

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ
(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(19) **RU** ⁽¹¹⁾ **2 687 528** ⁽¹³⁾ **C2**

(51) МПК

[B23K 31/12 \(2006.01\)](#)

[G01N 1/00 \(2006.01\)](#)

[G01N 3/00 \(2006.01\)](#)

(52) СПК

[B23K 31/12 \(2013.01\)](#)

[G01N 1/00 \(2013.01\)](#)

[G01N 3/00 \(2013.01\)](#)

(21)(22) Заявка: [2017120676](#), 13.06.2017

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
13.06.2017

Дата регистрации:
14.05.2019

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 13.06.2017

(43) Дата публикации заявки: 13.12.2018 Бюл.
№ [35](#)

(45) Опубликовано: [14.05.2019](#) Бюл. № [14](#)

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: УСТИНОВ Ю.Ф. и др. "Выявление с помощью напряженного состояния металлических конструкций строительных машин", Механизация строительства, 2009, №6, с.8-11. SU 357492 A1, 31.10.1972. SU 557290 A1, 05.05.1977. RU 2036459 C1, 27.05.1995. RU 2058025 C1, 10.04.1996. SU 1350534 A1, 07.11.1987. SU 542118 A1, 05.01.1977. SU 1698023 A1, 15.12.1991. JP 11037867 A, 12.02.1999. JP 3031742 A, 12.02.1991.

Адрес для переписки:

394026, г. Воронеж, Московский просп., 14,
ФГБОУ ВО "ВГТУ", патентный отдел

(72) Автор(ы):

Семькин Владимир Николаевич (RU),
Бесько Александр Васильевич (RU),
Свиридов Дмитрий Алексеевич (RU),
Проценко Вера Николаевна (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования "Воронежский
государственный технический
университет" (RU)

(54) Способ определения вида остаточных сварочных напряжений

(57) Реферат:

Изобретение относится к способу определения вида остаточных сварочных напряжений и может быть использовано при проектировании, производстве и контроле сварных конструкций. На лицевой и обратной стороне сварного соединения выявляют картины полей траекторий главных напряжений. По сгущению траекторий главных напряжений определяют местоположения концентраторов остаточных

напряжений. Затем полученные картины полей с лицевой и обратной сторон совмещают в соответствии с их расположением на сварном соединении и в совмещенном положении «на просвет» сравнивают между собой. При совпадении местоположений концентраторов и направлений траекторий с обеих сторон относят вид напряженного состояния к двухосному, а при несовпадении - к трехосному. 2 ил., 1 пр.



Фиг. 1

Изобретение относится к области сварки, а именно к расчетным, расчетно-экспериментальным и экспериментальным способам определения остаточного напряженного состояния (НС) в сварных соединениях и может быть использовано при проектировании, производстве и контроле сварных конструкций.

На настоящий момент сведений о способах точного определения видов напряженного состояния после сварки по доступным источникам не обнаружено.

Техническим результатом предполагаемого изобретения является повышение долговечности, коррозионной стойкости сварных изделий, стабильность их геометрических форм, снижение склонности к трещинообразованию.

Технический результат достигается тем, что в способе определения вида остаточных сварочных напряжений на лицевой и тыльной (обратной) стороне сварного соединения выявляют картины полей изостат (траекторий главных напряжений), в полях по сгущению изостат определяют местоположения концентраторов остаточных напряжений, затем картины полей с лицевой и тыльной сторон совмещают в соответствии с их расположением на сварном соединении, в совмещенном положении «на просвет» сравнивают между собой и при совпадении местоположений концентраторов и направлений траектории с обеих сторон относят вид напряженного состояния к плоскому (двухосному), а при несовпадении - к объемному (трехосному) далее расчетное или экспериментальное определение напряжений проводят, учитывая установленный вид напряженного состояния.

На основании патентного поиска, проведенного по доступным источникам информации, отличительных признаков, указанных в формуле предполагаемого изобретения не обнаружено.

