

УДК 621.874

Лубенец С. В.

### ПРИЧИНЫ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ДЕФЕКТОВ КОНЦЕВЫХ БАЛОК МОСТОВЫХ КРАНОВ

Анализ результатов обследования большого числа конструкций мостовых кранов [1] позволил установить количественные и временные зависимости возникновения дефектов в наиболее нагруженных элементах. Количество дефектов по месту возникновения в сплошностенчатых (коробчатого сечения) конструкциях приведены в табл. 1.

Таблица 1

Количество дефектов в конструкциях кранов

Наименование элемента (узла) мостовых кранов	Главные балки	Концевые балки	Стенки главной балки	Главная и вспомогательная фермы
Срок эксплуатации до появления дефектов, годы				
0–5	1	8	1	2
5–10	14	43	10	4
10–15	23	27	3	3
15–20	14	24	10	5
20–25	6	21	–	11
Более 25	2	14	–	26

Наибольшее число дефектов приходится на концевые балки (62 %) в местах крепления угловых бус. Преимущественно повреждения проявляются после пяти лет эксплуатации, достигая максимального числа к десяти годам эксплуатации. Затем число дефектов уменьшается. Однако число дефектов составляет 51 % от общего числа дефектов в концевых балках за период эксплуатации от 5 до 15 лет. Характерным является повторное возникновение дефектов после их ремонта (перекрытие трещин накладками или заварка их). Кроме того, разрушение концевой балки в месте крепления одной бусы влечет за собой повреждения в остальных. Практически ремонт балок превращается в непрерывный процесс.

Основными дефектами концевых балок являются многочисленные трещины, появляющиеся в местах крепления угловых бус. Образование трещин в зависимости от модификации конструкции строго локализовано определенными очагами. На рис. 1 принадлежность трещины определенному очагу обозначена арабской цифрой.

Первый очаг – сварной шов соединения вертикальной стенки с нижним поясом (пластиком) в зоне изменения высоты поперечного сечения балки. Трещины возникают в криволинейной части перехода от меньшего сечения к большему. Очень часто трещины со сварного шва распространяются на основной металл.

Второй очаг – входящие углы вырезов. В вертикальных стенках такого рода очагом являются вырезы под болтовые соединения бус (рис. 1). Трещины 2 формируются в углах вырезов, поражая затем основной металл стенки. В концевых балках (рис. 2, б) трещины начинаются от входящего угла выреза и распространяются на сварной шов крепления усиливающей коробки. Трещины 2 также являются очагом разрушения шва в криволинейной части балки. На некоторых кранах малой грузоподъемности (5–10 т) вырез в нижней части балки окантовывают кольцом (рис. 2, а).

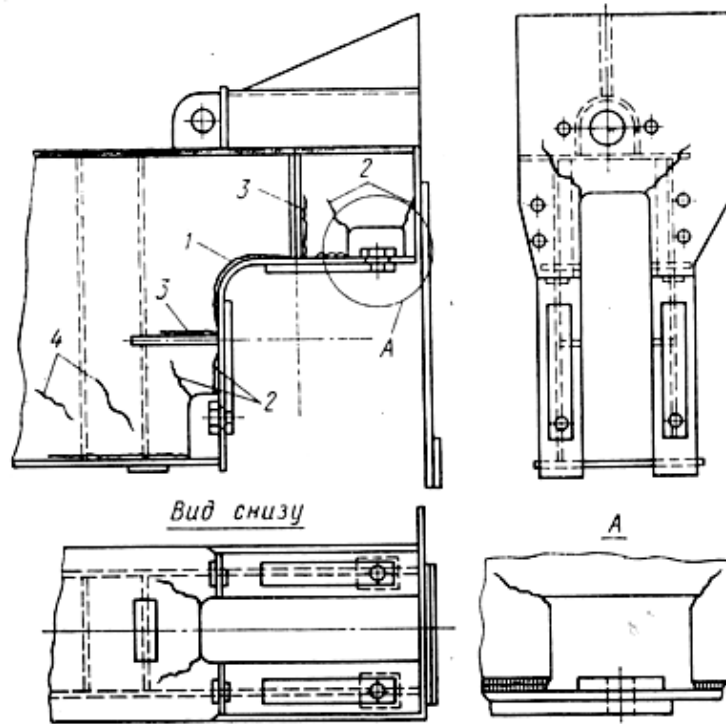


Рис. 1. Очаги разрушений концевых балок различных модификаций

В этих вырезах происходит разрушение кольца по основному металлу или возникают трещины в сварных швах соединения кольца с нижним поясом и вертикальной частью его (рис. 2, а). В углах вырезов нижнего пояса и торцевого листа балки (см. рис. 1) также возникают трещины.

