



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 95846

(13) C2

(51) МПК

G01N 29/04 (2006.01)

G01N 29/11 (2006.01)

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИОПИС
ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД(54) СПОСІБ КОМПЛЕКСНОГО АКУСТИЧНОГО КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ МЕТАЛУ МЕТАЛЕВИХ ВИРОБІВ
ВІДПОВІДАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

1

(21) а201002071

(22) 25.02.2010

(24) 12.09.2011

(46) 12.09.2011, Бюл.№ 17, 2011 р.

(72) МОЗГОВОЙ ОЛЕКСАНДР ВСЕВОЛОДОВИЧ,
ХМІЛЬ МИКОЛА ВІКТОРОВИЧ, СЛЯДНЄВ АНА-
ТОЛІЙ МИХАЙЛОВИЧ, RU, БЕЗКРОВНИЙ МИХАЙ-
ЛО ГРИГОРОВИЧ, СІРБУ ВАСІЛЕ НІКОЛАЄ, MD(73) МОЗГОВОЙ ОЛЕКСАНДР ВСЕВОЛОДОВИЧ,
ХМІЛЬ МИКОЛА ВІКТОРОВИЧ, СЛЯДНЄВ АНА-
ТОЛІЙ МИХАЙЛОВИЧ, RU, БЕЗКРОВНИЙ МИХАЙ-
ЛО ГРИГОРОВИЧ, СІРБУ ВАСІЛЕ НІКОЛАЄ, MD

(56) SU 432380 A1, 15.06.1974

SU 1392387 A1, 30.04.1988

SU 1397823 A1, 23.05.1988

SU 1458801 A1, 15.02.1989

SU 1458802 A1, 15.02.1989

SU 1552089 A1, 23.03.1990

SU 1668937 A2, 07.08.1991

RU 2146818 C1, 20.03.2000

RU 2405140 C1, 27.11.2010

US 4566330 A, 28.01.1986

Алешин Н. П. и др. Методы акустического контро-
ля металлов. - М.: Машиностроение, 1989. - 456 с.,
С. 419-420Неразрушающий контроль. В 5 кн. Кн. 2. Акустиче-
ские методы контроля: Практик. пособие/И. Н. Ер-
молов, и др.. Под ред. В. В. Сухорукова.— М.:
Высш. шк., 1991.- 283 с, ил., С. 214Ботаки А. А. и др. Ультразвуковой контроль кон-
струкционных материалов. - М.: Машиностроение,
1981.- 80 с. ил., С. 27(57) 1. Спосіб комплексного акустичного контролю
якості металу металевих виробів відповідального
призначення, котрий включає визначення рівня
залишкових напруг шляхом порушення у металевому
виробі відповідального призначення імпульсів
ультразвукової хвилі, і визначення її коефіцієнта
загасання, який **відрізняється** тим, що у
металевому виробі відповідального призначення
порушують імпульси ультразвукових хвиль, кожен
з котрих може мати різну частоту, де кількість час-
тот, що при цьому використовують, повинна бути
не менше трьох, і визначення коефіцієнта за-
гасання ультразвукових хвиль здійснюють по кожній
з частот, причому отримані показники коефіцієнтів

2

загасання ультразвукових хвиль різних частот за-
писують на магнітні, оптичні, паперові, чи будь-які
інші носії інформації, і можуть відображати їх на
графіку залежності коефіцієнта загасання ультра-
звукових хвиль від їх частоти, а якість металу ме-
талевого виробу визначають, порівнюючи отрима-
ні показники коефіцієнтів загасання
ультразвукових хвиль різної частоти з отриманими
раніше показниками коефіцієнтів загасання ульт-
развукових хвиль різної частоти на інших аналогі-
чних металевих виробках, котрі додатково переві-
ряли методами руйнівного та/чи неруйнівного
контролю.2. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що до-
датково у металевому виробі відповідального при-
значення порушують імпульси ультразвукових
хвиль різної частоти, але різної амплітуди коли-
вань ультразвукових хвиль по кожній частоті, при-
чому частота коливань та їх амплітуда в імпульсі є
незмінними, і визначення коефіцієнта загасання
ультразвукових хвиль здійснюють по кожному з
імпульсів, а отримані показники коефіцієнтів за-
гасання ультразвукових хвиль імпульсів, що були
порушені в металевому виробі, з різною частотою
та різною встановленою в імпульсі амплітудою
коливань ультразвукових коливань, записують на
магнітні, оптичні, паперові, чи будь-які інші носії
інформації, і можуть відображати їх на графіку
залежності коефіцієнта загасання ультразвукових
хвиль від їх встановлених амплітуди в імпульсі та
частоти, а якість металу металевого виробу ви-
значають, порівнюючи отримані показники коефі-
цієнтів загасання імпульсів ультразвукових хвиль
різної встановленої амплітуди в імпульсі та різної
частоти з отриманими раніше показниками коефі-
цієнтів загасання імпульсів ультразвукових хвиль
такої самої встановленої амплітуди та частоти на
інших аналогічних металевих виробках, котрі дода-
тково перевіряли методами руйнівного та/чи не-
руйнівного контролю.3. Спосіб за п. 1 або 2, який **відрізняється** тим,
що додатково хоча б в одній точці на поверхні ме-
талевого виробу відповідального призначення
порушують не менше ніж два імпульси ультразву-
кових хвиль різної частоти, та будь-якої встанов-
леної амплітуди в імпульсі, в одній і тій же точці на

