

П.В. ЧУРБАНОВ, нач. бюро КОГКО НТК ЧАО «АзовЭлектроСталь», Мариуполь

АНАЛИЗ КОРРОЗИОННОГО ПОВРЕЖДЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ НЕСУЩИХ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ ОТВАЛООБРАЗОВАТЕЛЕЙ ОШС-4000/125 ПРОИЗВОДСТВА ОАО «АЗОВМАШ»

Стаття присвячена опису методики та результатів обстеження стану металоконструкцій великогабаритних машин. У процесі експлуатації силові елементи цих машин зазнають корозійного стонювання. Це впливає на їх навантажувальну здатність. На конкретних прикладах проілюстровано вплив цього чинника на стан досліджуваної конструкції.

Стаття посвячена описанию методики и результатов обследования состояния металлоконструкций крупногабаритных машин. В процессе эксплуатации силовые элементы этих машин подвергаются коррозионному истончению. Это влияет на их нагрузочную способность. На конкретных примерах проиллюстрировано влияние этого фактора на состояние исследуемой конструкции.

The paper describes procedures and results of inspection of large machines metalwork state. During the operation power elements of these machines undergo corrosion thinning. It affects their load capacity. The influence of this factor on the state of the investigated structures is illustrated by concrete examples.

Введение. Металлические конструкции являются наиболее металлоемкой частью любого горнорудного оборудования. Замена вышедших из строя элементов металлической конструкции требует выполнения большого объема ремонтных работ и связана с длительными простоями машины. Во многих случаях выполнение таких работ оказывается экономически нецелесообразным. Поэтому одной из основных задач является ведение постоянного контроля в процессе эксплуатации за сохранением геометрических параметров металлоконструкции и, как следствие, – обеспечение ее несущей способности.

Одним из наиболее серьезных дефектов металлоконструкции является коррозионное повреждение. Коррозионное повреждение – явление разрушения поверхности в результате химического или электрохимического взаимодействия материала со средой. Коррозия приводит к снижению несущей способности конструкции за счет уменьшения сечения конструктивного элемента. Помимо этого, места коррозионного повреждения являются дополнительными концентраторами напряжений, как правило, не учитываемыми при расчете. Однако исследований влияния коррозионных воздействий на сопротивление усталости сварных узлов очень мало.

При обследовании отвалообразователя ОШС-4000/125, черт. 152.00.00.000 (ОАО УК «КРУ» «Бачатский угольный разрез», Россия) и двух отвалообразователей ОШС-4000/125, черт. 126.00.00.000 (Навоийский горно-металургический комбинат, республика Узбекистан), одной из основных задач было определение степени коррозионного повреждения основных узлов несущей металлоконструкции, расчет фактической скорости коррозии V_k (мм/год) при данных условиях эксплуатации и, как следствие, – получение данных о возможности дальнейшей эксплуата-

Таблица 1

Технические характеристики отвалообразователя ОШС-4000/125, (черт.152.00.00.000, заводской номер 1, изготовитель – ПО «Ждановтяжмаш», Украина)

Производительность, м ³ /ч	4000
Радиус отсыпки, м	125
Дата изготовления	1990 г.
Дата пуска в эксплуатацию	2011 г.
Материал основных элементов м/к	Сталь 09Г2С (ГОСТ 19282)
Климатическое исполнение	У
Категория размещения	I (ГОСТ 15150-69)
Рабочая температура:	От – 40°С до +40°С
Высота над уровнем моря	Не более 1000 м
Атмосферы	Типов 1 и 2 ГОСТ 15150-69
Место хранения и монтажа	Открытая площадка

ции машин. Целью статьи является описание методики, результатов испытаний, их анализ и обобщение. Измерение толщины стенок узлов несущих металлоконструкций отвалообразователя ОШС-4000/125. Владелец объекта контроля – ОАО УК «КРУ» «Бачатский угольный разрез», Россия. Контроль выполнен специалистом ОАО «Азовмаш», Мариуполь. Технические характеристики отвалообразователя ОШС-4000/125, черт.152.00.00.000 приведены в табл. 1.

