

Даний винахід стосується способу оцінки ударної в'язкості зварного вузла, а також вимірювального пристрою для здійснення цього способу, що використовує, для такої оцінки вимірювання швидкостей ультразвукових поверхневих хвиль.

Ударна в'язкість механічної деталі характеризується енергією, необхідною для її зруйнування. Вона може бути оцінена шляхом випробування зразків деталей за відповідними стандартами на спеціальних пристроях, яким є, наприклад, копер Шарпі. Відомо, що виготовлення випробуваних зразків і застосування копра пов'язане з витратами і спонукає звертатися до простіших способів і, зокрема, до неруйнівного контролю з опосередкованою оцінкою ударної в'язкості.

Створення такого опосередкованого способу оцінки ударної в'язкості й пристрою для його здійснення є метою даного винаходу. Розроблений спосіб, з основи якого лежить використання ультразвукових поверхневих хвиль, призначений для застосування до певного класу зварних вузлів і, зокрема, вузлів із достатньо тонкого листа на підложниці, якою може бути інший або більш товстий лист без добавлення матеріалу методом дифузії або аналогічними методами.

Ультразвукові випробування, зазвичай, проводять після занурення деталі, що аналізується, у рідину. Ультразвук випромінюється в рідині в напрямку деталі і, досягнувши її, може цією деталлю відбиватися або поглинатися. За певних кутів падіння ультразвук також може зазнавати перетворення режиму розповсюдження ультразвуку і може розповсюджуватися по поверхні деталі без проникнення в деталь більше, ніж на певну, невелику глибину з утворенням поверхневих хвиль, що звуться хвилями Релея. Дослідження, проведені авторами винаходу, показали, що такі поверхневі хвилі можуть бути скорельовані залежно від якості вищезгаданих зварних вузлів, а точніше параметр, пов'язаний зі швидкістю поширювання цих хвиль у зварних вузлах може корелювати з ударною в'язкістю останніх внаслідок впливу зварювання на поширювання хвиль, і, таким чином, ставати функцією якості зварювання.

У своїй найбільш загальній формі даний винахід стосується способу оцінки ударної в'язкості зварного вузла у вигляді металевому листа на підложниці, який відрізняється тим, що генерують ультразвукові поверхневі хвилі на листі, вимірюють швидкість цих хвиль для одержання параметра швидкості, обчислюють величину ударної в'язкості вузла відповідно до функції кореляції, яку отримують перед тим на каліброваних випробуваних зразках, що містять аналогічний зварний вузол, і яка зв'язує ударну в'язкість каліброваних випробуваних зразків із параметром швидкості каліброваних випробуваних зразків.

У кращому варіанті здійснення винаходу, використовуючи анізотропію листа, вимірюють дві швидкості ультразвукових поверхневих хвиль на зварному вузлі у двох основних напрямках. Вважається, що параметр швидкості повинний обчислюватися за меншою з двох одержаних таким чином величин швидкості. Цей параметр може являти собою різницю величин швидкості ультразвукових хвиль, виміряних у листі металу зі зварним вузлом і в еталонному листі, виготовленому з металу основного матеріалу, але без зварного вузла. Вимірювання швидкості, по яких здійснюються такі розрахунки, необхідно виконувати за однакових умов, тобто, в однаковому напрямку у металевому листі зварного вузла і металевому листі еталонного зразка.

В іншому своєму аспекті даний винахід стосується вимірювального пристрою, що використовується для здійснення запропонованого способу. Він включає у себе пристрій для вимірювання швидкості ультразвукових поверхневих хвиль у деталі, який містить випромінювальну голівку, що формує хвилі, спрямовані на деталь під певним кутом нахилу, і відрізняється тим, що містить другу голівку, призначену для прийому частини хвиль, відбитих від деталі, або для вертання цієї частини хвиль у напрямку випромінювальної голівки у формі ехо-сигналу, причому друга голівка спрямована на деталь під кутом нахилу, протилежним куту нахилу випромінювальної голівки, і має дві активні поверхні для прийому або для вертання згаданої частини хвиль, розміщені ступінчасто на однаковій відстані від деталі.