(13) C2

(11) 95846

(19) UA

поверхні металевого виробу, з зсувом у часі один відносно іншого на встановлений проміжок часу, а приймають імпульси ультразвукових хвиль різної частоти в іншій точці на поверхні металевого виробу, і визначають час відставання чи випередження імпульсу ультразвукових хвиль однієї частоти від імпульсу ультразвукових хвиль іншої частоти, та порівнюють з часом відставання чи випередження імпульсів один відносно іншого різної частоти, котрі випромінювали в метал інших металевих виробів відповідального призначення, котрі додатково перевіряли методами руйнівного та/чи неруйнівного контролю, при цьому контролюють чи вимірюють, або враховують вже виміряну, мінімальну чи максимальну швидкість проходження імпульсів різної частоти від точки випромінювання до точки приймання, а також порівнюють цю швидкість з швидкістю проходження ультразвукових імпульсів відповідної частоти в інших аналогічних металевих виробках відповідального призначення, по аналогічній відстані, з випромінюванням та прийманням імпульсів в аналогічних точках, котрі додатково перевіряли методами руйнівного та/чи неруйнівного контролю.

4. Спосіб за будь-яким з пп. 1-3, який **відрізняється** тим, що у металевому виробі відповідального призначення порушують імпульси ультразвукових хвиль, кожний з котрих може мати різну частоту коливань, та різну встановлену амплітуду коливань у імпульсі, у різних точках на поверхні металевого виробу відповідального призначення, а приймають імпульси ультразвукових хвиль в одній точці поверхні металевого виробу відповідального призначення, причому всі отримані показники загасання ультразвукових хвиль у металевому виробі, чи відносного часу проходження ультразвукових хвиль через металевий виріб, порівнюють між собою, та/чи навпаки, у металевому виробі порушують імпульси ультразвукових хвиль, кожний з котрих може мати різну частоту коливань, та різну встановлену амплітуду коливань у імпульсі, у одній точці на поверхні металевого виробу, а приймають імпульси ультразвукових хвиль в цій самій точці, або в різних точках на поверхні металевого виробу, причому всі отримані показники загасання ультразвукових хвиль у металевому виробі, чи відносного часу проходження ультразвукових хвиль через металевий виріб, порівнюють між собою.

5. Спосіб за будь-яким з пп. 1-4, який **відрізняється** тим, що досліджують загасання імпульсів ультразвукових хвиль різної частоти та різної амплітуди, у декількох металевих виробках відповідального призначення, та/чи час проходження ультразвукових хвиль через декілька металевих виробів відповідального призначення, котрі мають однакову геометричну форму, де випромінювання ультразвукових хвиль здійснюють в точках з однаковими геометричними координатами на поверхні кожного з металевих виробів, і приймання ультразвукових хвиль також здійснюють в точках з однаковими геометричними координатами на поверхні кожного з металевих виробів, а по отриманих показниках загасання ультразвукових хвиль в металевих виробках відповідального призначення, та/чи різниці в часі проходження ультразвукових хвиль через металеві вироби відповідального призначення, в точках з однаковими геометричними координатами на поверхні кожного з металевих виробів, формують середньостатистичні порогові рівні, і ті металеві вироби, котрі по своїх показниках складають меншість відносно хоча б одного середньостатистичного порогового рівня, додатково досліджують іншими способами контролю напруг в матеріалах.