Технические требования к замеру толщин стенок узлов несущих металлоконструкций отвалообразователя ОШС-4000/125, черт. 152.00.00.000. Измерение толщин стенок металла основных расчетных элементов металлоконструкции выполнено в соответствии с НПАОП 0.00-8.18-04 «Порядок проведения освидетельствования, испытания и экспертного обследования (технического диагностирования) машин, механизмов, оборудования повышенной опасности» [1-3].

Для измерения толщины металла применялся ультразвуковой толщиномер УТ-98Т «СКАТ», погрешность измерения не более $\pm 0,1$ мм. Места измерений зачищены механическим инструментом до чистоты $R_a 12,5$ ($R_z 80$). По указанным узлам (табл. 2, 3) выполнено более 150 замеров в 42 подготовленных точках (не менее 3-х в одном месте). Контролируются только элементы металлоконструкции системы консолей, а именно: жесткие горизонтальные тяги; основание пилона; отвальная консоль, основные балки; отвальная консоль, поперечные балки (рис.1).

Измерение толщины стенок и поясов узлов несущих металлоконструкций отвалообразователя ОШС-4000/125, №1 и №2, черт. 126.00.00.000. Владелец объекта контроля – Навоийский горно-металургический комбинат, ЦРУ, Республика Узбекистан. Контроль выполнялся бригадой специалистов ОАО «Азовмаш», г. Мариуполь, Украина. Технические характеристики отвалообразователя ОШС-4000/125, черт.126.00.00.000 приведены в табл. 4.

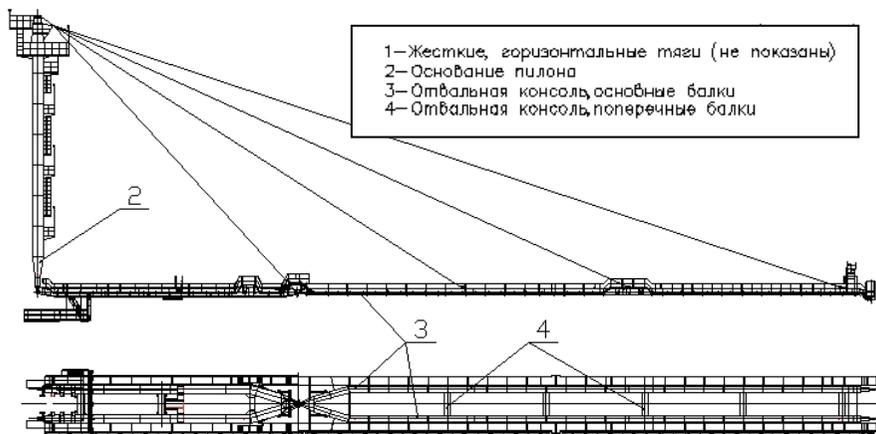


Рис. 1. Схема взаимного расположения силовых металлоконструкций отвалообразователей ОПС-4000/125, изд. 152

Данные по замеру толщин металлоконструкции системы консолей отвалообразователя ОПС-4000/125, черт. 152.00.00.000

Таблица 2

№	Элемент конструкции, узел	Проектная величина толщины, мм	Замер, мм, min	Тип металлоконструкции
1.	Жесткие горизонтальные тяги	8	7.8	Трубчато-балочная
2.	Основание пилона	16	15.6	Трубчато-балочная
3.	Отвальная консоль, основные балки	8	7.3	Трубчато-балочная
4.	Отвальная консоль, поперечные балки	8	6.8	Трубчато-балочная

Среднее значение скорости коррозии элементов металлоконструкции системы консолей отвалообразователя ОПС-4000/125, черт. 152.00.00.000.

