіл роботи виходу електронів ϕ на досліджуваній поверхні зразка під впливом на неї електромагнітного випромінювання з енергією, якої достатньо для десорбції адсорбованих на поверхні зразка атомів та радикалів відповідно у 1-й та 2-й день вимірювань, практично співпадають, оскільки на значення ϕ не впливають змінення параметрів навколишнього середовища, що підвищує продуктивність та точність вимірів. Криві 1 та 2 (без впливу на поверхню електромагнітного випромінювання) відрізняються одне від одного за абсолютним значенням ϕ в результаті впливу атмосфери, що змінюється.

За даними вимірів роботи виходу електронів ϕ у процесі навантаження визначають напружено-деформаційний стан зразка:

1 Вид поверхневих деформацій (пружні або пластичні)

Для визначення виду поверхневих деформацій аналізують значення похідної $\Delta\phi/\Delta\epsilon$ на різних ділянках кривих 2, 3 (фіг. 3)

Якщо $\Delta\phi/\Delta\epsilon > 0$, то деформації мають пружний характер

Якщо $\Delta\phi/\Delta\epsilon < 0$, то деформації мають пластичний характер

2 Тип напружень (розтягуючі чи стискуючі)

Для визначення типу напружень аналізують значення

$$\Delta\phi = \phi_1 - \phi_2 \text{ (див фіг. 4),}$$

де ϕ_1 — значення роботи виходу електронів до навантаження зразка,

ϕ_2 — значення роботи виходу електронів після навантаження зразка

Якщо $\Delta\phi > 0$, то напруження розтягуючі

Якщо $\Delta\phi < 0$, то напруження стискуючі

3 Зародження руйнування зразка (визначення місця утворення мікротріщини втомленості)

Для визначення місця утворення мікротріщини втомленості аналізують розподіл змінення роботи виходу електронів по поверхні зразка $\Delta\phi = \phi_1 - \phi_2$ (див фіг. 5), де ϕ_1 та ϕ_2 — значення роботи виходу електронів до та після навантаження зразка відповідно

В тому місці, яке досліджується на поверхні зразка, де значення $\Delta\phi$ має мінімум, зароджується мікротріщина — крива 1, фіг. 5. Мінімум на кривій $\Delta\phi$ (1) з'являється після 50–70% часу від довговічності зразка

Окрім того, дослідження показали, що тріщина, яка утворюється на одній стороні зразка, змінює значення $\Delta\phi$ також на зворотній стороні зразка в перерізі розвитку руйнування (крива 2 фіг. 5)

Отримані експериментальні результати дають можливість говорити про вимірювання роботи виходу електронів в процесі випробувань на втомленість, як про новий метод визначення місця утворення атомлесної тріщини. Дуже важливо, що час та місце утворення втомлесної тріщини може бути визначене на тому етапі, коли тріщина втомленості ще не з'явилася і її зародження не може бути визначене іншими методами. Таким чином, запропонований спосіб володіє властивостями прогнозування локалізації та часу з'явлення тріщини втомленості

Джерела інформації використані при виявленні винаходу та складанні його опису

1 А с 1245875 ССРСР, МКИ G 01 B 11/16. Спосіб измерения деформацій изделий / А А Новиков, А С Сипаков (СССР) — № 3724006/25–28; Заявлено 12.04.84, Опубл. 23.06.86, Бюл. № 27 — 127 с.

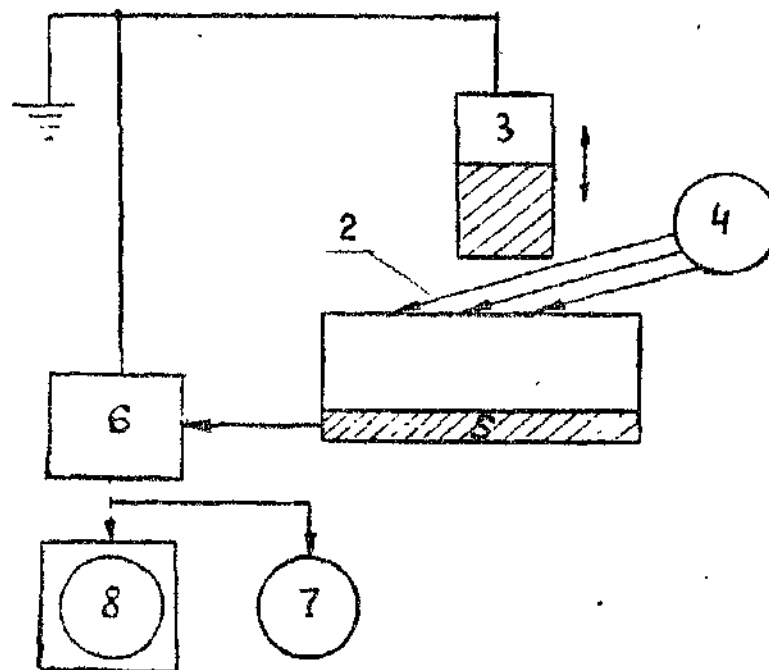
2 А с 1163141 ССРСР, МКИ G 01 B 11/20. Спосіб исследования напряженного состояния детали / Л А Переясловец, А Д Грибков, И М. Гайтельбанд (СССР) — № 3635046/25–28, Заявлено 24.06.83, Опубл. 23.06.85, Бюл. № 23 — 154 с.