6. Спосіб за будь-яким з пп. 1-5, який **відрізняється** тим, що зміну коефіцієнтів загасання ультразвукових хвиль, в металевому виробі відповідального призначення, при різних частотах коливань та різних амплітудах різних імпульсів, а також швидкість проходження імпульсів з різною частотою, контролюють у часі, в готовому металевому виробі, та/чи після кожної технологічної операції окремо, а отримані показники записують на магнітні, оптичні, паперові, чи будь-які інші носії інформації, і можуть відображати їх на відповідних графіках, а якість металу металевого виробу відповідального призначення визначають, порівнюючи отримані показники коефіцієнтів загасання ультразвукових хвиль, в металевому виробі відповідального призначення, при різних частотах коливань та різних амплітудах різних імпульсів, а також показники швидкості проходження імпульсів з різною частотою, з отриманими раніше показниками коефіцієнтів загасання ультразвукових хвиль різної частоти у часі, по інших аналогічних металевих виробках, котрі додатково перевіряли методами руйнівного та/чи неруйнівного контролю.

Винахід належить до галузі машинобудування, зокрема до виробництва металевих виробів відповідального призначення, тобто деталей чи вузлів машин та механізмів, і може бути використаний при контролі якості металу металевих виробів відповідального призначення.

Відомий спосіб діагностики технічного стану пристроїв транспортних засобів, або їх систем, котрий включає визначення швидкості зміни контрольованих параметрів пристроїв транспортних засобів, що діагностуються у часі, а також величину сумарної зміни контрольованих параметрів

пристроїв транспортних засобів, що діагностуються, в режимах експлуатації, а про технічний стан пристрою транспортного засобу, що діагностується, судять або по величині швидкості зміни контрольованих параметрів пристрою що діагностується, у часі, або по величині сумарної зміни контрольованих параметрів пристрою, що діагностується, у порівнянні з сумарною величиною контрольованих номінальних параметрів цього пристрою, що вимірюють через рівний, наперед заданий проміжок часу [1].

Основним недоліком цього способу є те, що при його здійсненні ніяк не контролюють якість металу при виготовленні металевих виробів відповідального призначення. Контролюють вироби, тобто пристрої чи деталі пристроїв, відповідального призначення, вже в режимах експлуатації цих виробів.

Відомий спосіб вимірювання середнього розміру зерна матеріалу поверхневими акустичними хвилями, котрий включає випромінювання перетворювачами пружних хвиль поверхневих хвиль, послідовно на двох частотах, приймання сигналів, що пройшли, та вимірювання їхніх амплітуд [2].

Недоліком цього способу є те, що ніяк не вимірюють внутрішні напруги в металі металевих виробів відповідального призначення. Вимірюють лиш середній розмір зерна матеріалу, тобто металу. Кристалічна структура металу не може вказувати на наявність внутрішніх напруг в металі. Тобто, якість металу металевих виробів відповідального призначення тут контролюють недостатньо.

Найбільш близьким є спосіб визначення рівня залишкових напруг, який включає визначення рівня залишкових напруг шляхом порушення у металевому виробі відповідального призначення імпульсів ультразвукової хвилі, і визначення її коефіцієнта загасання [3].

Недоліком цього способу є те, що при виготовленні металевих виробів відповідального призначення визначають лиш рівень залишкових напруг, не враховуючи при цьому зернистість та анізотропію металу. Зернистість та анізотропія металу забезпечує розсіювання ультразвукових хвиль, що може вносити значні похибки при вимірюванні залишкових напруг. До того ж не контролюють рівень залишкових напруг після кожної технологічної операції виготовлення металевих виробів відповідального призначення та не контролюють зміну залишкових напруг у часі. Зміну залишкових напруг у часі не враховують при виконанні інших технологічних процесів, при виготовленні металевих виробів відповідального призначення. Використання цього способу не достатньо дозволяє вдосконалювати технологічний процес виготовлення металевих виробів відповідального призначення.

В основу винаходу поставлена задача, шляхом вдосконалення способу комплексного акустичного контролю якості металу металевих виробів відповідального призначення, збільшити достовірність контролю напруг в металевих виробках відповідального призначення, а також вдосконалити технологічний процес виготовлення металевих виробів відповідального призначення.