Таблица 3

№	Узел металлоконструкции	Среднее значение скорости коррозии V_k , мм/год
1.	М/к жестких горизонтальных тяг	0.01
2.	М/к основания пилона	0.02
3.	М/к отвальной консоли	0.05

Таблица 4
Технические характеристики отвалообразователя ОПС-4000/125, (черт.126.00.00.000, заводской номер №1, №2, изготовитель – ПО «Ждановтяжмаш», Украина)

Показатели	№1	№2
Производительность, м ³ /ч	4000	
Радиус отсыпки, м	125	
Дата изготовления	1982 г.	1984 г.
Дата пуска в эксплуатацию	1984 г.	1985 г.
Материал основных элементов м/к	Сталь 09Г2С (ГОСТ 19282)	
Климатическое исполнение	У	
Рабочая температура	От – 40°С до +40°С	
Место хранения, монтажа и эксплуатации	Открытая площадка	

Технические требования к замеру толщин стенок и поясов узлов несущих металлоконструкций отвалообразователя ОПС-4000/125, №1 и №2, черт. 126.00.00.000. Измерение толщин стенок металла основных расчетных элементов металлоконструкции выполнено в соответствии с НПА ОП 0.00-8.18-04 «Порядок проведения освидетельствования, испытания и экспертного обследования (технического диагностирования) машин, механизмов, оборудования повышенной опасности» и «Программой экспертного обследования технического состояния металлоконструкций отвалообразователя ОПС-4000/125 (126.00.00.000)» [1-9].

Для измерения толщины металла применялись ультразвуковые толщиномеры по ГОСТ 25863 типа А 1208 зав. № 102094, А 1209 зав. № 198092 с погрешностью измерения не более $\pm 0,1$ мм, либо УТ-93П, зав. № 0303, погрешность измерения не более $\pm 0,1$ мм.

Места измерений зачищены механическим инструментом до чистоты Ra 12,5 (Rz 80). По указанным узлам (табл. 5-7) в процессе каждого обследования выполнено более 1900 замеров в подготовленных точках (не менее 7-ми в одном месте). Контролируются все основные узлы несущей металлоконструкции отвалообразователей (рис. 2).

Данные по замеру толщин металлоконструкции отвалообразователя ОПС-4000/125, черт 126.00.00.000, №1

Таблица 5

№	Элемент конструкции, узел	Проектная величина толщины, мм	Замер, мм, min			Тип металлоконструкции
			2001 г.	2007 г.	2011 г.	
1.	Опорный узел. Балка левая	16	15.9	15.5	15.4	Коробчато-балочная
		20	19.2	18.5	18.9	
		30	29.9	29.2	29.2	

Продолжение табл. 5

№	Элемент конструкции, узел	Проектная величина толщины, мм	Замер, мм, min			Тип металлоконструкции
			2001 г.	2007 г.	2011 г.	
2.	Опорный узел. Балка правая.	16	15.9	15.4	15.4	Коробчато-балочная
		20	18.5	17.6	19.2	
		30	29.9	29.2	29.5	
3.	Опоры	12	11.8	11.3	11.2	Коробчато-балочная
		34	35	33.5	33.7	
4.	База	16	15.8	15.1	15.1	Коробчато-балочная
		20	20.3	19.5	19.5	
5.	Надстройка	16	16	15.3	15.3	Коробчато-балочная
		20	-	19.3	19.3	
6.	Платформа поворотная	16	16.2	15.5	15.5	Коробчато-балочная
		20	20.3	18.1	18.1	
		24	24.6	23	-	
7.	Рама ходовая	20	20	19.8	19.7	Коробчато-балочная
		30	29.9	30.8	-	
		34	-	33.6	33.6	
8.	Балка балансирная	20	20	19.4	-	Коробчато-балочная
		30	30.8	29.3	-	
9.	Основание пилона	16	-	16.1	15.9	Ферма
		20	-	18.8	18.8	
		24	23.3	22.6	22.5	
10.	Приемная консоль	12	-	11.1	11.1	Ферма
		16	-	14.3	14.3	
		20	-	19.5	19.4	
		24	23.5	-	-	
		Тр. δ 8	-	6.6	6.6	
		Тр. δ 12	-	10.5	10.5	
11.	Отвальная консоль	10	-	10.1	9.9	Ферма
		12	11.6	11.5	11.5	
		14	14.1	13.6	13.5	
		16	15.9	15.2	15.2	
		20	20.2	19.8	19.7	
		24	24.5	24.1	23.7	