У кращому варіанті здійснення запропонований пристрій містить раму і механізм тримача голівки на рамі, які сконструйовані таким чином, що вони дозволяють регулювати кути нахилу голівок. Крім того, бажано, щоб активні поверхні мали форму циліндрів з паралельними осями й однаковим радіусом. Нижче винахід описаний більш докладно з посиланнями на креслення, де: на Фіг. 1 зображений загальний вигляд пристрою відповідно до винаходу; на Фіг. 2 показаний приклад запису результатів вимірювань, на Фіг. 3 зображений еталонний зразок або випробуваний зразок, на Фіг. 4 показаний конкретний приклад отриманої функції кореляції, на Фіг. 5 зображений поліпшений варіант запропонованого пристрою.

Запропонований пристрій містить раму 1, що має вертикальну колону 2 підвіски, закріплену в точці 3 фіксації, і напрямну 4, з'єднану з колоною 2 через проміжний супорт 5, який може бути зафіксований у визначеному місці на колоні 2 за допомогою притискного гвинта 6. Два покажчики 7 і 8 встановлені на протилежних сторонах напрямної 4 і можуть бути зафіксовані за допомогою притискних гвинтів 9 і 10. Кожен з них містить вимірювальні голівки, позначені позиціями відповідно 11 і 12, основними елементами яких є відповідно ультразвуковий датчик 13 для голівки 11 і відбивач 14 для голівки 12. Голівки 11 і 12 установлені на покажчиках 7 і 8 за допомогою горизонтальних шарнірних осей 15 і 16, розташованих паралельно одна одній і перпендикулярно напрямку напрямної 4, а на них установлені зубчасті сектори 17 і 18, що утворюють зубчасті передачі, сполучені з черв'ячними гвинтами 19 і 20, які обертаються регульовальними ручками 21 і 22, установленими на покажчиках 7 і 8 так, що голівки 11 і 12 можуть бути встановлені під необхідним кутом нахилу, протилежно одна одній так, що датчик 13 і відбивач 14 будуть спрямовані в спадних і збіжних напрямках. Інші фіксуючі гвинти 23 і 24 установлені для блокування голівок 11 і 12 покажчиків 7 і 8 із запобіганням небажаному обертанню зубчастих секторів 17 і 18 відносно покажчиків 7 і 8, коли буде виставлений необхідний кут нахилу. І нарешті, під супортом 5 встановлене махове колесо 43 із забезпеченням можливості повертати напрямну 4 у горизонтальній площині.

У варіанті здійснення винаходу, ілюстрованому на Фіг. 1, датчик 13 призначений як для випромінювання ультразвукових хвиль, так і для прийому відбитих сигналів (ехо-сигналов), а відбивач 14 призначений для створення цих ехо-сигналов, хоча, як описано нижче, відбивач 14 можна замінити парою датчиків, залишаючи принцип вимірювання незмінним.

Даний пристрій знаходиться у підвішеному положенні над вимірювальним резервуаром 25, частково

заповненням водою так, що датчик 13 і відбивач 14 знаходяться у частково зануреному стані, завдяки чому використовувані ультразвукові хвилі не виходять із рідини. Досліджуваному за допомогою даного пристрою деталю є зварний вузол 26, що складається з достатньо тонкого металевого листа 27, установленого зверху так, що він повернений до датчика 13 і відбивача 14, і підложниці 28, якою може бути інший металевий лист або товстіша деталь. Зварний вузол 26 установлений на блоках 29, розташованих на дні резервуара 25.

