

УДК 624. 072. 002.2

О возможности выравнивания предварительно деформированных стальных конструкций методом локальных термических воздействий

¹Иванов Б.В., ²Голоднов А.И., д.т.н.

¹Луганский национальный аграрный университет, Украина,
²ООО «Укринсталькон им. В.Н. Шимановского», Украина

Анотація. Розроблено методику вирівнювання попередньо деформованих сталевих елементів. Вирівнювання виконується локальними термічними впливами (наплавленням зварних швів або прогріванням кромок до температури вище за критичну точку A_{C3}). Після локальних термічних впливів виникають зони залишкових напружень розтягу і відбувається вирівнювання сталевих елементів, які раніше отримали залишкові викривлення.

Аннотация. Разработана методика выравнивания предварительно деформированных стальных элементов. Выравнивание выполняется локальными термическими воздействиями (наплавкой сварных швов или прогревом кромок до температуры выше критической точки A_{C3}). После локальных термических воздействий возникают зоны остаточных растягивающих напряжений и происходит выравнивание стальных элементов, которые ранее получили остаточные искривления.

Abstract. Methodology of smoothing of the preliminary deformed steel elements is worked out. Smoothing is executed by local thermal influences (welding of the weld-fabricated gey-sutures or warming up of edges to the temperature higher than critical point of A_{C3}). After local thermal influences there are zones of residual stretchings stresses and there is smoothing of steel elements which got remaining curvatures before.

Ключевые слова: стальные конструкции, локальные термические воздействия, остаточные напряжения, выравнивание.

Введение. Постановка вопроса. Строительные конструкции, которые эксплуатируются в условиях действующих предприятий, в большинстве случаев подвергаются воздействию агрессивной среды, а также получают механические повреждения. Следствием таких воздействий является уменьшение параметров сечения стального проката вследствие коррозии и истирания и появление остаточных прогибов [1, 2].

Дальнейшая эксплуатация стальных конструкций с остаточными прогибами может вызвать внезапный отказ, поскольку конструкции, как правило, не рассчитываются на такие условия эксплуатации. Установление действительного технического состояния и резервов несущей способности представляет собой непростую задачу для стальных конструкций. Зачастую единственным правильным решением может быть выравнивание или усиление.

Выравнивание конструкций с помощью локальных термических воздействий (наплавки сварных швов или прогрева участков конструкций до критической точки A_{C3}) приводит к изменению остаточного напряженного состояния (ОНС). Зачастую, особенно в стесненных условиях эксплуатации, такой способ является единственно возможным способом усиления (ремонта) конструкций. Вопрос о том, насколько влияют локальные термические воздействия (ЛТВ) на напряженно-деформированное состояние (НДС) и несущую способность, остается открытым. Ответ на него могут дать результаты экспериментальных исследований стальных элементов, которые были испытаны на сжатие и после этого выровнены с помощью ЛТВ.

Цель настоящих исследований – обоснование возможности выравнивания конструкций с помощью локальных термических воздействий и разработка методики экспериментальных исследований стальных элементов, ранее подверженных сжатию и выровненных с помощью сварки.

Основная часть. Выравнивание конструкций возможно с использованием локальных термических воздействий. Наплавка сварных швов на выпуклых гранях приведет к изменению ОНС и исключению остаточного прогиба. Такое регулирование ОНС может существенно отразиться на несущей способности. Ответить на поставленный вопрос могут только результаты эксперимента.

Продолжительное время в ЛНАУ и ДонГТУ проводятся экспериментальные исследования ОНС, возникающего после изготовления и регулирования с использованием сварки и высокотемпературного нагрева, и его влияния на НДС и несущую способность. В процессе исследований было установлено, что наличие остаточных напряжений (ОН) растяжения, обусловленных сваркой поясных швов, вызывает появление уравновешивающих сжимающих напряжений в остальной части сечения, в т.ч. и на кромках поясов. Появление ОН сжатия на кромках приводит к снижению величин критических сил [1, 3, 4].

Экспериментально [1, 3] подтверждено снижение несущей способности сжатых двутавровых элементов до 40 %. Неблагоприятное влияние ОН определяет разграничение коэффициентов продольного изгиба для расчета сжатых элементов одного профиля. Различие в величинах коэффициентов продольного изгиба для стальных конструкций двутаврового и Н-образного сечения без ОН и с ОН сжатия на кромках поясов свыше 49 МПа может достигать 15...17 % (см. ДБН В.2.3-14:2006 [4]). В нормах проектирования стальных конструкций (ДБН В.2.6-163:2010 [5]) методика определения коэффициента продольного изгиба не учитывает технологию изготовления конструкций, т.е. наличие ОНС.

Усилення виконується путем приєднання (с помощью болтов или прихваток) к стенке с двух сторон или к поясам металлических полос шириной 0,7...0,8 высоты стенки или ширины пояса с последующим разогревом кромок до температуры выше критической точки A_{C3} или наплавкой сварных швов обратноступенчатым способом. Способ усиления защищен авторским свидетельством СССР [6].

Для экспериментального подтверждения возможности выравнивания искривленных образцов путем наплавки валиков на выпуклых кромках и оценки влияния такого вида термического воздействия на несущую способность была разработана методика экспериментальных исследований, которая подразумевает проведение испытаний на сжатие стальных образцов, которые были испытаны ранее [7, 8]. Образцы каждой серии (сварные [7] или прокатные [8]) имели одинаковое поперечное сечение, но были подвергнуты различным видам регулирования ОНС.