В связи с этим данное техническое решение соответствует критерию «существенные отличия».

Пример осуществления способа. Выполняли определение вида НС в сварном образце неразрушающим, физическим магнитоупругим методом (МУМ), характеризующимся высокой производительностью и сравнительной простотой методик и аппаратуры.

Использовали монофазный магнитоупругий измеритель механических напряжений ИМН-4М (разработка Воронежского государственного технического университета, ведущий конструктор Юршин А.Н.). Основные технические характеристики прибора следующие: предел измерений $\pm\sigma$ пропорциональности; величина базы измерений датчика - 5 мм; приведенная к пределу текучести погрешность измерения для двухосного напряженного состояния - 7...15%; погрешность угломерного устройства ± 2 градуса; рабочая частота - 1000 Гц.

Характер силового поля остаточных напряжений (ОН) в сварных соединениях раскрывают изостаты, представляющие собой систему из двух семейств взаимно

перпендикулярных кривых S_{σ_1} и S_{σ_2} . Вдоль них действуют соответственно наибольшие σ_1 и наименьшие σ_2 главные напряжения [Устинов Ю.Ф., Семькин В.Н., Калинин Ю.И., Ульянов А.В. Выявление с помощью изостат напряженного состояния металлических конструкций строительных машин // Механизация строительства, 2009. №6. С. 8-11]. МУМ позволяет определять касательные к изостатам с помощью входящего в состав измерителя магнитоупругого датчика, оборудованного несложным угломерным устройством. Собственно изостаты вычерчивают по касательным, определяемым в узлах координатной сетки, нанесенной на поверхность сварного соединения [Кучер А.Т., Семькин В.Н. Совершенствование методики и аппаратуры для определения остаточных сварочных напряжений магнитоупругим способом // Сварочное производство, 1995. №10. С. 32-33].

В качестве образца взяли стыковое сварное соединение двух пластин Ст3 с габаритами 200×100×10 мм каждая. Сварку производили штучными электродами УОНИ 13/55 (ГОСТ 9466-75) диаметром 3 мм в два прохода на стандартном режиме. Особенность: если смотреть с лицевой стороны образца, первый проход выполняли в направлении слева направо, а второй - справа налево. После первого прохода образцу дали остыть до комнатной температуры. Видимых сварочных дефектов соединение не имело. Усиление шва не снимали.

На лицевую и тыльную сторону образца, под будущие измерения, наносили координатную сетку с ячейками 10×10 мм. Всего узлов координатной сетки с каждой стороны получили по 304. Время измерений в одной точке (узле) <1 минуты. Затраты времени на обе стороны до 9 часов. Все измерения производились одним оператором. На основе полученного массива значений углов по авторской методике строили траектории напряжений, показывая на фигурах наибольшие главные S_{σ_1} сплошными линиями, а наименьшие главные S_{σ_2} штриховыми. Положения горизонтальных линий координатной сетки обозначили 1-1, 2-2, ..., 16-16 и для лицевой и для тыльной сторон, а вертикальных линий - буквами А-А, Б-Б, ..., У-У для лицевой стороны и буквами У'-У', Т'-Т' ..., А'-А' для тыльной. Во избежание перенасыщенности на фиг. 1 и фиг. 2 линии сетки не прочерчивали.

Поле изостат с лицевой стороны образца представляет фиг. 1. Концентратор ОН в нем (участок, где сгущаются траектории) расположен в условном прямоугольнике ограниченном линиями: Д-Д слева, Л-Л справа, 5-5 сверху, 14-14 снизу. Эпицентр концентратора несимметричен относительно оси шва, что встречается не часто, и связано, в данном случае, с асимметричным расположением приспособления, фиксировавшего образец в ходе сварки второго прохода. Геометрия концентраторов воспроизводит геометрию температурных полей в образце на момент стабилизации («застывания») изостат при понижении температуры до $\approx 345^\circ\text{C}$ для стали Ст3 [Семькин В.Н., Кучер АТ. Определение температуры стабилизации изостат //

Современные проблемы сварочной науки и техники. Тез. докл. Международн. науч. - техн. конф. Донской гос.техн. ун-т. Ростов-на-Дону, 1993. С. 81-82]. При этом изостаты наименьших главных напряжений S_{σ_2} повторяют форму изотерм, а наибольших S_{σ_1} совпадают, с линиями теплового потока.