Датчик 13 підключений до керувальної консолі 30 через осцилограф 31, призначений для відображення результатів випробувань, і імпульсний генератор 32. Датчик 13 випромінює ультразвукову хвилю під кутом у воду так, що вона досягає металевого листа 27. Якщо кут нахилу  $\theta$  голівки 11 і напрямок поширення хвиль вибрані правильно (приблизно  $30^\circ$ ), то хвиля передається в металевий лист 27 у формі поверхневої хвилі Релея, що поширюється по верхній поверхні металевого листа 27 і, завдяки достатньо малій його товщині, проходить усередину листа на невелику глибину, досягаючи місця зварювання. Хвиля поширюється в напрямку крайки листа 27, але при цьому вона частково розсіюється у верхньому напрямку під кутом, що відповідає розглянутому вище значенню  $\theta$ , симетрично напрямку її падіння відносно вертикалі.

Відбивач 14 складається з двох призм 33 і 34, нижні поверхні 35 і 36 яких, повернені до металевого листа 27, відбивають ультразвук. Якщо ці поверхні перпендикулярні напрямку розсіювання поверхневих хвиль уверх, то частина хвилі, що розсіюється таким чином, відбивається призмами 33 і 34 назад, у напрямку металевого листа 27, у вигляді ехо-сигналу, утворюючи зворотну поверхневу хвилю Релея, частина якої за тим самим принципом розсіюється в напрямку датчика 13. Шляхи поширення хвилі, що виходить, і хвилі, що приходить, є абсолютно ідентичними. При цьому датчик 13 реєструє два ехо-сигнали, що відповідають відбиттю хвилі на поверхнях 35 і 36. Ці ехо-сигнали зміщені один відносно одного на час  $t$ , що потребується для проходження хвилею двох відстаней  $X$  (у прямому і зворотному напрямках). Відстань  $X$  відділяє ділянки металевого листа 27, де відбувається розсіювання частини хвилі в напрямку поверхонь 35 і 36.

На Фіг. 2 показані два ехо-сигнали 37 і 38 на записі, зробленому за допомогою осцилографа 31. Ці сигнали можуть бути легко ідентифіковані, оскільки вони є аналогічними. Інші ж ехо-сигнали, наприклад, 39, які можуть утворюватися внаслідок відбиття хвилі від крайки 40 металевого листа 27 і повертатися до датчика 13 раніше вищезазначених ехо-сигналів через більш високу швидкість проходження хвилі у твердих речовинах, і які також можна бачити на графіку, до даного способу відношення не мають.

Перед тим, як проводити випробування за даним способом і обчислювати швидкість поширення поверхневих хвиль у металевому листі 27 відповідно до формули  $V=2X/t$  (час поширення хвиль у рідині не враховується, оскільки відбивальні поверхні 35 і 36 розташовані ступінчасто і знаходяться практично на однаковій відстані від металевого листа 27 під кутом  $\theta$  нахилу), проводять попередні регульовані випробування шляхом регулювання нахилу голівки 11 і 12 для збільшення ехо-сигналів 37 і 38, встановлюючи найбільш характерний вид коливань.

На практиці можна проводити випробування більш складних зразків, яким є, наприклад, зразок 41, зображений на Фіг. 3. Він складається з металевого листа 27', аналогічного металевому листу 27 (який має такі самі товщину і склад і виготовлений у такий самий спосіб), з підложницею 28', аналогічної за складом підложниці 28, і з нижнім шаром 42, виконаним із матеріалу металевого листа 27 (або 27') так, що він має такий самий склад і виготовлений таким самим шляхом, але є набагато товстішим. Він приварений до поверхні підложниці 28' з іншого боку по відношенню до металевого листа 27'.

