

ЗАКОНОМЕРНОСТЬ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ОСТАТОЧНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ ВОКРУГ СВАРОЧНОГО ШВА И АКТИВНЫХ ТЕКТОНИЧЕСКИХ РАЗЛОМОВ

Тажибаяев Кушбакали Тажибаяевич, доктор технических наук, профессор, заведующий лабораторией, Институт геомеханики и освоения недр НАН КР, 720055, г. Бишкек, ул. Медерова, 98, kushbak@yandex.ru

Акматалиева Минажат Сабыровна, научный сотрудник, Институт геомеханики и освоения недр НАН КР, 720055, г. Бишкек, ул. Медерова, 98

Тажибаяев Данияр Кушбакалиевич, кандидат технических наук, заведующий лабораторией, Институт геомеханики и освоения недр НАН КР, 720055, г. Бишкек, ул. Медерова, 98, Danek-1@yandex.ru

Аннотация: В качестве модели напряженного состояния вокруг активного тектонического разлома рассмотрены остаточные напряжения вблизи сварочного шва, где установлено наличие значительных растягивающих напряжений, которые с удалением от шва переходят сначала в сжимающие, а затем – в растягивающие напряжения. Представлены результаты определения остаточных напряжений поляризационно – акустическим методом, основанным на закономерности изменения относительной величины скорости прохождения ультразвуковой поляризованной сдвиговой волны от механического напряжения.

Ключевые слова: остаточное напряжение, деформация, волновой модуль напряжения, поляризованная волна, тектонический разлом.

REGULARITY OF DISTRIBUTION OF RESIDUAL VOLTAGES AROUND A WELDER JOINT AND ACTIVE TECTONIC FAULTS

Tazhibayev Kushbakali Tazhibayevich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of Laboratory, Institute of Geomechanics and Mineral Development, NAS of KR, 720055, Bishkek, ul. Mederova, 98, kushbak@yandex.ru

Akmatalieva Minazhat Sabyrovna, Researcher, Institute of Geomechanics and Subsoil Development, National Academy of Sciences of the Kyrgyz Republic, 720055, Bishkek, ul. Mederova, 98

Daniyar Kushbakalievich Tazhibayev, Candidate of Technical Sciences, Head of Laboratory, Institute of Geomechanics and Subsoil Development of the National Academy of Sciences of the Kyrgyz Republic, 720055, Bishkek, ul. Mederova, 98, Danek-1@yandex.ru

Abstract. The residual stresses near to a welding juncture where presence of significant pulling stresses which with removal from a juncture pass at first in compressing is positioned, and then - in pulling stresses are considered as a model of a stressed state around an active tectonic break. Results of definition of residual stresses by the polarizing - acoustic method based on law of change of relative size of speed of transit of an ultrasonic polarized shift wave from mechanical stresses are presented.

Keywords: residual stress, deformation, the wave module of the stress, the polarized wave, a tectonic break.

Введение. Известно, что тектонические горные удары и землетрясения происходят в зонах активных тектонических разломов. Как показали экспериментальные измерения действующих в массиве горных пород напряжений, часто горизонтальная составляющая превышает вертикальную, и эти напряжения изменяются периодически в пределах, соизмеримых с

размерами подготовительных горных выработок, что не укладывается в рамки существующих представлений и теоретических расчетов. Такие аномальные напряжения оказались характерными для сейсмоактивных зон, которые приурочены к активным тектоническим разломам.

Было экспериментально доказано, что неоднородность действующих в массиве горных пород напряжения в сейсмоактивных зонах обусловлена наличием в этих зонах значительных остаточных напряжений [1,3]. При соответствующих термодинамических условиях, особенно в зонах магматизма и вулканизма, вследствие неравномерного остывания высокотемпературной расплавленной магмы (эффузивные и интрузивные магматические горные породы), метаморфизации пород под влиянием высоких давлений и температур формируются как сжимающие, так и растягивающие остаточные напряжения, которые в основном характерны для магматических горных пород. Как фактор геомеханической неоднородности, остаточные напряжения оказывают существенное влияние на напряженное состояние и процессы деформации и разрушения горных пород.