Испытания образцов на сжатие были выполнены с одинаковыми (в пределах каждой серии) эксцентриситетами приложения нагрузки. Это достигалось за счет применения съемных опорных приспособлений, которые устанавливались на образцы, и несъемных, которые устанавливались на плиты пресса (рис. 1, 2). После проведенных испытаний образцы получили остаточные выгибы (рис. 3, 4).



Рис. 1. Общий вид съемных опорных приспособлений, устанавливаемых на сварных образцах [7] в нижней части

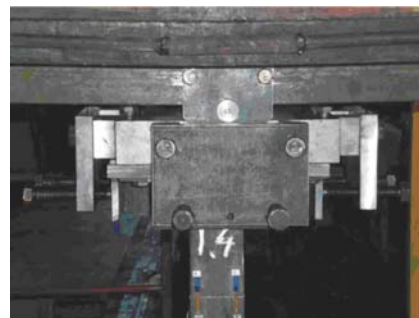


Рис. 2. Общий вид опорных приспособлений, устанавливаемых на прокатных образцах [8] в верхней части

Поскольку в результате проведенных испытаний образцов на сжатие были получены данные о величинах несущей способности, в задачу настоящих исследований входило выравнивание образцов путем наплавки валиков и проведение испытаний образцов на сжатие с целью получения данных о несущей способности после наплавки с использованием той же оснастки.

Сравнение результатов испытаний (данных о величинах несущей способности) позволит оценить влияние ОНС, возникающего после регулирования, на величину несущей способности.

Учитывая, что деформированные состояния образцов после испытаний на сжатие индивидуальны, наплавку холостых валиков предполагается выполнять для каждого образца также индивидуально. Таким образом, регулирование необходимо выполнить путем несимметричной наплавки сварных швов. ОНС у всех образцов до и после наплавки предполагается оценить неразрушающими методами, а часть образцов предполагается испытать разрушающим методом путем разрезки до и после наплавки.



Рис. 3. Общий вид сварных образцов [7] после испытаний



Рис. 4. Общий вид одной из серий прокатных образцов [8] после испытаний

Выводы

1. Выравнивание конструкций с помощью ЛТВ приводит к изменению ОНС. Зачастую, особенно в стесненных условиях эксплуатации, такой способ является единственно возможным способом усиления (ремонта) конструкций, в т.ч. и в случае приварки усиливающих элементов.
2. Предложена методика экспериментальных исследований сжатых стальных элементов, подверженных выравниванию с помощью наплавки сварных швов на выпуклых кромках поясов. Методика позволяет оценить (качественно и количественно) изменение ОНС в сварных и прокатных элементах до и после наплавки, а также влияние измененного ОНС на несущую способность.
3. Предложенная методика позволит получить экспериментальный материал, сделать выводы о целесообразности такого способа выравнивания конструкций и разработать обоснованные рекомендации по его применению.

Литература

- [1] Голоднов А.И. Регулирование остаточных напряжений в сварных двутавровых колоннах и балках. – К.: Сталь, 2008. – 150 с.
- [2] Иванов Б.В. Определение остаточного ресурса стальных конструкций в условиях действующих предприятий с учетом наличия остаточного напряженного состояния / Б.В. Иванов // Збірник наукових праць Українського інституту сталевих конструкцій імені В.М. Шимановського. – К.: Вид-во «Сталь», 2011. – Вип. 8. – С. 110–120.
- [3] Голоднов А.И. К вопросу учета влияния остаточных напряжений при расчетах сжатых стальных двутавровых стержней / А.И. Голоднов, О.С. Балашова // Вісник Донбаської державної академії будівництва і архітектури: Збірник наукових праць / Баштові споруди: матеріали, конструкції, технології. – Макіївка: ДонНАБА, 2009. – Вип. 2009-4 (78). – С. 193–198.
- [4] ДБН В.2.3-14:2006. Споруди транспорту. Мости та труби. Правила проектування / Мінбуд України. – К.: Мінбуд України, 2006. – 359 с.
- [5] ДБН В.2.6-163:2010. Державні будівельні норми України. Конструкції будівель і споруд. Сталеві конструкції. Норми проектування, виготовлення і монтажу / Мінрегіонбуд України. – К.: Мінрегіонбуд України, 2010. – 202 с.
- [6] А.с. 1523647 СССР, МКИ E04 C 3/10, E04 G 23/02. Способ усиления металлических колонн двутаврового сечения / И.И. Набоков, А.И. Голоднов, А.И. Филатов, В.П. Голоднова (СССР), Опубл. 23.11.89, Бюл. № 43. – 2 с.
- [7] Голоднов А.И. Экспериментальные исследования внецентренно-сжатых сварных двутавровых образцов-колонн / А.И. Голоднов, С.Н. Полишко // Вісн. Придніпр. Держ. академії будівництва та архітектури. – Дніпропетровськ: ПДАБтаА, 2004. – № 1. – С. 43–50.
- [8] Скребцов С.И. Результаты экспериментальных исследований устойчивости элементов из прокатных двутавров после регулирования остаточного напряженного состояния на части длины / С.И. Скребцов, А.П. Иванов, А.И. Голоднов // Стр-во. Материаловедение. Машиностроение: Сб. науч. тр. / ПГАСиА. – Днепропетровск: ПГАСА, 2010. – Вып. 56. – С. 494–499.

Надійшла до редколегії 03.06.2012 р.