При випробуваннях зразка 41, поміщеного в даний пристрій замість зварного вузла 26, послідовно вимірюють швидкості  $V_l$  і  $V_t$  поверхневих ультразвукових хвиль у двох основних напрямках металевого листа 27' - поздовжньому і поперечному. Потім випробуваний зразок 41 перевертають і вимірюють швидкості  $V_{l0}$  і  $V_{t0}$  нижнього шару 42. Основні напрямки контролюються напрямком вальцювання металевого листа 27'. Фактично вальцювання створює в металевих листах анізотропію, що зумовлює достатньо помітну різницю між швидкостями  $V_l$ - $V_t$  і  $V_{l0}$ - $V_{t0}$ . На значення  $V_l$  і  $V_t$  впливає наявність зварки між частинами 27' і 28', у той час, як значення  $V_{l0}$  і  $V_{t0}$  виражають власні властивості основного матеріалу нижнього шару 42, товщина якого є занадто великою для проникнення хвилі до місця зварювання з підложницею 28'. Слід зауважити, що вимірювання можна виконувати і без зварювання підложниці 28' з нижнім шаром 42; у цьому випадку на додаток до вимірювань зі зварним вузлом 26 використовують окремо нижній шар 42 для обчислення величин  $V_{l0}$  і  $V_{t0}$ .

Далі для кожного випробуваного зразка 41 вибирають меншу з величин швидкості серед  $V_l$  і  $V_t$ , меншу з величин швидкості серед  $V_{l0}$  і  $V_{t0}$  і беруть різницю між цими меншими величинами, визначаючи параметр  $AV$ , який дуже добре корелює з ударною в'язкістю зварного вузла між металевим листом 27' і підложницею 28'. Шляхом механічних вимірювань на копєрі Шарпі або за допомогою іншого підходячого пристрою визначають потенційну енергію пружної деформації. Ці вимірювання виконують у звичайні, добре відомі способи, описувати які тут потреби немає. Зразки для цих механічних вимірювань повинні бути подібними зварним вузлам 26, у яких вимірюють  $V_l$  і  $V_t$ , тобто металевий лист, підложниця й умови їх зварювання повинні бути однаковими.