3 Экспериментальная механика. Кн. 2. Изд. "Мир", 1990 г.

4 А с 1208472 ССРСР, МКИ G 01 B 7/16. Спосіб определения деформации / В А Генкин, А Л Жарин, А Л Терехов, Е И Флибейн, Н А Шилица (СССР) — № 3684706/25–28, Заявлено 30.12.83, Опубл. 30.01.86, Бюл. № 4 — 231 с.

5 Алейников Н М, Грибков С П, Поверхность, 1985, № 12, стр. 70

6 Физическая энциклопедия, М., 1989, стр. 13



Фіг. 1

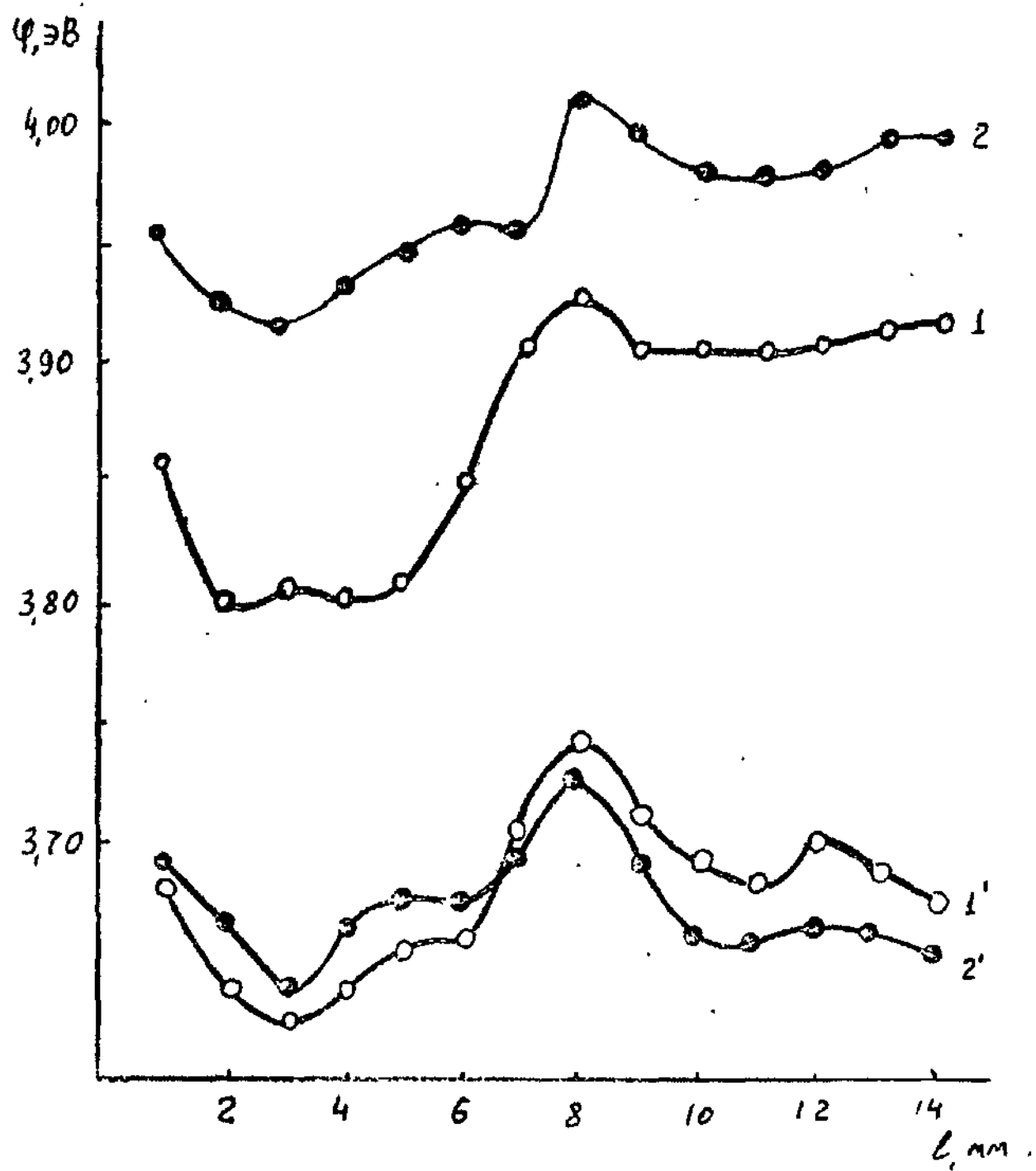
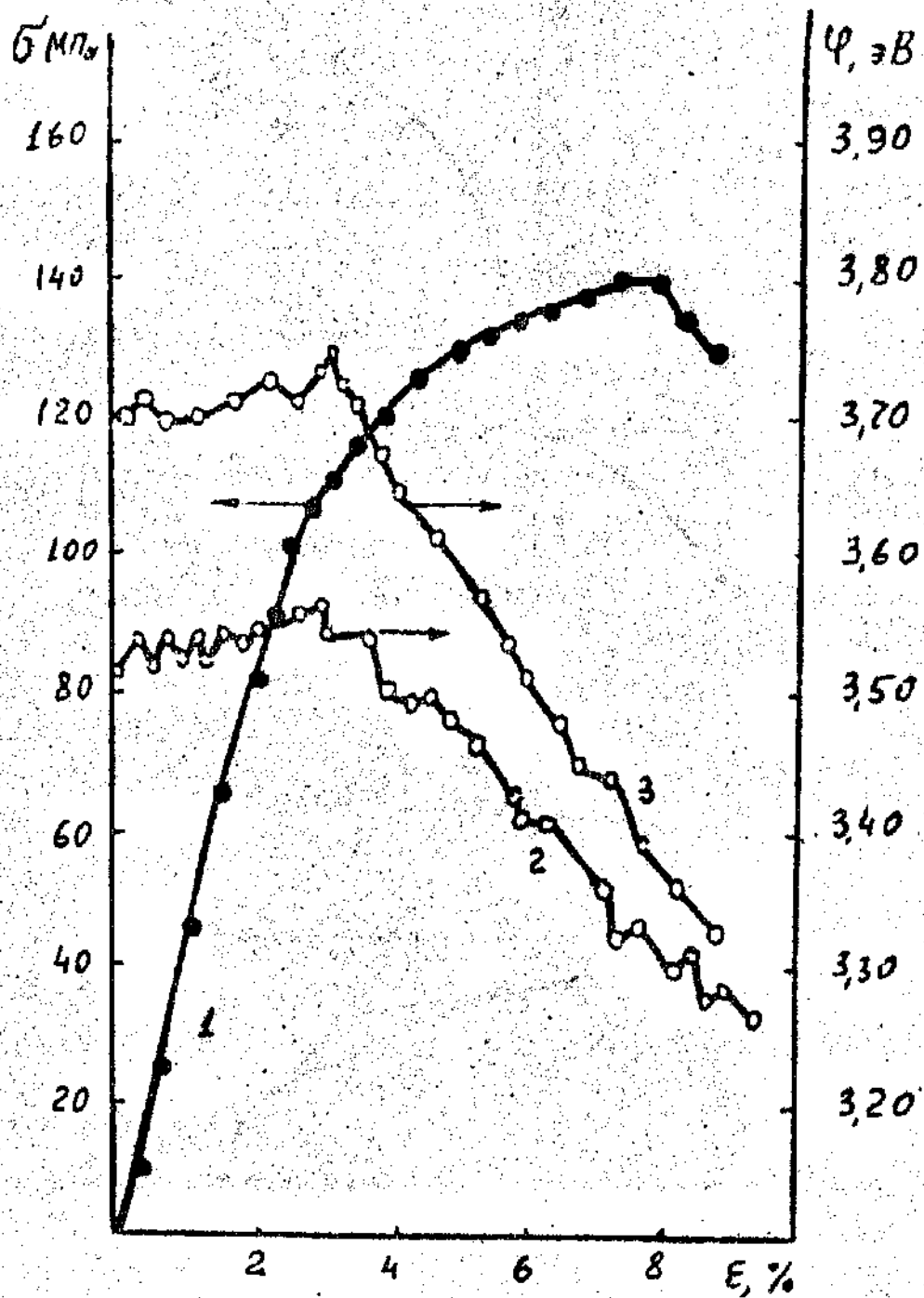