1. Поставлена задача вирішується тим, що в способі комплексного акустичного контролю якості металу металевих виробів відповідального призначення, котрий включає визначення рівня залишкових напруг шляхом порушення у металевому виробі відповідального призначення імпульсів ультразвукової хвилі, і визначення її коефіцієнта загасання, новим є те, що у металевому виробі відповідального призначення порушують імпульси ультразвукових хвиль, кожен з котрих може мати різну частоту, де кількість частот, що при цьому

використовують, повинна бути не менше трьох, і визначення коефіцієнта загасання ультразвукових хвиль здійснюють по кожній з частот, причому отримані показники коефіцієнтів загасання ультразвукових хвиль різних частот записують на магнітні, оптичні, паперові, чи будь-які інші носії інформації, і можуть відображати їх на графіку залежності коефіцієнта загасання ультразвукових хвиль від їх частоти, а якість металу металевих виробів визначають, порівнюючи отримані показники коефіцієнтів загасання ультразвукових хвиль різної частоти з отриманими раніше показниками коефіцієнтів загасання ультразвукових хвиль різної частоти на інших аналогічних металевих виробках, котрі додатково перевіряли методами руйнівного та/чи неруйнівного контролю.

2. Новим за п. 1 є те, що додатково у металевому виробі відповідального призначення порушують імпульси ультразвукових хвиль різної частоти, але різної амплітуди коливань ультразвукових хвиль по кожній частоті, причому частота коливань та їх амплітуда в імпульсі є незмінними, і визначення коефіцієнта загасання ультразвукових хвиль здійснюють по кожному з імпульсів, а отримані показники коефіцієнтів загасання ультразвукових хвиль імпульсів, що були порушені в металевому виробі, з різною частотою та різною встановленою в імпульсі амплітудою коливань ультразвукових коливань, записують на магнітні, оптичні, паперові, чи будь-які інші носії інформації, і можуть відображати їх на графіку залежності коефіцієнта загасання ультразвукових хвиль від їх встановлених амплітуди в імпульсі та частоти, а якість металу металевих виробів визначають, порівнюючи отримані показники коефіцієнтів загасання імпульсів ультразвукових хвиль різної встановленої амплітуди в імпульсі та різної частоти з отриманими раніше показниками коефіцієнтів загасання імпульсів ультразвукових хвиль такої самої встановленої амплітуди та частоти на інших аналогічних металевих виробках, котрі додатково перевіряли методами руйнівного та/чи неруйнівного контролю.

3. Новим за пп. 1, 2 є те, що додатково хоча б в одній точці на поверхні металевих виробів відповідального призначення порушують не менше ніж два імпульси ультразвукових хвиль різної частоти, та будь-якої встановленої амплітуди в імпульсі, в одній і тій же точці на поверхні металевих виробів, з зсувом у часі один відносно іншого на встановлений проміжок часу, а приймають імпульси ультразвукових хвиль різної частоти в іншій точці на поверхні металевих виробів, і визначають час відставання чи випередження імпульсу ультразвукових хвиль однієї частоти від імпульсу ультразвукових хвиль іншої частоти, та порівнюють з часом відставання чи випередження імпульсів один відносно іншого різної частоти, котрі випромінювали в метал інших металевих виробів відповідального призначення, котрі додатково перевіряли методами руйнівного та/чи неруйнівного контролю, при цьому контролюють чи вимірюють, або враховують вже виміряну, мінімальну чи максимальну швидкість проходження імпульсів різної частоти від точки випромінювання до точки прий-

мання, а також порівнюють цю швидкість з швидкістю проходження ультразвукових імпульсів відповідної частоти в інших аналогічних металевих виробках відповідального призначення, по аналогічній відстані, з випромінюванням та прийманням імпульсів в аналогічних точках, котрі додатково перевіряли методами руйнівного та/чи неруйнівного контролю.

4. Новим за пп. 1-3 є те, що у металевому виробі відповідального призначення порушують імпульси ультразвукових хвиль, кожний з котрих може мати різну частоту коливань, та різну встановлену амплітуду коливань у імпульсі, у різних точках на поверхні металевого виробу відповідального призначення, а приймають імпульси ультразвукових хвиль в одній точці поверхні металевого виробу відповідального призначення, причому всі отримані показники загасання ультразвукових хвиль у металевому виробі, чи відносного часу проходження ультразвукових хвиль через металевий виріб, порівнюють між собою, та/чи навпаки, у металевому виробі порушують імпульси ультразвукових хвиль, кожний з котрих може мати різну частоту коливань, та різну встановлену амплітуду коливань у імпульсі, у одній точці на поверхні металевого виробу, а приймають імпульси ультразвукових хвиль в цій самій точці, або в різних точках на поверхні металевого виробу, причому всі отримані показники загасання ультразвукових хвиль у металевому виробі, чи відносного часу проходження ультразвукових хвиль через металевий виріб, порівнюють між собою.

