**Применение лазерной сварки в мостостроении**

В 2015-18 г.г. в АО «НИИ мостов» проведены усталостные испытания сварных стыковых соединений, выполненных лазерной и гибридно-лазерной сваркой в ООО НТО «ИРЭ-Полюс». Образцы для усталостных испытаний были изготовлены из стали 10ХСНДА-2 по ТУ 14-1-5120-2008.

Целью усталостных испытаний являлось определение ограниченного предела выносливости образцов на базе 2,0 млн. циклов приложения нагрузки.

Усталостные испытания образцов серии 1 (сварные стыковые соединения выполнены лазерной сваркой) проводились на прессе-пульсаторе ЦДМ-100 с частотой равной 324 цикла в минуту на базе 2 млн. циклов приложения нагрузки (рисунок 1.1).



*Рисунок 1.1- Испытание образцов на прессе-пульсаторе ЦДМ-100*

Контроль напряжений в образцах и характеристики цикла для каждого образца производились по двум датчикам, установленным с каждой стороны рабочей зоны образца. Контроль напряжений в процессе испытаний образцов производился системой тензометрического контроля (рисунок 1.2).



*Рисунок 1.2 – Система тензометрического контроля*

Кривая усталости образцов серии 1 при асимметрии цикла ρ = 0,1 показана на рисунке 1.3.



*Рисунок 1.3 – Результаты испытаний образцов серии 1*

Усталостные испытания образцов серии 2 (сварные стыковые соединения выполнены гибридной сваркой) проводились на прессе-пульсаторе ЦДМ-100 с частотой равной 324 цикла в минуту на базе 2 млн. циклов приложения нагрузки (рисунок 1.4). Кривая усталости образцов серии 2 при асимметрии цикла ρ = 0,1 показана на рисунке 1.5.



*Рисунок 1.4- Испытание образца серии 2 на прессе-пульсаторе ЦДМ-100*

*Рисунок 1.5 – Результаты испытаний образцов серии 2*

Усталостные испытания образцов сварных соединений с угловыми поперечными швами выполненных лазерной сваркой (серия 3) проводились на прессе-пульсаторе ЦДМ-100 с частотой равной 324 цикла в минуту на базе 2 млн. циклов приложения нагрузки (рисунок 1.6).



*Рисунок 1.6- Испытание образца серии 3 на прессе-пульсаторе ЦДМ-100*

Кривая усталости образцов серии 3 при асимметрии цикла ρ = 0,1 показана на рисунке 1.7.



*Рисунок 1.7 – Результаты испытаний образцов серии 3*

По результатам проведенных испытаний определен эффективный коэффициент концентрации напряжений (β) сварных соединений с поперечными угловыми сварными швами: β **=** 2,30, что не превышает значения эффективного коэффициента концентрации напряжений для таких соединений, выполненных автоматической сваркой.

В 2016-17 г были проведены усталостные испытания моделей узлов одноярусной ортотропной плиты балластного корыта пролетных строений железнодорожных мостов. Цель работы − экспериментально-расчетная оценка долговечности узлов одноярусной ортотропной плиты балластного корыта пролетных строений железнодорожных мостов.

Модели для испытаний были изготовлены из стали 10ХСНДА-12 по ТУ 14-1-5120-2008. Угловые швы в узлах пересечения продольных и поперечных ребер были выполнены лазерной сваркой. Лазерной сваркой были выполнены угловые швы соединений поперечных ребер и верхних поясов.

На моделях ортотропной плиты исследовалась работа поперечных ребер плиты на изгибающий момент и поперечную силу. Модели имитировали работу поперечных ребер ортотропной плиты в местах их пересечения с продольными ребрами.

Целью усталостных испытаний было определение ограниченного предела выносливости узлов моделей на базе 2,0 млн. циклов приложения нагрузки.

Данная конструкция одноярусной ортотропной плиты балластного корыта используется в унифицированных конструкциях железнодорожных пролетных строений мостов.

Усталостные испытания моделей ортотропной плиты на динамические нагрузки проводились на прессе-пульсаторе ЦДМ-200 ПУ (рисунок 1.8). Испытательная нагрузка передавалась на образец через систему распределительных балок.



*Рисунок 1.8 – Испытание моделей на прессе-пульсаторе ЦДМ-200 ПУ*

*на динамическую нагрузку*

Характер усталостных трещин показан на рисунках 1.9…1.11.



*Рисунок 1.9 – Модель Р1. Трещины от выреза у продольного ребра 3.*



*Рисунок 1.10 – Модель Р5. Трещина от выреза у продольного ребра 3*



*Рисунок 1.11 – Модель Р5. Трещина от выреза у продольного ребра 1*

Диаграммы усталости моделей, выполненных с применением лазерной и электродуговой сварки, при асимметрии цикла ρ = 0,2 приведены на рисунке 1.12.



*Рисунок 1.12 – Результаты испытаний моделей с применением лазерной и электродуговой сварки при асимметрии цикла ρ = 0,2*

**Проведенные усталостные испытания моделей узлов пересечения продольных и поперечных ребер ортотропных плит (лазерная сварка) на прессе-пульсаторе ЦДМ-200 ПУ на базе 2,0 млн. циклов приложения нагрузки показали:**

**Усталостные трещины в испытанных моделях возникают от сварных вертикальных швов, в местах пересечения продольных и поперечных ребер, и распространяются в стенках поперечных ребер.**

 **Значение ограниченного предела выносливости узлов пересечения продольных и поперечных ребер ортотропных плит при 2 млн. циклов приложения нагрузки равно**

**σ0,2 = 18,88 + 2 · 0,89 кгс/мм2**..

**Проведенные усталостные испытания моделей узлов пересечения продольных и поперечных ребер ортотропных плит (электродуговая сварка) на прессе-пульсаторе ЦДМ-200 ПУ на базе 2,0 млн. циклов приложения нагрузки показали:**

 **Усталостные трещины в испытанных моделях возникают от сварных вертикальных швов, в местах пересечения продольных и поперечных ребер, и распространяются в стенках поперечных ребер.**

 **Значение ограниченного предела выносливости узлов пересечения продольных и поперечных ребер ортотропных плит при 2 млн. циклов приложения нагрузки равно**

**σ0,2 = 17,23 + 2 · 2,08 кгс/мм2**..

**Проведенные усталостные испытания моделей показали, что выносливость соединений выполненных лазерной сваркой не ниже выносливости соединений, выполненных с применением электродуговой сварки.**

**По результатам проведенных исследований разработаны:**

**- СПЕЦИАЛЬНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ (СТУ) на проектирование опытного металлического пролетного строения железнодорожного моста с применением лазерной сварки;**

**- СПЕЦИАЛЬНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ (СТУ) на заводское изготовление опытного металлического пролетного строения железнодорожного моста с применением лазерной сварки.**