

УДК 621.874

Лубенец С. В.

## ПРИЧИНЫ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ТРЕЩИН В МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЯХ ПЕРЕГРУЖАТЕЛЕЙ

Длительное действие на металл переменных напряжений может вызвать образование трещин и последующее разрушение. Это явление носит название усталости металла. В основном дефекты и разрушения в металлических конструкциях вызываются усталостью металла. Особенностью разрушений металла от усталости является пониженный уровень напряжений по сравнению с напряжениями, необходимыми для разрушения при однократном нагружении. Поэтому усталостные дефекты (трещины на элементах) возникают в основном в местах сравнительно малонапряженных. Наибольшее напряжение соединения, не приводящее к разрушению от усталости того или иного образца металла, называется пределом выносливости.

В сварных металлических конструкциях, в силу большей гибкости конструктивного решения и из-за специфики технологического процесса изготовления, усталостные дефекты появляются значительно чаще. Сварка металлоконструкций подъемно-транспортных устройств является основным технологическим процессом при изготовлении соединений. Поэтому основное внимание уделяется сварным соединениям [1].

Появление трещин в металлоконструкции вызывается рядом факторов:

- неудачной конструктивной формой элемента, вызывающей концентрацию напряжений;
- действием переменных напряжений;
- остаточными напряжениями от сварки;
- дефектами металла;
- дефектами монтажа и т. п.

В основном трещины предшествуют более серьезным дефектам металлоконструкций, являясь в некоторых случаях причиной разрушения кранов. Своевременное обнаружение и ликвидация трещин значительно уменьшают объем ремонта и являются гарантией безаварийной работы крана [2].

Трещины верхнего пояса в местах установки подтележечного рельса носят усталостный характер. Вызваны они многократным действием в поясе местных изгибных напряжений от катковой нагрузки. Вследствие перераспределения давлений на колеса тележки местные напряжения в поясе превосходят расчетные в 1,5–1,8 раза, достигая  $600\text{--}700\text{ кг/см}^2$  в продольном направлении и  $1200\text{ кг/см}^2$  – поперечном. Повышению местных напряжений способствуют стыки рельсов, которые устраивают не над диафрагмами в нарушение технических требований; неплотности и зазоры между поясом и диафрагмами. Зазоры не позволяют осуществить качественную приварку диафрагм к поясу. Сварные швы быстро разрушаются, создавая условия распространения трещины в основной металл пояса. Местные напряжения меняются в зависимости от положения катка тележки. Для кранов тяжелого режима работы число изменений циклов напряжений может достигать 500 тыс. в год. Указанные дефекты создают повышенную концентрацию и значительно снижают предел усталости [3].

При действии переменных нагрузок следует отдельно рассматривать прочность швов и прочность прилегающего к ним основного металла. В большинстве случаев в стыковых соединениях разрушение наступает в зонах термического влияния. Это объясняется наличием в них концентраторов напряжений от швов с необработанной поверхностью, а также разупрочнений легированных или закаленных сталей в результате теплового действия сварочной дуги [4].

Целью данной статьи является анализ работы перегружателя и анализ причин и мест возникновения усталостных трещин в металлоконструкциях перегружателя.

На аглофабрике «ММК им. Ильича» г. Мариуполя был произведен ремонт металлоконструкций главных балок РГП-1 в 2010 г. И РГП-2 – в 2011 г. Были заменены участки верхнего пояса и участки стенок главных балок по причине появления трещин в верхнем поясе подрельсовой зоны и в стенках главных балок. Ниже приведен общий вид перегружателя (рис. 1, а) и главной балки (рис. 1, б).



а



б

Рис. 1. Общий вид перегружателя (а) и главной балки (б)

Причины возникновения трещин:

1. Износ толщины верхнего пояса под подошвой рельса.