5. Новим за пп. 1-4 є те, що досліджують загасання імпульсів ультразвукових хвиль різної частоти та різної амплітуди, у декількох металевих виробках відповідального призначення, та/чи час проходження ультразвукових хвиль через декілька металевих виробів відповідального призначення, котрі мають однакову геометричну форму, де випромінювання ультразвукових хвиль здійснюють в точках з однаковими геометричними координатами на поверхні кожного з металевих виробів, і приймання ультразвукових хвиль також здійснюють в точках з однаковими геометричними координатами на поверхні кожного з металевих виробів, а по отриманих показниках загасання ультразвукових хвиль в металевих виробках відповідального призначення, та/чи різниці в часі проходження ультразвукових хвиль через металеві вироби відповідального призначення, в точках з однаковими геометричними координатами на поверхні кожного з металевих виробів, формують середньостатистичні порогові рівні, і ті металеві вироби, котрі по своїх показниках складають меншість відносно хоча б одного середньостатистичного порогового рівня, додатково досліджують іншими способами контролю напруг в матеріалах.

6. Новим за пп. 1-5 є те, що зміну коефіцієнтів загасання ультразвукових хвиль, в металевому виробі відповідального призначення, при різних частотах коливань та різних амплітудах різних імпульсів, а також швидкість проходження імпульсів з різною частотою, контролюють у часі, в готовому металевому виробі, та/чи після кожної технологічної операції окремо, а отримані показники

записують на магнітні, оптичні, паперові, чи будь-які інші носії інформації, і можуть відображати їх на відповідних графіках, а якість металу металевого виробу відповідального призначення визначають порівнюючи отримані показники коефіцієнтів загасання ультразвукових хвиль, в металевому виробі відповідального призначення, при різних частотах коливань та різних амплітудах різних імпульсів, а також показники швидкості проходження імпульсів з різною частотою, з отриманими раніше показниками коефіцієнтів загасання ультразвукових хвиль різної частоти у часі, по інших аналогічних металевих виробках, котрі додатково перевіряли методами руйнівного та/чи неруйнівного контролю.

Спосіб здійснюють наступним чином.

У металевому виробі відповідального призначення порушують імпульси ультразвукової хвилі. Тобто випромінюють в металевий виріб імпульси ультразвукових хвиль за допомогою випромінювача ультразвукових хвиль. Ультразвукові хвилі, що пройшли через металевий виріб, приймають за допомогою приймача ультразвукових хвиль. як випромінювач та приймач ультразвукових хвиль використовують п'єзоелектричні кристали. Випромінювач та приймач ультразвукових хвиль розташовують в різних точках на поверхні металевого виробу відповідального призначення. Потім порівнюють амплітуду прийнятого сигналу з амплітудою випромінюваного сигналу і визначають коефіцієнт загасання ультразвукової хвилі. Металевими виробами відповідального призначення можуть бути деталі залізничних та автомобільних транспортних засобів, а також повітряних транспортних засобів.

У металевому виробі порушують імпульси ультразвукових хвиль, кожний з котрих може мати різну частоту, причому кількість частот повинна бути не менше трьох. Визначення коефіцієнта загасання ультразвукових хвиль в металевому виробі здійснюють по кожній з частот. Отримані показники коефіцієнтів загасання ультразвукових хвиль різних частот записують на магнітні, оптичні, паперові чи будь-які інші носії інформації і можуть відображати їх на графіку залежності коефіцієнта загасання ультразвукових хвиль від їх частоти. Якість металу металевого виробу визначають, порівнюючи отримані показники коефіцієнтів загасання ультразвукових хвиль різної частоти з отриманими раніше показниками коефіцієнтів загасання ультразвукових хвиль різної частоти на інших аналогічних металевих виробках відповідального призначення, котрі додатково перевіряли методами руйнівного та/чи неруйнівного контролю.

Загасання ультразвукових хвиль в металевому виробі обумовлене не тільки внутрішніми напруженнями в металі металевого виробу, а й анізотропією та суцільністю самого металу металевого виробу. Зміна коефіцієнта загасання ультразвукових хвиль по різній частоті вказує не тільки на наявність чи відсутність напруг в металевому виробі, а й на анізотропію та суцільність самого металу металевого виробу. Анізотропія та суцільність металу металевого виробу вносять значні похибки при контролі напруг в металевому виробі. Тобто, на

неоднорідностях металу відбувається розсіювання енергії ультразвукової хвилі.

Використання ультразвукових хвиль різної частоти дасть можливість більш достовірно контролювати напруги в металевому виробі, зменшуючи при цьому похибки, що виникають від зернистості та неоднорідності структури металу. А зернистість та неоднорідність структури самого металу металевому виробу можливо додатково контролювати різними методами руйнівного та/чи неруйнівного контролю.