Установлено, что зоны высокой концентрации остаточных напряжений, имеющих место в активных тектонических разломах и их перифериях, особенно в магматических горных породах, в контактных зонах метаморфических и гидротермальных пород, представляют собой очаги горных ударов и тектонических землетрясений. При нарушении равновесного состояния высоких остаточных напряжений, так называемыми триггерными силами, происходит самоподдерживающееся динамическое разрушение горных пород, обуславливая сильный горный удар, а в более крупном масштабе тектоническое землетрясение [1,3,4]. В связи с этим в настоящей работе поставлена **цель – моделировать и исследовать остаточные напряжения, обусловленные неравномерным остыванием материала в зоне высокотемпературного расплава.** Для достижения цели исследовались остаточные напряжения вокруг сварочного шва разработанным нами ультразвуковым поляризационно-акустическим методом, позволяющим определять величину и знак остаточных напряжений [5,6].

Результаты исследования остаточных напряжений свидетельствуют о том, что при сварке формируются значительные остаточные напряжения [2]. При сварке наличие концентрированного источника тепла, температура которого превышает температуру плавления металла, приводит к неравномерному нагреву прилегающих к нему объемов металла. Температурные напряжения при этом в ближайшей зоне могут достигать предела текучести, что приводит к возникновению пластических деформаций в сильно нагретых областях. После остывания в металле возникают остаточные напряжения как в пластической, так и в упругой зонах.

На рис. 1 представлены эпюры остаточных напряжений в образце изготовленном из стали 09Г2С полученные по результатам ультразвуковых (расчетный метод) - 1 и тензометрических (метод разгрузки) измерений - 2. Различия в значениях напряжений, наблюдающиеся при измерении без разрушения (ультразвуком) и тензодатчиками с разрезкой образца, могут быть объяснены неполным снятием напряжений при разрезке. Анализ эпюр показывает, что остаточные напряжения, измеренные ультразвуковым методом, имеют более высокие значения, чем значения напряжений, полученные методом разгрузки. Как известно, при измерении напряжений методом разгрузки образец разрезают на полоски, на которых наклеены проволочные тензометры. При разрезке ширина полосы составляет 10-12 мм. Такая ширина еще не допускает полной релаксации напряжений [2].

Результаты исследований показали, что при образовании новой поверхности по методу разгрузки остаточные напряжения разгружаются частично и только вблизи новой поверхности, так как эти напряжения структурно связанные и особенно сильно они связаны в пластических материалах. Поэтому ультразвуковой поляризационно-акустический метод определения остаточных напряжений имеет неоспоримое преимущество по сравнению с методом разгрузки.

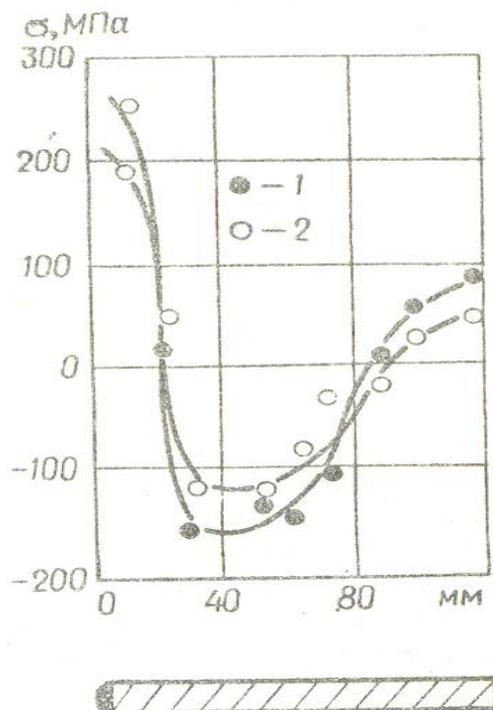


Рис. 1. Эпюры остаточных напряжений в образце с наплавкой, измеренных ультразвуком (1) и методом разгрузки (2); сталь 09Г2С (Институт сварки имени Е. О. Патона [2]).