Поясные швы в верхней зоне в результате локального действия сосредоточенных сил  $P$  испытывают значительные усилия. Величина износа участка верхнего пояса под подошвой рельса достигает 3–5 мм. При наезде колеса на рельс происходит силовое замыкание местной нагрузки от колеса на рельс, на уменьшенную толщину подрельсовой зоны и на тавровый сварной шов (рис. 2).

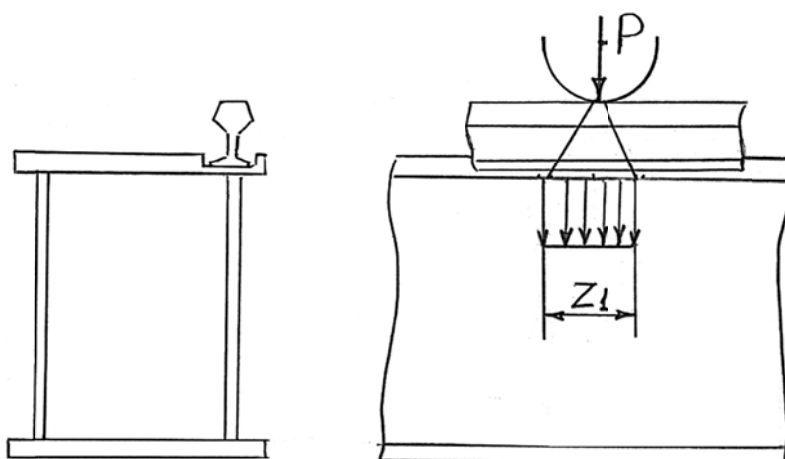


Рис. 2. Длина распределения местного давления с изношенной подрельсовой зоной

Величина износа подрельсовой зоны верхнего пояса дает отрицательные последствия в виде увеличенного напряженного состояния подрельсовой зоны по сравнению с напряженным состоянием неизношенной подрельсовой зоны (рис. 3).

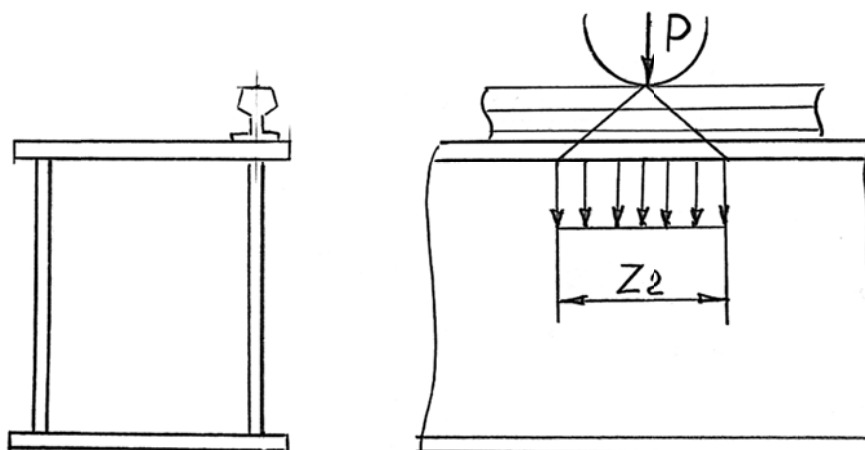


Рис. 3. Длина распределения местного давления с неизношенной подрельсовой зоной

При этом длина  $Z_2$  распределения местного давления при неизменной толщине подрельсовой зоны будет больше по сравнению с длиной  $Z_1$  распределения местного давления на изношенную подрельсовую зону [1]. Это связано с тем, что при этом происходит рациональное силовое замыкание местных нагрузок

2. Пересечение сварных швов верхнего пояса главных балок со сварным швом, соединяющим верхний пояс со стенкой (рис. 4).