Атмосферные показатели, влияющие на скорость коррозии, включают влажность, температуру, дождь, ветер, примеси и период смачивания металла. Дополнительно к атмосферным условиям, период смачивания поверхности металла оказывает воздействие в зависимости от размещения и расположения поверхности в конструкции. Коррозия происходит тогда, когда относительная влажность воздуха составляет 70 ... 80 %. Период смачивания

представляет собой определенный период, в течение которого возможны реакции коррозии. В большинстве случаев температура воздуха выше нуля, а относительная влажность – более 80%. Поскольку примеси в воздухе остаются сухими, то они обычно безвредны с точки зрения протекания реакций коррозии, но как только такие примеси растворятся, например, в конденсате, то они начинают ускорять реакции коррозии. Пыль и грязь, которые оседают на поверхности металла, ускоряют и централизуют атмосферную коррозию.

Таблица 6

Данные по замеру толщин металлоконструкции отвалообразователя ОШС-4000/125, черт 126.00.00.000, №2

№	Элемент конструкции, узел	Проектная величина толщины, мм	Замер, мм, min			Тип металлоконструкции
			2001 г.	2007 г.	2011 г.	
1.	Опорный узел. Балка левая.	16	15.9	15,5	15.4	Коробчато-балочная
		20	19.5	19,6	19.5	
		30	29.9	29,7	29.5	
2.	Опорный узел. Балка правая.	16	15.8	15,7	15.8	Коробчато-балочная
		20	18.5	19,3	19.4	
		30	29.9	29,6	29.4	
3.	Опоры	12	11.9	11,7	11.5	Коробчато-балочная
		34	33.2	32,7	33.8	
4.	База	16	15.3	14,9	15.3	Коробчато-балочная
		20	19.9	19,7	19.5	
5.	Надстройка	16	15.3	15,7	15.5	Коробчато-балочная
		20	-	19,9	19.9	
6.	Платформа поворотная	16	15.1	15,7	15.4	Коробчато-балочная
		20	19.9	19,6	19.4	
		24	-	23	-	
7.	Рама ходовая	20	19.7	19,8	19.8	Коробчато-балочная
		30	30.1	-	-	
		34	33.3	-	33.7	
		36	-	35,9	35.8	
8.	Балка балансирная	20	20	20	-	Коробчато-балочная
		30	29.9	30	-	
9.	Основание пилона	16	-	15,8	15.9	Ферма
		20	-	-	19	
		24	23.4	23,5	23.5	
10.	Приемная консоль	12	-	11,6	11.3	Ферма
		16	-	15,8	15.5	
		20	-	19,7	19.7	
		24	23.5	-	-	
		Тр. δ 8	-	-	7.5	
		Тр. δ 12	-	-	11.5	
Тр. δ 14	-	13,5	-	-		

№	Элемент конструкции, узел	Проектная величина толщины, мм	Замер, мм, min			Тип металлоконструкции
			2001 г.	2007 г.	2011 г.	
11	Отвальная консоль	10	-	9,7	9,9	Ферма
		12	11,3	11,7	11,5	
		14	14	13,9	13,9	
		16	15,7	15,5	15,5	
		20	19,8	19,9	19,9	
		24	24	23,9	23,8	