Нами в качестве модели остаточных напряжений, образованных при неравномерном остывании расплавленного материала исследовались сварочные остаточные напряжения. Была изготовлена стальная плита (размеры: 220x245x20 мм) со сварным швом в центральной части (рис.2). Сначала в средней части плиты были созданы с двух сторон неглубокие поперечные вырезы, оставляя между ними целик, а затем эти вырезы сваривались с двух сторон.

Прозвучивание стальной плиты проводилось поляризованной поперечной ультразвуковой волной вдоль ширины плиты параллельно сварному шву (рис.2). По данным скорости прохождения поперечной поляризованной ультразвуковой волны и на основе закономерности изменения относительной величины скорости прохождения ультразвуковой поляризованной сдвиговой волны от механического напряжения в твердых материалах (закон Кушбакали), по следующей формуле [5,6], были получены значения остаточных напряжений в стальной плите со сварным швом (рис. 3):

$$\sigma_X = \left(\frac{V_{SOZ}}{V_{SZ}} - 1\right)K_Z ; \quad \sigma_Y = \left(\frac{V_{SOX}}{V_{SX}} - 1\right)K_X ; \quad \sigma_Z = \left(\frac{V_{SOY}}{V_{SY}} - 1\right)K_Y \quad (1),$$

где σ_X , σ_Y , σ_Z - компоненты нормального напряжения по направлению X, Y, Z соответственно; K_X , K_Y , K_Z - волновой модуль напряжения (название модуля наше) по соответствующим направлениям (для квазиизотропных горных пород $K_X = K_Y = K_Z = K$); V_{SX} , V_{SY} , V_{SZ} - скорости распространения ультразвуковой поперечной поляризованной волны через представительную базу напряженного (нагруженного или с остаточными напряжениями) материала по соответствующим направлениям; V_{SOX} , V_{SOY} , V_{SOZ} - скорости распространения ультразвуковой поперечной поляризованной волны по направлениям X, Y, Z соответственно при отсутствии напряжения (не нагруженное состояние, без остаточных напряжений).

Результаты исследований остаточных напряжений в стальной плите со сварным швом предложенным поляризационно-акустическим методом показали, что в зоне и вблизи

сварочного шва имеются значительные растягивающие остаточные напряжения. С удалением от сварочного шва растягивающее остаточное напряжение уменьшается и переходит в сжимающее, причем тоже далее уменьшается с удалением от шва и с приближением к свободной боковой поверхности, а вблизи свободной поверхности наблюдается снова растягивающее напряжение (рис. 3).

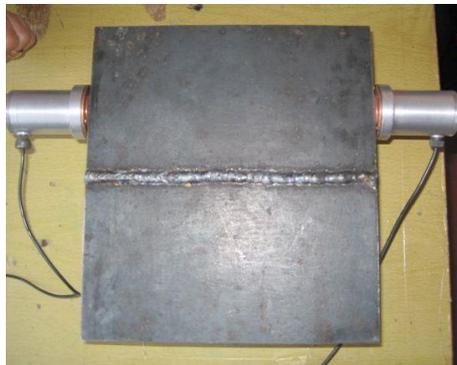


Рис.2. Прозвучивание стальной плиты со сварным швом поляризованной сдвиговой ультразвуковой волной (сталь 3, размеры плиты 220x245x20 мм, вектор поляризации перпендикулярно к сварному шву).

Результаты определения сварочных остаточных напряжений, полученные путем прозвучивания поляризованной поперечной (сдвиговой) волной (рис. 3) и на основе установленной закономерности [6] (формулы 1) хорошо согласуются с данными сварочных остаточных напряжений полученными в Институте электросварки им. Е.О. Патона методом разгрузки, а также ультразвукового прозвучивания и теоретических расчетов [2] (см.рисунок 1).