Додатково у металевому виробі відповідального призначення порушують імпульси ультразвукових хвиль різної частоти, але різної амплітуди коливань ультразвукових хвиль по кожній частоті, причому частота коливань та їх амплітуда в імпульсі є незмінними, і визначення коефіцієнта загасання ультразвукових хвиль здійснюють по кожному з імпульсів, а отримані показники коефіцієнтів загасання ультразвукових хвиль імпульсів, що були порушені в металевому виробі, з різною частотою та різною встановленою в імпульсі амплітудою коливань ультразвукових коливань, записують на магнітні, оптичні, паперові, чи будь-які інші носії інформації, і можуть відображати їх на графіку залежності коефіцієнта загасання ультразвукових хвиль від їх встановлених амплітуди в імпульсі та частоти, а якість металу металевому виробу визначають, порівнюючи отримані показники коефіцієнтів загасання імпульсів ультразвукових хвиль різної встановленої амплітуди в імпульсі та різної частоти з отриманими раніше показниками коефіцієнтів загасання імпульсів ультразвукових хвиль такої самої встановленої амплітуди та частоти на інших аналогічних металевих виробках, котрі додатково перевіряли методами руйнівного та/чи неруйнівного контролю.

Це дозволяє додатково збільшити достовірність контролю напруг в металевих виробках відповідального призначення, оскільки енергія ультразвукових хвиль, що поглинається металом металевому виробу відповідального призначення, має певне значення на тій чи іншій частоті ультразвукових хвиль. Менше енергії здатен поглинати більш напружений метал. Тобто метал металевому виробу відповідального призначення здатний поглинати не безмежну кількість енергії ультразвукових хвиль. З іншого боку енергія ультразвукових хвиль, що розсіюється на неоднорідностях металу в металевому виробі може мати будь-яке значення і складати певний відсоток від тієї енергії ультразвукових хвиль встановленої частоти, котрі збуджують в металі металевому виробу відповідального призначення.

Тобто, таким чином, збуджуючи в металі металевому виробу відповідального призначення ультразвукові хвилі різної амплітуди, тобто різної енергії, можна роздільно контролювати напруги в металі та анізотропію чи суцільність металу. Це додатково збільшить достовірність контролю напруг в металевих виробках відповідального призначення.

Додатково також хоча б в одній точці на поверхні металевому виробу відповідального призначення порушують не менше ніж два імпульси ульт-

развукових хвиль різної частоти, та будь-якої встановленої амплітуди в імпульсі, в одній і тій же точці на поверхні металевому виробу, з зсувом у часі один відносно іншого на встановлений проміжок часу, а приймають імпульси ультразвукових хвиль різної частоти в іншій точці на поверхні металевому виробу, і визначають час відставання чи випередження імпульсу ультразвукових хвиль однієї частоти від імпульсу ультразвукових хвиль іншої частоти, та порівнюють з часом відставання чи випередження імпульсів один відносно іншого різної частоти, котрі випромінювали в метал інших металевих виробів відповідального призначення, котрі додатково перевіряли методами руйнівного та/чи неруйнівного контролю, при цьому контролюють чи вимірюють, або враховують вже виміряну, мінімальну чи максимальну швидкість проходження імпульсів різної частоти від точки випромінювання до точки приймання, а також порівнюють цю швидкість з швидкістю проходження ультразвукових імпульсів відповідної частоти в інших аналогічних металевих виробках відповідального призначення, по аналогічній відстані, з випромінюванням та прийманням імпульсів в аналогічних точках, котрі додатково перевіряли методами руйнівного та/чи неруйнівного контролю.

В металі, котрий має анізотропію, швидкості проходження імпульсів з різною частотою будуть різними. Меншу швидкість проходження буде завжди мати імпульс з більшою частотою. Час відставання чи випередження імпульсу ультразвукових хвиль однієї частоти від імпульсу ультразвукових хвиль іншої частоти в прийнятих імпульсах ультразвукових хвиль, визначають шляхом перемноження оцифрованих прийнятих імпульсів на оцифровані копії імпульсів, що були випромінювані в метал металевому виробу відповідального призначення. При цьому час між випромінюваними імпульсами, тобто час відставання чи випередження в оцифрованих копіях імпульсів, штучно зменшують чи збільшують, до досягнення максимальних амплітуд сигналів, що отримані були при вказаному перемноженні копії випромінюваних та прийнятих імпульсів. При отриманні максимальних амплітуд сигналів при перемножуванні, можливо використовувати будь-які методи рішення екстремальних задач. Наприклад, це може бути метод Ньютона, що використовують для числового вирішення нелінійних рівнянь з однією змінною.