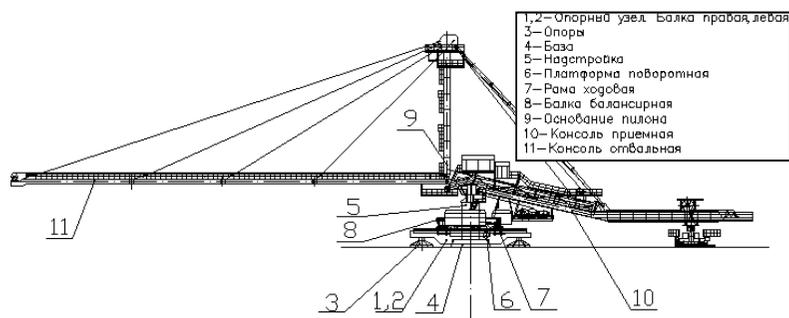


Рис. 2. Схема взаимного расположения силовых металлоконструкций отвалообразователя ОПС-4000/125, изд. 126

Таблица 7

Среднее значение скорости коррозии элементов металлоконструкции отвалообразователя ОПС-4000/125, черт. 126.00.00.000, №1 и №2

№	Узел металлоконструкции		Среднее значение скорости коррозии V_k , мм/год	
			зав. №1	зав. №2
1.	Металлоконструкция опорно-ходовой части		0.06	0.02
2.1	Металлоконструкция системы консолей	открытое сечение	0.05	0.02
2.2		закрытое сечение	0.05	0.02

Существует несколько классификаций разделения атмосферной среды на основные типы по их коррозионной активности (табл. 8), а также классификации мест эксплуатации в зависимости от скорости протекания коррозионного процесса с учетом химического состава атмосферы и процентного содержания влажности (табл. 9).

Содержание в атмосфере на открытом воздухе коррозионно-активных агентов

Типы атмосферы		Содержание коррозионных агентов
Обозначение	Наименование	
I	Условно чистая	$SO_2 < 0,025$ мг/м ³ , хлориды меньше 0,3 мг/м ³ в сутки
II	Промышленная	SO_2 от 0,025 до 0,31 мг/м ³ , хлориды меньше 0,3 мг/м ³ в сутки
III	Морская	$SO_2 < 0,025$ мг/м ³ , хлориды от 30 до 300 мг/м ³ в сутки
IV	Приморско – промышленная	SO_2 от 0,025 до 0,31 мг/м ³ , хлориды от 0,3 до 30 мг/м ³ в сутки

Таблица 9

Классификация мест эксплуатации по степени агрессивности атмосфер

Категория	Виды и количество газов в атмосфере	Относительная влажность, %	Расчетная скорость коррозии, мм/год
A	Неагрессивная или слабоагрессивная среда, содержащая SO_2 в количестве менее 0,01 мг/л	Менее 45	0,03-0,05 (0,04)
B	Агрессивная среда с более значительным содержанием SO_2 – от 0,01 до 0,015 мг/л	45-60	0,05-0,08 (0,065)
B	Агрессивная среда с содержанием SO_2 и H_2S - от 0,015 до 0,025 мг/л	Более 60	0,08-0,12 (0,1)
Г	Сильно агрессивная среда с содержанием SO_2 более 0,025 мг/л	Более 60	>0.15

Полученные данные свидетельствуют, что скорость коррозии напрямую зависит:

- от типа и сечения узлов металлоконструкции, наибольшая величина коррозии выявлена в металлоконструкциях трубчато – балочного сечения, закрытого типа. При рассмотрении балок в сечении величина коррозии возрастает по мере приближения к нижней стенке (поясу) балок;
- от наличия «карманов» в узлах сочленения металлоконструкций и, как следствие, скапливания в них грунта, что значительно сопутствует процессу коррозии. В процессе эксплуатации необходимо составить схему данных мест и регулярно, по мере скапливания, производить их очистку и восстановление при необходимости лакокрасочного покрытия. Действенность

данной меры отчетливо видна на примере машин черт. 126.00.00.000 №1 и №2, карьер Мурунтау, р. Узбекистан;

- от наличия дренажных отверстий в металлоконструкции (примером может служить постоянное скопление влаги в отеках базы отвалообразователей);

- от технологических особенностей условий работы машины: так, руда, транспортируемая отвалообразователем черт. 126.00.00.000, № 1, проходит постоянное смачивание в целях уменьшения запыленности;

- от качества изготовления металлоконструкций.