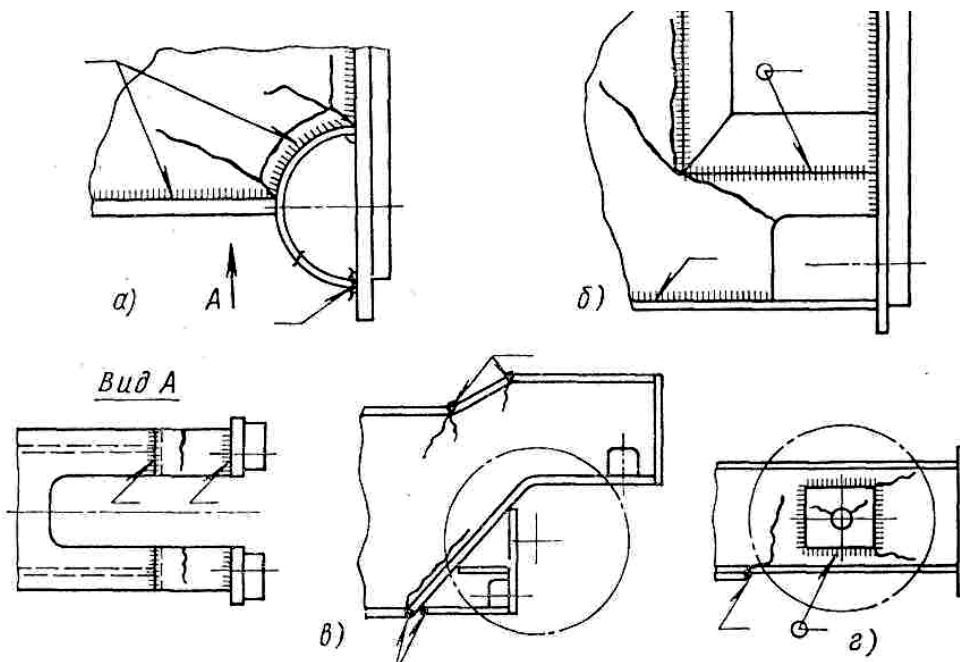


Рис. 2. Разрушение концевых балок различных модификаций:

а – разрушение подкрепления нижнего выреза под болтовое крепление;  
 б – распространение трещины на подкрепляющий элемент; в – очаги разрушений балок;  
 г – очаги трещин в балке с постоянным сечением

Третий очаг – ребра жесткости, подкрепляющие стенку. Разрушение начинается с образования трещины 3 обычно в местах приварки кромки ребра к поясу. Затем трещина распространяется на сварной шов соединения стенки с поясом и на основной металл. В большинстве случаев ребра жесткости являются очагами начала разрушения балки.

Четвертый очаг – трещины 4 в основном металле вертикальной стенки. Трещины возникают в стенке на расстоянии 100–150 мм от вертикального пояса в местах установки диафрагм. В балках модификации II наиболее подверженными разрушению являются углы перехода (рис. 2, в), где имеются стыковые швы.

Целью работы являются исследования причин возникновения дефектов и повреждений в металлоконструкциях концевых балок мостовых кранов, изучение влияния открытого контура поперечного сечения концевой балки в местах крепления букс, который является недостаточно жестким для восприятия значительных крутящих нагрузок, а также разработка методов повышения сопротивления усталости конструкции мостовых кранов.

Дефекты в концевых балках с постоянной высотой сечения сводятся к возникновению трещин в местах приварки накладок на боковых стенках или по нижнему поясу (рис. 2, г).

В статье [2] высказано мнение о том, что в сварных конструкциях различного назначения, отвечающих требованиям ныне действующих норм проектирования и изготовления, усталостные трещины могут появиться даже на ранней стадии работы. Следовательно, имеются дополнительные негативные факторы, снижающие сопротивление усталости сварных конструкций, которые не учитываются ныне действующими методиками и нормами проектирования. Место зарождения и конфигурация основной массы усталостных трещин свидетельствуют о том, что они образуются от действия нагрузок, вызываемых, главным образом, силовым взаимодействием колес крана с рельсами при его движении вдоль путей.

Повреждения сварных мостов, как правило, происходят при интенсивном износе колесных реборд, вызываемом действием поперечных сил в контакте колесо-рельс при движении кранов, имеющих монтажный перекося ходовых колес в горизонтальной плоскости. Горизонтальные усилия реализуются в буксовых частях концевых балок в виде крутящего момента, равного произведению боковой силы на радиус колеса и силы, обусловленной перекосям. Сила перекося, а, следовательно, крутящий момент в процессе движения крана меняются, поэтому воздействие поперечных сил приводит к появлению в узле знакопеременных напряжений [3], частота которых зависит от числа включений механизма передвижения крана.

Концевые балки в местах крепления букс имеют в поперечном сечении открытый контур, который является недостаточно жестким для восприятия значительных крутящих нагрузок.