Однак на різницю в швидкості проходження імпульсів з різною частотою значно впливає швидкість проходження кожного з імпульсів різної частоти через металевий виріб від точки випромінювання ультразвукової хвилі до точки приймання ультразвукової хвилі. Цю швидкість обов'язково треба вимірювати та враховувати при визначенні анізотропії та суцільності металу. До того ж на швидкість проходження ультразвукової хвилі значно впливає напруженість металу. В напруженому металі швидкість проходження ультразвукової хвилі буде більшою. Тому всі вказані показники, що вимірюють, обов'язково треба порівнювати з отриманими аналогічними показниками на аналогічних металевих виробках, котрі додатково переви-

ряли іншими методами руйнівного та неруйнівного контролю.

Окреме визначення анізотропії чи суцільності металу металевому виробу відповідального призначення додатково збільшить достовірність контролю напруг в металевих виробах відповідального призначення.

Також у металевому виробі відповідального призначення порушують імпульси ультразвукових хвиль, кожний з котрих може мати різну частоту коливань, та різну встановлену амплітуду коливань у імпульсі, у різних точках на поверхні металевому виробу відповідального призначення, а приймають імпульси ультразвукових хвиль в одній точці поверхні металевому виробу відповідального призначення, причому всі отримані показники загасання ультразвукових хвиль у металевому виробі, чи відносного часу проходження ультразвукових хвиль через металевий виріб, порівнюють між собою, та/чи навпаки, у металевому виробі порушують імпульси ультразвукових хвиль, кожний з котрих може мати різну частоту коливань, та різну встановлену амплітуду коливань у імпульсі, у одній точці на поверхні металевому виробу, а приймають імпульси ультразвукових хвиль в цій самій точці, або в різних точках на поверхні металевому виробу, причому всі отримані показники загасання ультразвукових хвиль у металевому виробі, чи відносного часу проходження ультразвукових хвиль через металевий виріб, порівнюють між собою.

При контролюванні напруг в металі металевому виробу та контролі якості металу металевому виробу виникають значні похибки в контролюванні, завдяки з'єднання випромінювача та приймача з поверхнею металевому виробу. Це з'єднання може бути не завжди однаковим. На загасання ультразвукових хвиль значно впливає якість з'єднання приймача чи випромінювача з поверхнею металевому виробу. При вказаному вище вимірюванні, загасання коливань ультразвукової хвилі, і похибки, що виникають завдяки з'єднанню, можна виключити, порівнюючи коефіцієнти загасання ультразвукових хвиль отриманих в одних і тих же точках поверхні металевому виробу, при різній конфігурації розташування приймачів та випромінювачів. При цьому, також обов'язково треба використовувати статистичну обробку проведених експериментів вимірювання амплітуди загасання ультразвукової хвилі. Це збільшить достовірність контролю напруг в металевих виробах.

Додатково досліджують загасання імпульсів ультразвукових хвиль різної частоти та різної амплітуди, у декількох металевих виробах відповідального призначення, та/чи час проходження ультразвукових хвиль через декілька металевих виробів відповідального призначення, котрі мають однакову геометричну форму, де випромінювання ультразвукових хвиль здійснюють в точках з однаковими геометричними координатами на поверхні кожного з металевих виробів, і приймання ультразвукових хвиль також здійснюють в точках з однаковими геометричними координатами на поверхні кожного з металевих виробів, а по отриманих показниках загасання ультразвукових хвиль в мета-

левих виробах відповідального призначення, та/чи різниці в часі проходження ультразвукових хвиль через металеві вироби відповідального призначення, в точках з однаковими геометричними координатами на поверхні кожного з металевих виробів, формують середньостатистичні порогові рівні, і ті металеві вироби, котрі по своїх показниках складають меншість відносно хоча б одного середньостатистичного порогового рівня, додатково досліджують іншими способами контролю напруг в матеріалах.

При виготовленні партії металевих виробів відповідального призначення важко, та й навіть неможливо, при встановленому часі, досконально контролювати якість металу всіх металевих виробів відповідального призначення. Через це, доцільно контролювати досконально якість металу тих металевих виробів, котрі по своїх показниках загасання ультразвукових хвиль, чи швидкості проходження ультразвукових хвиль через метал металевому виробу відповідального призначення, складають меншість відносно середньостатистичного порогового рівня. Середньостатистичний пороговий рівень потрібен відповідати встановленим стандартам на деталі відповідального призначення, що виготовляються, по наявності внутрішніх напруг. Такий контроль забезпечить достатню якість контролю якості металу всієї партії металевих виробів відповідального призначення. До того ж, такий контроль дозволить скорегувати та вдосконалити технологічний процес виготовлення металевих виробів відповідального призначення.