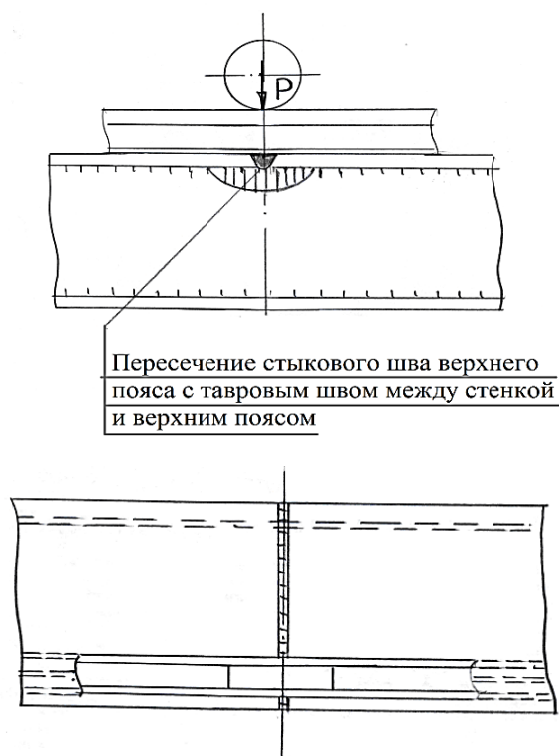


Рис. 4. Пересечение сварных швов

При этом в тавровом сварном шве наблюдается трехосное напряженное состояние. Это усугубляется еще тем, что свариваются листы больших толщин (16–25 мм). Остаточные сварочные напряжения в поперечном сварном шве являются концентраторами напряжения при наезде колеса тележки на точку поперечного сварного шва [3].

Также в этой зоне могут возникать усталостные трещины от циклической нагрузки в точке контакта:

- колесо тележки;
- рельс;
- поперечный сварной шов;
- тавровый сварной шов.

В результате появляются трещины в тавровом шве с переходом на подрельсовую зону верхнего пояса главной балки.

### 3. Отсутствие ребер жесткости в монтажных стыках стенок главных балок.

В монтажных стыках РПГ-1 и РПГ-2 отсутствуют ребра жесткости по стенкам главных балок. В результате этого гибкость стенок в этих отсеках больше, чем в остальных отсеках. Это также является причиной возникновения трещин в тавровых сварных швах между верхним поясом и стенкой главной балки. Трещины из таврового сварного шва переходят в верхний пояс подрельсовой зоны.

### 4. Зазоры между подошвой рельса и верхним поясом.

В момент наезда колеса тележки на подтележечный рельс происходит циклическое нагружение в контакте:

- колесо;
- рельс;
- тавровый сварной шов;
- верхний торец стенки.

В этой зоне могут возникать усталостные трещины (рис. 5).

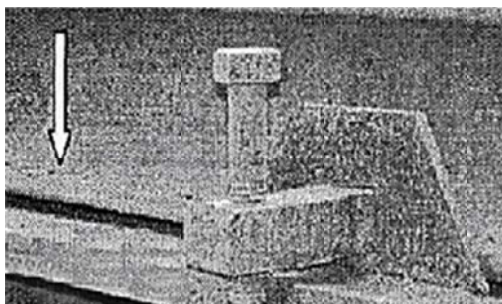


Рис. 5. Зазоры между подошвой рельса и верхним поясом

### 5. Смещение подтележечных рельсов относительно оси стенки.

Смещение подтележечных рельсов относительно оси стенки вместо рационального силового замыкания местной нагрузки приводит к увеличению напряженного состояния таврового сварного шва, в сторону которого был смещен рельс (рис. 6).

