

О ВОЗМОЖНОСТЯХ РАСШИРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО ДИАПАЗОНА ЭКСПЛУАТАЦИИ КРАНОВ

Таймырский полуостров, на котором расположен порт "Дудинка" и Норильский металлургический комбинат, относится к наиболее суровой климатической зоне России. Средняя продолжительность периода с отрицательными температурами составляет 286 дней, из них с температурой ниже минус 40⁰С - 42 дня (это количество дней было зарегистрировано в 1974 году). В 1979 году количество дней с температурой ниже минус 45⁰С составило 16 дней.

В зимний период число отказов неспециализированного оборудования возрастает в 1,5 - 2 раза, ремонтный персонал работает в тяжелейших условиях, при температурах ниже минус 30 - 40⁰С резко снижается производительность труда.

Грузоподъемные краны, включая технологические, не приспособленные к низким температурам, в прежние годы простаивали от 40 до 60 дней (температура ниже минус 40⁰С).

Необходимо отметить, что, по действующему на Норильском металлургическом комбинате положению, при температурах воздуха ниже минус 30 - 40⁰С рабочие нагрузки на краны (машины) снижают вдвое. При повышении температуры до минус 30 - 35⁰С с переходом работы техники на номинальный режим эксплуатации нагрузки резко возрастают. В этом случае, накопленные ранее повреждения (микротрещины) с повышением внешней нагрузки начинают быстро распространяться, что в результате приводит к росту трещин и последующему разрушению металлических конструкций.

Вопросы, связанные с поведением металлоконструкций в периоды времени, когда имеют место резкие перепады температуры,

всегда заслуживают специального внимания, а правильность выбора сталей для сварных металлоконструкций и конструктивное их исполнение для грузоподъемных машин, работающих в выше указанных условиях, является одним из направлений совершенствования конструкций грузоподъемных кранов.

Среди причин отказов и аварий кранов особое место занимает хрупкое разрушение. Важным обстоятельством такого разрушения является его внезапность, причем часто оно происходит при нагрузках значительно меньших номинальных. Кроме того, для хрупкого разрушения характерно отсутствие предупредительных признаков, таких как развитие пластических деформаций (например, появление остаточного прогиба) и др.

Неблагоприятные условия, способствующие хрупкому разрушению стали в конструкции, складываются из следующих факторов:

- внешние факторы - пониженная температура, увеличение скорости деформирования;
- металлургические факторы - химический состав металла, его структура, метод выплавки, загрязненность металла неметаллическими включениями;
- конструктивно-технологические факторы - масштабный эффект, концентраторы напряжения, объемность напряженного состояния, остаточные напряжения, вызванные технологией изготовления.

В ОАО "ВНИИПТМАШ" ведется сбор данных об авариях крановых конструкций вследствие хрупкого разрушения. Систематизация данных и их анализ позволяют оценить степень влияния отдельных факторов на хладноёмкость, установить конструктивные и технологические недостатки конструкций.

Большинство разрушений крановых конструкций, включая появление трещин, происходит в температурном интервале минус 20 - 30⁰С. Наибольшая степень вероятности хрупких разрушений для листовых, сплошностенчатых конструкций относится к начальному периоду эксплуатации, когда проявляется влияние грубых конструктивных дефектов в сочетании с остаточными напряжениями. В крановых сплошностенчатых конструкциях остаточные напряжения весьма значительны и образуются в процессе сборки за счет принудительного растяжения вертикальных листов изгибом всей балки. В процессе эксплуатации остаточные напряжения релаксируют. С учетом низкого коэффициента концентрации сплошностенчатых конструкций, накопление напряжений в них происходит более медленно, чем у ферменных конструкций.

Для ферменных крановых конструкций наибольшая вероятность разрушения создается уже после 7-8 летнего периода эксплуатации. Если говорить о живучести, с точки зрения склонности к хладоломкости, одной и другой конструкции, то для условий Севера наиболее подходящими являются тонкостенные сплошностенчатые конструкции.

Статистика аварий грузоподъемных кранов, происшедших при низких температурах немногочисленна, тем не менее она очень важна с точки зрения анализа влияния низких температур и учета этого влияния при создании конструкций новых и эксплуатации существующих кранов.