Зміну коефіцієнтів загасання ультразвукових хвиль, в металевому виробі відповідального призначення, при різних частотах коливань та різних амплітудах різних імпульсів, а також швидкість проходження імпульсів з різною частотою, контролюють у часі, в готовому металевому виробі, та/чи після кожної технологічної операції окремо, а отримані показники записують на магнітні, оптичні, паперові, чи будь-які інші носії інформації, і можуть відображати їх на відповідних графіках, а якість металу металевому виробу відповідального призначення визначають порівнюючи отримані показники коефіцієнтів загасання ультразвукових хвиль, в металевому виробі відповідального призначення, при різних частотах коливань та різних амплітудах різних імпульсів, а також показники швидкості проходження імпульсів з різною частотою, з отриманими раніше показниками коефіцієнтів загасання ультразвукових хвиль різної частоти у часі, по інших аналогічних металевих виробах, котрі додатково перевіряли методами руйнівного та/чи неруйнівного контролю.

В металі готового металевому виробу, а також після кожної технологічної операції, котрі проходить метал металевому виробу (прокатка, штамповка, ковка, механічна обробка, закалювання та ін.), залишаються залишкові напруги, які як правило нерівномірно розташовані в об'ємі металу металевому виробу. Під дією потенційної енергії залишкових напруг, метал металевому виробу є здатним змінювати свою суцільність та анізотропію у часі, навіть якщо до металевому виробу не прикладають зовнішніх навантажень. При цьому зменшується

потенційна енергія внутрішніх напруг у металі металевих виробів. Зміни напруг, анізотропії та суцільності металу у часі, також обумовлюють зміну коефіцієнта загасання ультразвукових хвиль, та швидкість проходження ультразвукових хвиль через метал металевих виробів відповідального призначення, при контролюванні металевих виробів відповідального призначення у різні проміжки часу.

Порівняння отриманих у часі показників загасання ультразвукових хвиль різної частоти та їх швидкості проходження, з отриманими раніше показниками коефіцієнтів загасання ультразвукових хвиль різної частоти у часі та їх проходження, по інших аналогічних металевих виробів, котрі додатково перевіряли методами руйнівного та/чи неруйнівного контролю, додатково дасть інформативні параметри, щодо якості металу, тобто наявності напруг в металі, та стосовно анізотропії чи суцільності самого металу. Це також дає можливість вдосконалювати технологічний процес виготовлення металевих виробів відповідального призначення та прогнозувати їх ресурс роботи.

Таким чином, вказаний спосіб, не потребуючи додаткового складного обладнання при його запровадженні, дозволяє збільшити достовірність контролю напруг в металевих виробів відповідального призначення, а також вдосконалити технологічний процес виготовлення металевих виробів відповідального призначення.

Приклад конкретного виконання

Вказаний спосіб випробуваний в промислових умовах підприємства ОАО «Дніпродзержинський металургійний комбінат ім. Дзержинського» при виготовленні осі колісної пари залізничного транспорту. Випромінювання ультразвукових хвиль в металевий виріб відповідального призначення, тобто вісь, здійснювали на частотах 1,8, 2,0, 2,5 МГц. Для цього використовували широкосмуговий випромінювач ультразвукових хвиль та три вузькосмугові приймачі ультразвукових хвиль. Крім цього змінювали енергію випромінюваних ультразвукових коливань в межах від 20 до 100 децибелів. Спосіб випробували згідно з вказаними всіма вісьмома пунктами формули. Всі отримані показники записували на магнітний диск інформаційної системи, тобто комп'ютера, і здійснювали статистичну обробку отриманих показників, використовуючи відповідне програмне забезпечення. Завдяки впровадженню вказаного способу, вдалося додатково зменшити ймовірність поставок неякісної продукції, тобто осі колісної пари залізничного транспорту, від 15 до 25 відсотків.

Джерела інформації

1. Патент України на корисну модель № 38410, B02K31/00, B60T17/18, F15B19/00, G01N29/04, G09B9/00, бюл. № 1, 2009 р.

2. Патент на винахід РФ № 2350944, G01N29/04, опубліковано 27.03.2009 р.

3. Деклараційний патент України на винахід № 71708, 7 G01N29/04, бюл. № 12, 2004 р.