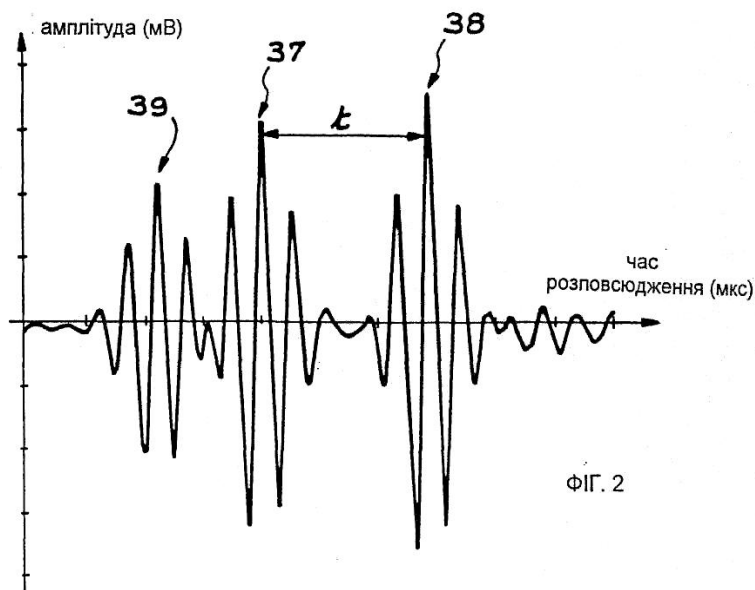
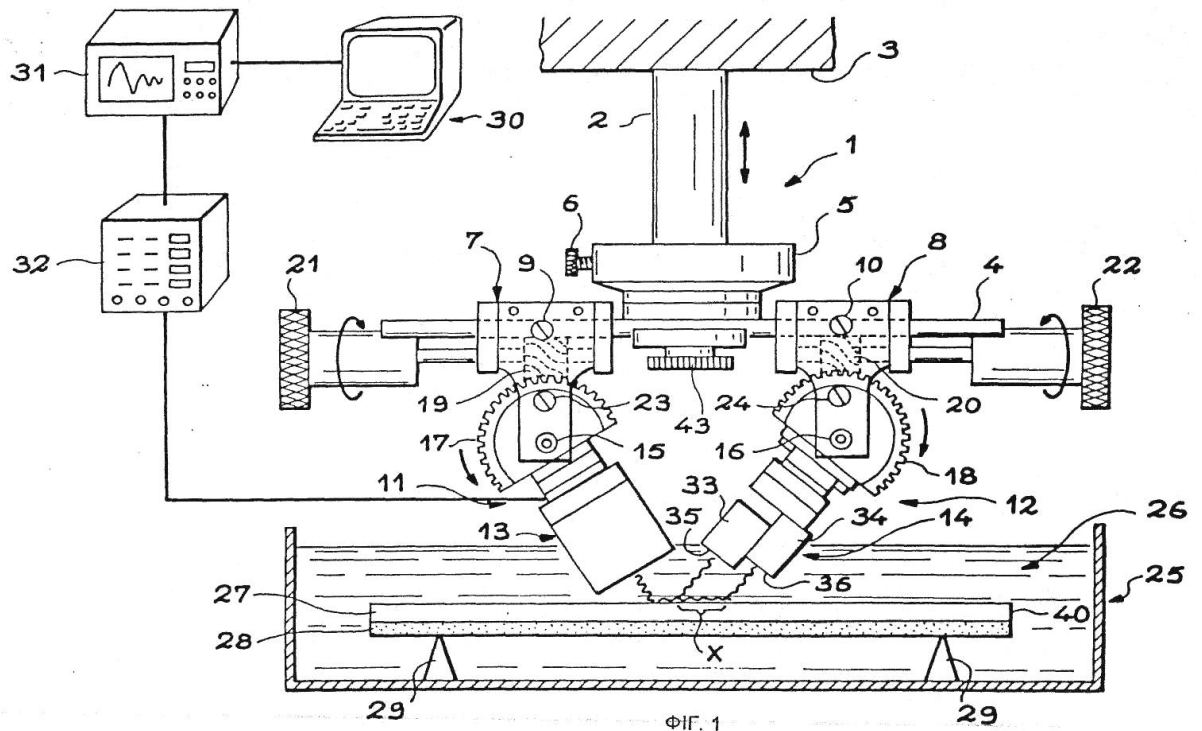
На Фіг. 4 зображена лінійна функція кореляції між різницею  $AV$  менших значень швидкості (у метрах за секунду), як описано вище, і ударною в'язкістю  $R$  (у Дж/см<sup>2</sup>) для зварних з'єднань металевих листів у титанових сплавах.

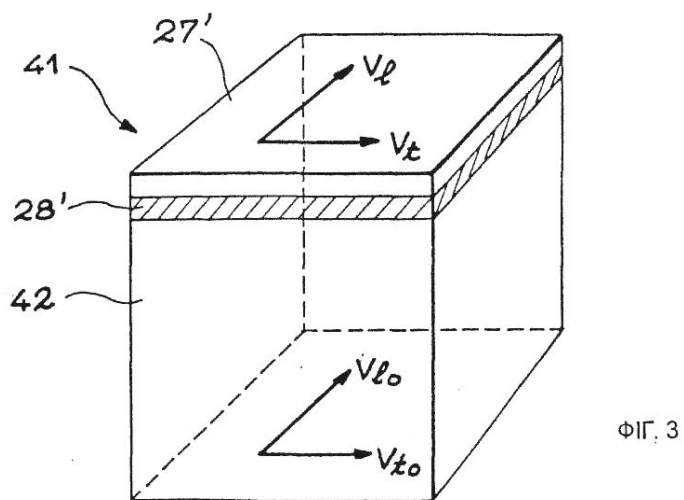
Після одержання функції кореляції шляхом калібрувань на випробуваних зразках 41 або 26 за різноманітних умов зварювання для одержання декількох точок цієї функції стає можливим здійснення неруйнівного контролю інших випробуваних зразків, для яких провадяться вимірювання  $AV$ , після чого по графіку функції кореляції установлюється значення  $R$  ударної в'язкості.