Крутильная жесткость открытого профиля сечения по сравнению с закрытым профилем (коробкой) меньше в сотни раз. По данным исследований [3], при движении крана нормальные напряжения изменяются от 230 до 360 кгс/см<sup>2</sup>, т. е. надбуксовое сечение балки испытывает дополнительные нормальные напряжения кручения.

В надбуксовой части балка имеет резкое изменение высоты сечения, что не является удачным конструктивным решением ввиду наличия значительных давлений на колесо крана от веса и динамических нагрузок.

Резкий переход от одной высоты балки к другой ведет к неравномерному распределению напряжений и повышению их на небольшом участке.

Для иллюстрации напряженного состояния концевой балки в местах резкого изменения высоты сечения на рис. 3 показаны картины полос, полученные методом фотоупругости. Каждая полоса является геометрическим местом точек, имеющих равнозначные наибольшие касательные напряжения. Порядковый номер (порядок) полосы прямо пропорционален касательным напряжениям. Условия прочности конструкции зависят от этих напряжений. Порядок полос в месте выреза составляет 10–13, а у верхнего пояса (непрерывная часть балки) 4–6.

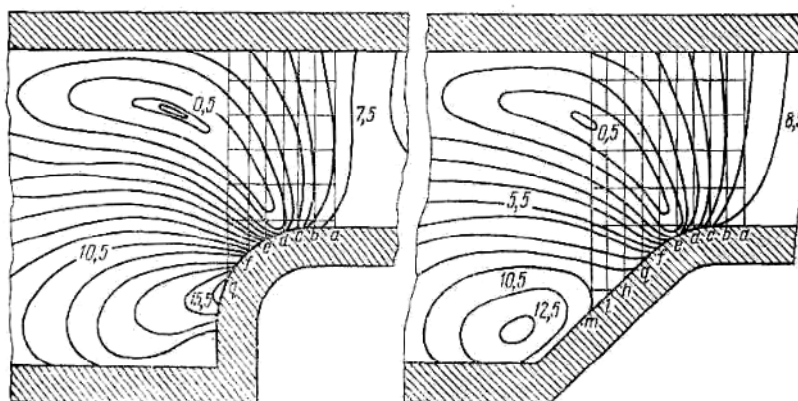


Рис. 3. Линии максимальных касательных напряжений в местах резкого изменения высоты сечения концевой балки

### ВЫВОДЫ

Методы повышения сопротивления усталости сварных соединений и конструкций кранов можно разделить на три принципиально отличные группы: повышение сопротивления усталости местной обработкой сварных швов, рациональное конструктивное оформление сварных узлов и рациональное схемно-конструктивное решение крановых мостов в целом.

Первая группа методов. Подробно рассмотрена в работах [2, 4] и широко применяется в настоящее время для повышения сопротивления усталости сварных соединений. Она основана на уменьшении концентрации напряжений в местах перехода металла шва к основному металлу, где чаще всего зарождаются усталостные трещины, либо на искусственном наведении остаточных напряжений сжатия в поверхностных слоях металла шва и околошовной зоны.

Вторая группа методов. Основа методов – рациональное конструктивное оформление сварных узлов, входящих в мост крана. Позволяет обеспечить равномерную передачу силового потока в элементах конструкции моста, входящих и узел, т. е. устранить концентрацию напряжений конструктивным путем в пределах сварного узла и примыкающих к нему элементах, уменьшить влияние остаточных напряжений на сопротивление усталости сварных швов и узла в целом, устранить деформационное старение стали в сварных соединениях. Рациональность и достаточность применения их в конструкции при создании машин зависит от квалификации проектировщика, т. е. инженера-специалиста по подъемно-транспортной технике, который должен иметь соответствующую подготовку.

Третья группа включает методы устранения факторов, вызывающих усталостные повреждения сварного моста при его движении вдоль пролета, которые основаны на совершенствовании схемно-компоновочного решения моста и крана в целом с целью устранить или существенно уменьшить размах сил реакций в контактах колесо-рельс, т. е. устранить изменение усилий и напряжений в конструкции моста при движении крана по путям, имеющим отклонения от проектных размеров, а также возможность появления вибрации.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Концевой Е. М. Местная устойчивость вертикальных стенок с круглыми неподкрепленными отверстиями / Е. М. Концевой. – Труды ВНИИПТмаш. – 1975. – № 6. – С. 153–159.
2. Труфяков В. И. Повышение сопротивления усталости сварных соединений и конструкций / В. И. Труфяков // Автомат. сварка. – 1998. – № 11. – С. 11–19.
3. Крейчи Э. Ф. Некоторые вопросы работы концевых балок крановых мостов / Э. Ф. Крейчи // Труды ВНИИПТмаш. – 1969. – Вып. 3 (90).
4. Прочность сварных соединений при переменных нагрузках / Труфяков В. И., Дворецкий В. И., Михеев П. П. и др. – Киев : Наукова думка, 1990. – 254 с.