Рассмотренные случаи аварий кранов говорят о необходимости предъявления специальных требований к качеству сталей и свар-

ных соединений, предназначенных для эксплуатации в условиях низких температур. В связи с этим, в действующих отечественных руководящих технических материалах и других рекомендациях по применению материалов в металлоконструкциях грузоподъемных машин, применение сталей ограничивается нижней температурой эксплуатации крана. Малоуглеродистые стали рекомендуется применять при температурах до минус 20⁰С, а низколегированные стали - до минус 40⁰С. Для температур эксплуатации ниже минус 40⁰С, но не ниже минус 65⁰С применение сталей ограничивается 15 категорией в соответствии с ГОСТ 19281-73.

В качестве объектов исследований, на которых оценивалось влияние низких температур на свойства стали металлических конструкций, были выбраны порталные краны, отработавшие свой ресурс в условиях порта Дудинка (как правило, не менее 30 лет) и не имевшие серьезных повреждений в зонах несущих (расчетных) элементов металлических конструкций.

После списания кранов из их металлических конструкций были вырезаны образцы и был проведен их химический анализ и исследования ударной вязкости при отрицательных температурах. Образцы с острым надрезом испытывались при температурах 0 и -20⁰С; образцы с полукруглым надрезом - при температурах -20, -40 и -55⁰С. При статическом нагружении определялись предел текучести, временное сопротивление, относительное удлинение и относительное сужение после разрыва.

По результатам исследований сделаны следующие выводы:

- Установлено, что по основным механическим свойствам металл кранов, отработавших более 20 лет в условиях Норильского региона, сохранил свои параметры, регламентированные действующими

стандартами.

- Выявлена удовлетворительная хладостойкость малоуглеродистых сталей с толщиной до 10 мм до предельной температуры минус 40°C, для сталей марок 09Г2 и 09Г2С 12-ой категории нижним пределом температуры рабочего состояния можно считать минус 45°C. По углеродистым сталям эти утверждения относятся к сталям, изготовленным по стандартам 60-х годов (мартеновские стали). Для сталей, изготовленных в последние 15-20 лет (конверторные стали), в каждом отдельном случае следует проводить дополнительно аналогичные проверки.
- Подтверждено, что хладостойкость конструкции определяется свойствами металла, уровнем напряженного состояния, толщиной металла и типами сварных швов. Учитывая, что наиболее весомым фактором, оказывающим влияние на хладостойкость конструкции, является ее напряженное состояние, в нерабочем состоянии температура может достигать минус 50 - 55°C).
- Методика FEM по оценке хладостойкости металлоконструкций расширена применительно к сталям отечественного производства (С 1987 года Европейской ассоциацией машиностроителей (FEM) используется нормативный документ по выбору качества сталей, в котором дан подход оценки нижней предельной температуры эксплуатации грузоподъемного крана с учетом вида примененных сварных швов, напряженного состояния, толщины свариваемых элементов металлоконструкции и марки используемой стали). В таблице приведены отечественные и иностранные стали с примерно одинаковыми механическими свойствами.

Иностранные стали		Отечественные стали	
Марка	Стандарт	Марка	Стандарт
Fe 360-A	Euronorm 25	ВСт3кп	ГОСТ 380
St 37-2	DIN 17100	ВСт3кп	ГОСТ 380
St 44-2	DIN 17100	ВСт4сп3	ГОСТ 380
Fe 360-B	Euronorm 25	ВСт3сп3	ГОСТ 380
Fe 430-B	Euronorm 25	ВСт4сп3	ГОСТ 380
R St 37-2	DIN 17100	ВСт3сп3	ГОСТ 380
E 24 (A37)-2	NF A 35-501	ВСт3кп3	ГОСТ 380
40B	BS 4360-1972	ВСт3сп3	ГОСТ 380
Fe 360-D	Euronorm 25	ВСт3сп4	ГОСТ 380
Fe 510-D	Euronorm 25	17ГС	ГОСТ 19281
St 37-3 N	DIN 17100	ВСт3сп4	ГОСТ 380
St 52-3 N	DIN 17100	17ГС	ГОСТ 19281
E 24 (A37)-4	NF A 35-501	ВСт3сп4	ГОСТ 380
E 36 (A52)-4	NF A 35-501	17ГС	ГОСТ 19281
40D	BS 4360-1972	ВСт3сп4	ГОСТ 380
50D	BS 4360-1972	17ГС	ГОСТ 19281
-	-	09Г2, 09Г2С*	ГОСТ 19281

* Прямого зарубежного аналога нет. По механическим свойствам выше St 52-3 N и 50D.

*Д.И.Дувидович, А.С.Липатов
ОАО "ВНИИПТМАШ"*

(095) 351.80.21, 351.80.40