На Фіг. 5 показана удосконалена конструкція пристрою за даним винаходом. У цій конструкції в другій голівці 12, за допомогою якої здійснюється відбивання ультразвукових коливань, призми 33 і 34 замінені на призми 33' і 34', відбивальні поверхні 35' і 36' яких виконані не плоскими, а циліндричними однакового радіусу і з осями, паралельними осі 16 шарніра. При цьому хвилі, що розсіюються між металевим листом 27 і відбивальними поверхнями 35' і 36', незмінно повертаються в одному і тому ж напрямку під кутом нахилу  $\theta$ , що

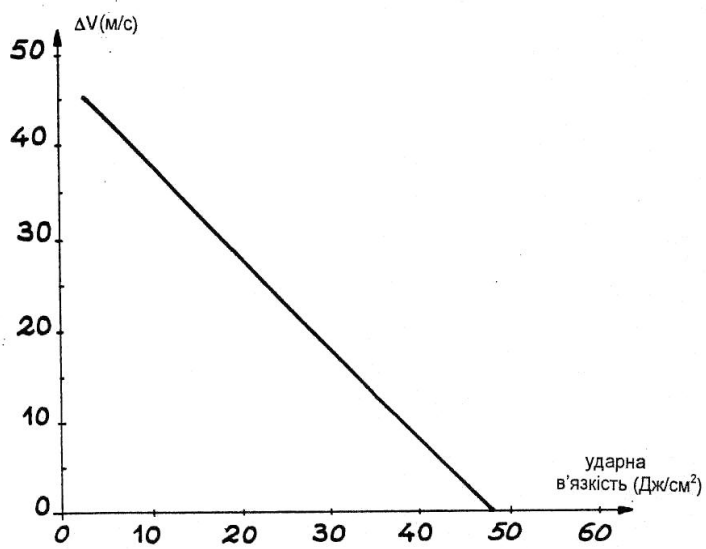
усуває необхідність регулювання кута нахилу цього модифікованого рефлектора.

Спосіб за даним винаходом дозволяє виконувати вимірювання в декількох місцях зварного вузла і, таким чином, здійснювати оцінку його однорідності.

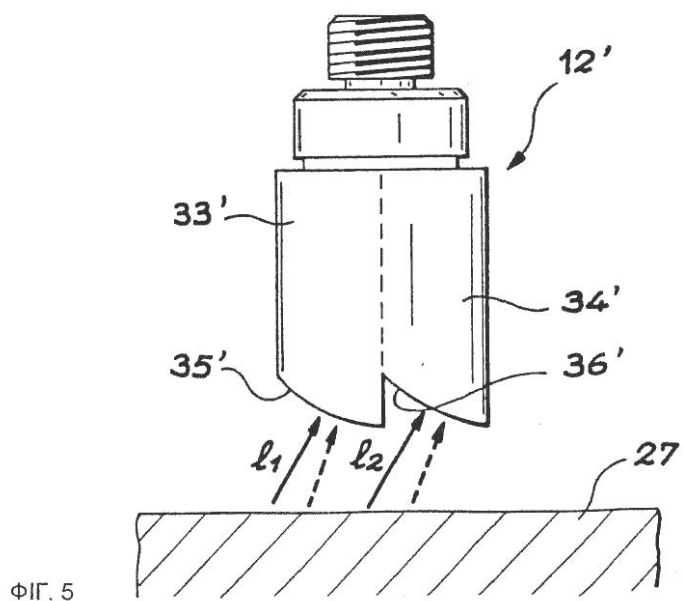




ФІГ. 3



ФІГ. 4



ФІГ. 5