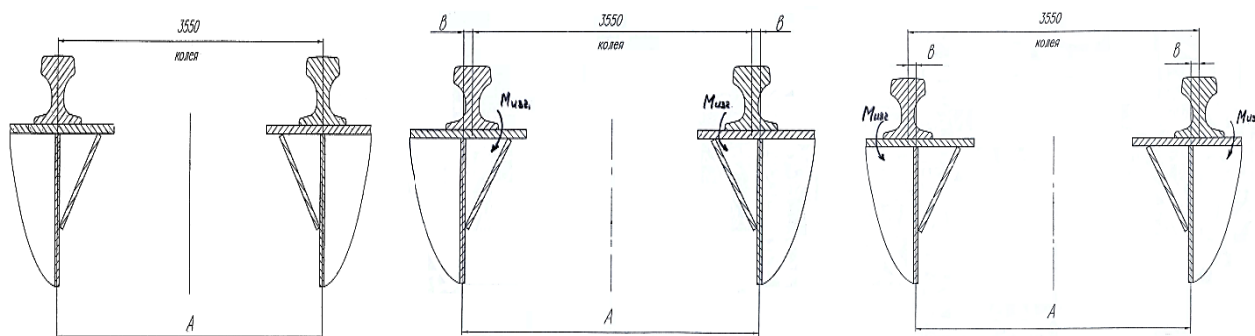


Рис. 6. Смещение подтележечных рельсов относительно оси стенки

Изгибающий момент ( $M_{изг.}$ ) действует на одну сторону сварного таврового шва. Это приводит к смятию верхнего торца стенки балки и появлению усталостных трещин в подрельсовой зоне верхнего пояса балки.

6. Наличие боковых горизонтальных нагрузок в контакте рельс-колесо.

Причиной появления усталостных трещин могут быть проявления боковых горизонтальных нагрузок в точке контакта подтележечное колесо-рельс. Эта боковая сила может быть направлена как в сторону оси главной балки, так и в противоположную сторону, в зависимости от перекаса подтележечного колеса. Появление боковых сил является результатом смещения подтележечных рельсов относительно осей стенок в результате ослабления крепления рельсов, а также перекаса подтележечного колеса (рис. 7).

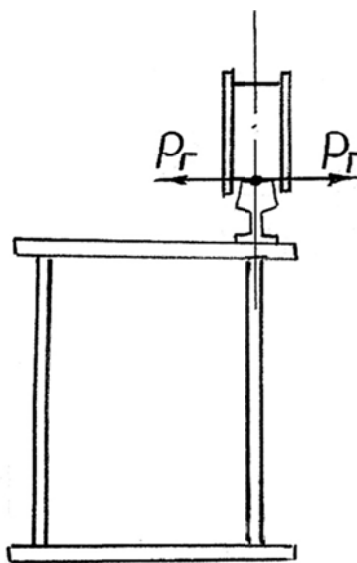


Рис. 7. Боковые горизонтальные нагрузки

## ВЫВОДЫ

В июле 2013 г. было произведено обследование металлоконструкций РГП-1 и РГП-2 на аглофабрике «ММК им. Ильича» г. Мариуполя после ремонта. Особое внимание было уделено местам ремонта главных балок на предмет трещин и деформаций и сравнению состояния отремонтированных участков и участков, которым не требовался ремонт.

За период, прошедший после ремонта, в зоне ремонта трещин не обнаружено. Ответственные швы проверялись УЗД.

Используя выбранную технологию ремонта и последовательность приварки секторов верхнего пояса и стенок главных балок, металлоконструкция перегружателей работает в паспортном режиме.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лихтарников Я. М. Расчет стальных конструкций : справочное пособие / Я. М. Лихтарников, В. М. Клыков, Д. В. Ладыжский. – 2-е изд., перераб. и доп. – Киев : Будівельник, 1984. – 352 с.
2. Васильев А. А. Металлические конструкции : учебное пособие для техникумов / А. А. Васильев. – М. : Стройиздат, 1968. – 394 с.
3. Концевой Е. М. Ремонт крановых металлоконструкций / Е. М. Концевой, Б. М. Розенштейн. – М. : Машиностроение, 1979. – 92-93, 150, 167–172 с.
4. Николаев А. С. Сварные конструкции. Расчет и проектирование : учебник для вузов / А. С. Николаев, В. А. Винокуров ; под ред. Г. А. Николаева. – М. : Высшая школа, 1990. – 137 с.