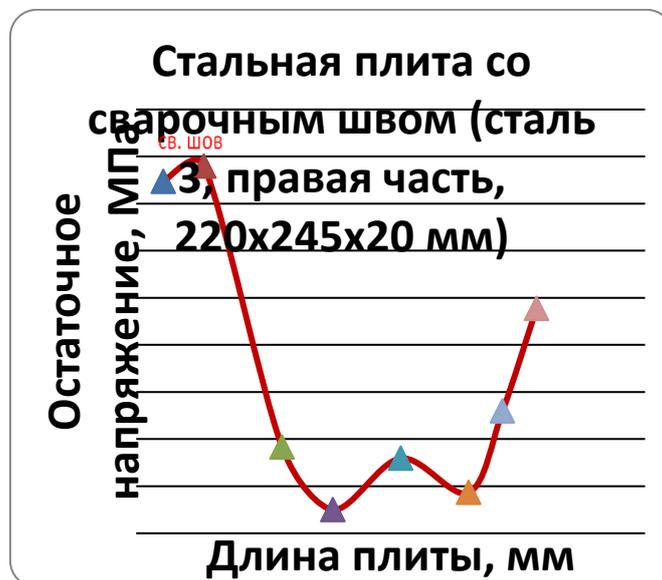


Рис. 3. График остаточного напряжения в правой от сварного шва части стальной плиты (поляризационно-акустический метод).

На рисунке 4 представлены результаты определения остаточных напряжений, в правой и левой от сварного шва части стальной плиты, на основе закономерности изменения относительной величины скорости сдвиговой поляризованной волны (формула 1). Как видно из рисунка, общая симметрия по распределению остаточных напряжений (относительно шва)

сваренной посередине стальной плиты прослеживается, что также свидетельствует о правомерности формулы 1 и предложенного поляризационно-акустического метода.

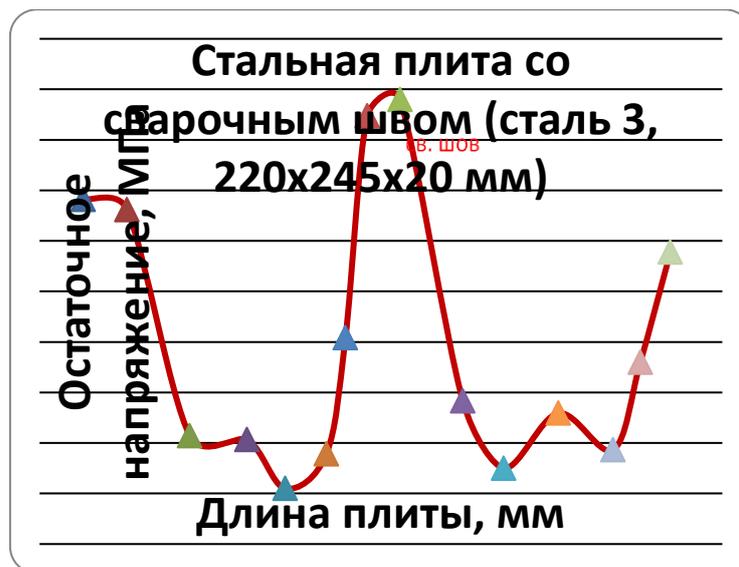


Рис. 4. График остаточного напряжения в правой и левой от сварного шва части стальной плиты.

Результаты исследований, так называемых тектонических напряжений, в зоне активного тектонического разлома косвенным методом, по реконструкции трещин и деформаций, показали, что в непосредственной центральной части разлома имеются высокие растягивающие напряжения, о чем свидетельствует также протяженная трещина разрыва вдоль разлома. Этим методом было также показано, что в перпендикулярном к оси разлома направлении в его окрестности имеются как сжимающие, так и растягивающие напряжения. Данные факты согласуются с результатами инструментального измерения остаточных напряжений вблизи сварочного шва известным методом разгрузки [2] и новым поляризационно-акустическим методом [5,6]. В дальнейшем остаточные или действующие напряжения в зонах разломов необходимо определять не косвенными методами, а поляризационно-акустическим методом, позволяющим определять величину и знак не только остаточных напряжений в лабораторных условиях, но и действующих напряжений в массиве горных пород используя параллельные скважины в разных направлениях.