Концентратор на лицевой стороне смещен на 6...30 мм левее вертикальной оси образца (линии К-К), что естественно при направлении $V_{св}$ справа налево и «отставании» концентратора от точки, в которой прекращается воздействие сварочной дуги. На большей части площади образца преобладают поперечные относительно оси шва напряжения, в самом шве изостаты S_{σ_1} проходят вдоль него.

Траектории с тыльной стороны образца (фиг. 2) в основном сформировало температурное поле первого прохода. Поле изостат здесь близко к классическому для стыкового соединения с длиной шва 200 мм. Концентратор компактен, плотно примыкает к шву и занимает условный прямоугольник, ограниченный линиями: П'-П' слева, К'-К' справа, 6-6 сверху, 11-11 снизу и смещен влево на 30 мм относительно вертикальной осевой линии К'-К'. В целом, как и с лицевой стороны, преобладают поперечные относительно оси шва напряжения.

Далее картины полей траекторий совмещают по правилу: линии координатной сетки 1-1, 2-2, ... 16-16 лицевой стороны с линиями 1-1, 2-2, ... 16-16 тыльной стороны, линии А-А, Б-Б, ... У-У лицевой стороны с линиями А'-А', Б'-Б', ... У'-У' тыльной стороны.

Сравнение полей траекторий лицевой и тыльной сторон «на просвет» после их совмещения не показало совпадения положений концентраторов ОН определенных для лицевой и тыльной сторон образца. Их эпицентры разнесены на 36-60 мм. Направления траекторий также не совпадают. Это исключает признание НС плоским (двухосным) в данном стыковом сварном соединении толщиной 10 мм выполненном двумя проходами и, следовательно, НС в данном случае является объемным (трехосным). Количественные измерения в образце проводили экспериментальными методами эффективными для объемного напряженного состояния.

Способ может быть полезен:

- 1) для исключения ошибок при классификации вида напряженного состояния в образцах и реальных сварных изделиях;
- 2) для повышения точности расчетных и расчетно-экспериментальных методов определения напряжений, вызываемых сваркой;
- 3) для безошибочного, применительно к конкретному сварному соединению, выбора альтернативных экспериментальных методов контроля напряжений: ультразвукового, тензометрического, поляризационно-оптического, голографической интерференции и др.;
- 4) при выборе и отработке технологий сварки;
- 5) для определения вида напряженного состояния при суперпозиции (одновременном действии) напряжений от внешних (эксплуатационных) нагрузок с остаточными (внутренними) напряжениями.

Технико-экономический эффект предлагаемого способа заключается в повышении долговечности и усталостной прочности сварных изделий, стабильности их геометрических форм за счет оптимизации остаточного напряженного состояния, проектирования с точным знанием вида напряжений. Это снижает вероятность разрушений или деформаций, вызывающих заклинивания, биения, депланации деталей машин и механизмов.

Формула изобретения

Способ определения вида остаточных сварочных напряжений в сварном соединении, заключающийся в том, что на лицевой и обратной стороне сварного соединения выявляют картины полей траекторий главных напряжений, по сгущению

траекторий главных напряжений определяют местоположения концентраторов остаточных напряжений, затем полученные картины полей с лицевой и обратной сторон совмещают в соответствии с их расположением на сварном соединении и в совмещенном положении «на просвет» сравнивают между собой, при этом при совпадении местоположений концентраторов и направлений траекторий с обеих сторон относят вид напряженного состояния к двухосному, а при несовпадении - к трехосному.



Фиг. 1



Фиг. 2