Иллюстрации состояния исследуемых металлоконструкций приведены на рис. 3-7.

Величина коррозионного повреждения несущей металлоконструкции отвалообразователей ОШС-4000/125, черт. 126.00.00.000, №1 и №2 и ОШС-4000/125, черт. 152.00.00.000, с учетом условий эксплуатации – слабоагрессивная среда, категория А (табл. 9) и скорости коррозии, полученной экспериментальным путем, допускает их дальнейшую эксплуатацию с проведением регулярных осмотров не реже одного раза в неделю, и планового инструментального обследования через 4 года.

Заключение. Методика и результаты проведенных исследований коррозионного утонения элементов отвалообразователей ОШС-4000/125 конструкции и производства ОАО «Азовмаш» являются частью комплекса расчетно-экспериментальных исследований машин данного типа. При этом они являются базой экспериментальных данных, служащих в качестве опорных для последующего расчетного определения несущей способности и остаточного ресурса силовых элементов высоконагруженных машин, подверженных действию коррозионного износа.



Рис. 3. Отвальная консоль, пилон и жесткие горизонтальные тяги (ОШС черт.152.00.00.000)



Рис. 4. Узлы сочленения фермы (карманы). Приемная консоль (ОШС черт. 126.00.00.000)



Рис. 5. Вода в полостях базы (ОШС черт. 126.00.00.000)



Рис. 6. Налипание грунта на металлоконструкции в связи с постоянным смачиванием (ОШС черт. 126.00.00.000)



Рис. 7. Замеры толщины по балкам ходовым, зачищено место на участке механического сужения в связи с воздействием ролика и на свободном участке (ОШС черт. 126.00.00.000)

вентности Центрального рудоуправления Навоийского горно-металлургического комбината, Мариуполь 2007 г. 7. *ОТЧЕТ* № 470-07/3-10 Исследование технического состояния металлоконструкции отвалообразователя ОШС-4000/125 зав. №2 собственности Центрального рудоуправления Навоийского горно-металлургического комбината, Мариуполь 2007 г. 8. *ОТЧЕТ* №1 Экспертно-техническое обследование (диагностирование) отвалообразователя ОШС-4000/125 зав. №1, Мариуполь 2011 г. 9. *ОТЧЕТ* №2 Экспертно-техническое обследование (диагностирование) отвалообразователя ОШС-4000/125 зав. №2, Мариуполь 2011 г.

Поступила в редколлегию 20.09.11

Список литературы: 1. *Соколов С.А.* Металлические конструкции подъемно-транспортных машин. – Санкт-Петербург: Изд-во «Политехника», 2005. – 422 с. 2. *Розенфельд И.Л.* Коррозия и защита металлов. – М.: Металлургия», 1970. – 447 с. 3. *ГОСТ 15150-69* Машины приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Категория эксплуатации, хранения и транспортировки в части воздействия климатических факторов внешней среды. Государственный комитет СССР по стандартам. Москва 1989 – 55 с. 4. *ОТЧЕТ* №1 Экспертно-техническое обследование (диагностирование) отвалообразователя ОШС-4000/125 зав. №1, Мариуполь 2002 г. 5. *ОТЧЕТ* №2 Экспертно-техническое обследование (диагностирование) отвалообразователя ОШС-4000/125 зав. №1, Мариуполь 2002 г. 6. *ОТЧЕТ* № 470-07/3-9 Исследование технического состояния металлоконструкции отвалообразователя ОШС-4000/125 зав. №1 собственности