Fig. 2



Фиг. 3

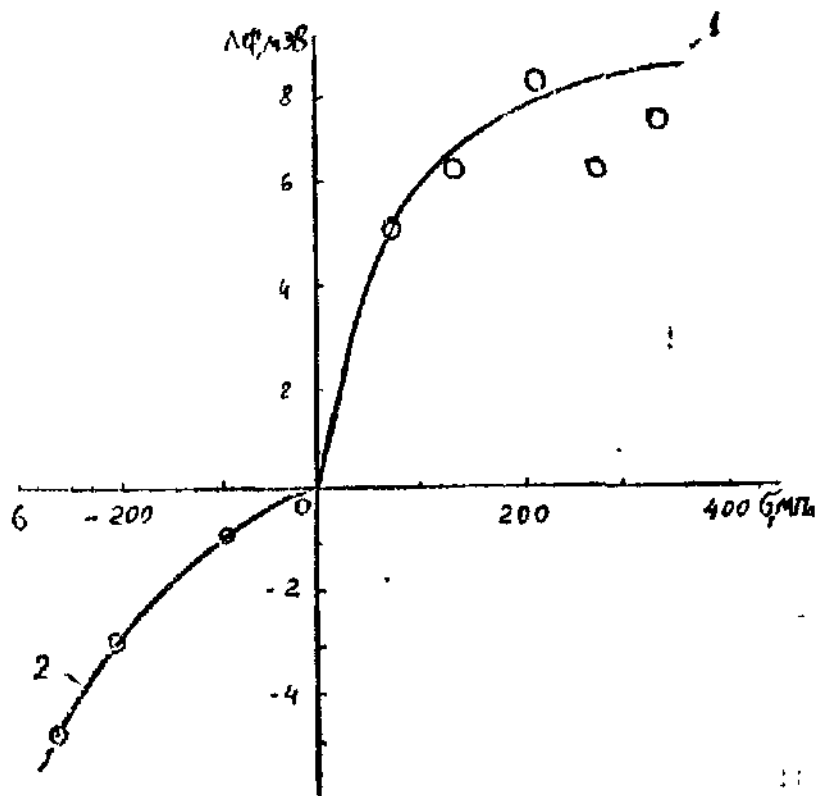


Fig. 4

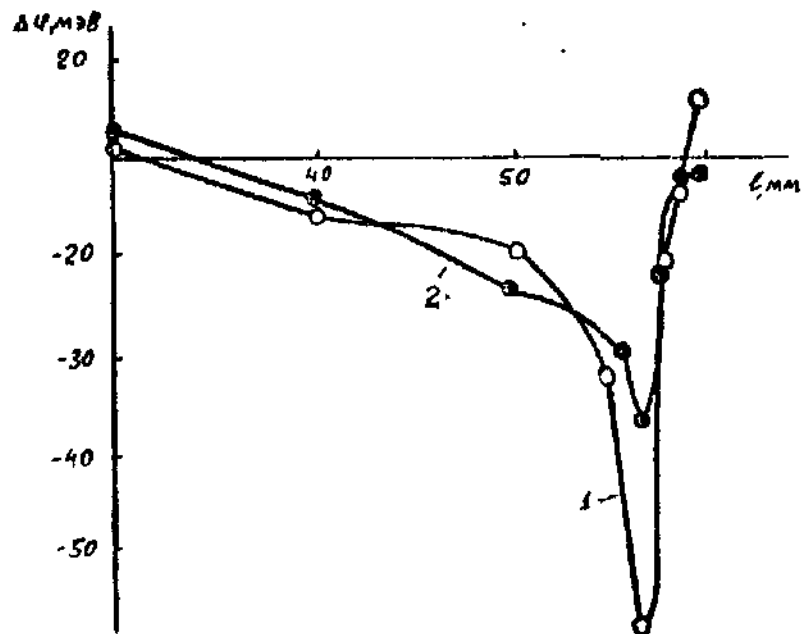


Fig. 5

Тираж 50 экз

Відкрите акціонерне товариство «Патент»

Україна, 88000, м Ужгород, вул Гагаріна, 101

(03122) 3 - 72 - 89 (03122) 2 - 57 - 03