Выводы. На основе результатов определения остаточных напряжений в стальной плите вокруг сварочного шва поляризационно-акустическим методом в качестве модели активного тектонического разлома установлено, что вблизи шва имеются значительные растягивающие напряжения, которые с удалением от шва переходят сначала в сжимающие, а затем – в растягивающие напряжения. Установлено, что результаты определения остаточных напряжений в стальной плите предложенным поляризационно-акустическим методом хорошо согласуются с данными метода разгрузки и теоретических расчетов, полученных в Институте электросварки имени Е. О. Патона. Рекомендуется определять остаточные и действующие напряжения сейсмоактивных зон разломов не косвенными методами, а поляризационно-акустическим методом, позволяющим определять величину и знак не только остаточных напряжений в лабораторных условиях, но и действующих напряжений в массиве горных пород используя скважины или шпурсы в горных выработках.

Список литературы

1. Тажибаев К.Т. Напряжения, процессы деформации и динамического разрушения горных пород. В двух томах. Т.1 – Бишкек: Издательство “Алтын Принт”, 2016. - 352 с.

2. Гуша О.Н. Ультразвуковой метод определения остаточных напряжений. Состояния и перспективы // Экспер. Методы исследований деформаций и напряжений. - Киев, 1983.-С. 77-81.
3. Тажибаев К.Т. Условия динамического разрушения горных пород и причины горных ударов. – Фрунзе: Илим, 1989. – 179 с.
4. Тажибаев К.Т. О причинах и механизме горных ударов и землетресений / Исслед., прогноз и предотвр. горных ударов // Матер IX Всес.конф. по механике горн.пород.- Бишкек.-1991-С.139-167.
5. Тажибаев К.Т., Акматалиева М.С., Тажибаев Д.К. Способ определения остаточных и действующих напряжений в твердых материалах / Патент Кыргызской Республики: № 1826, зарегистрировано в Государственном реестре изобретений Кыргызской Республики 29.01.2016 г.
6. Тажибаев К.Т., Тажибаев Д.К., Акматалиева М.С. Закономерность изменения относительной величины скорости прохождения ультразвуковой поляризованной сдвиговой волны от механического напряжения в твердых материалах (закон Кушбакали) / Диплом № 453 на научное открытие от 3 октября 2013 года, г. Москва. Международная академия авторов научных открытий и изобретений, Российская академия естественных наук. // Научные открытия -2013. Сборник кратких описаний. – М.РАЕН, 2014г. –С. 48-50.

УДК 796.524

Ч-75

ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ГОРНОГО ТУРИЗМА В КОНТЕКСТЕ ДОБЫЧИ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Чормонов А.Б., к.ф.-м.н., профессор Академии туризма

Чормонов А.А., магистр Академии туризма г. Бишкек, Кыргызстан

Аннотация. Природные условия Кыргызстана, где 93% территории расположено на высоте более 1000 м над уровнем моря, способствуют успешному развитию туризма джайлоо. Для устойчивого развития туризма джайлоо необходимо поддерживать летние пастбища в привлекательном для туристов состоянии, как в естественном, так и в социальном плане. Эта задача решается правительством в партнерстве с пользователями пастбищ. Сеть джайлоо-детских садов Международного общественного фонда способствует развитию джайлоо-туризма

Ключевые слова. Экотуризм, джайлоо-туризм, летние отгонные пастбища, природные достопримечательности и историко-культурное наследие, чабан, юрта, кумысолечение.

PROBLEMS AND PROSPECTS OF THE DEVELOPMENT OF MOUNTAIN TOURISM IN THE CONTEXT OF MINING OF MINERALS

Chormonov A.B., Ph.D., Professor of the Academy of Tourism;

Chormonov A.A., Master of the Academy of Tourism, Bishkek, Kyrgyzstan

Abstract. The natural conditions of Kyrgyzstan, where 93% of the territory is located at an altitude of more than 1000 m above sea level, favor the successful development of jailoo tourism. For the sustainable development of jailoo tourism it is necessary to maintain summer pastures in an attractive condition for tourists, both in natural and social terms. This task is being solved by the government in partnership with pasture users. The jailoo-kindergardens network of the International public Foundation promotes to develop jailoo-tourism.