

Об особенностях работ тонколистовых стальных конструкций в условиях агрессивных сред

¹А.С.Колобанов, ¹Н.В. Тарасова, ¹Д.С.Сорокина, ²Л.С.Сабитов,
³А.В.Гречишкин

Липецкий государственный технический университет¹,

Казанский (Приволжский) федеральный университет²,

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства³

Аннотация. Рассматриваются особенности функционирования стальных конструкций в агрессивной среде, приведены результаты качественной и количественной оценки характера повреждения профилированного листа.

Ключевые слова: стальные конструкции, строительные конструкции, коррозия, агрессивная среда, цинковое покрытие, скорость коррозии

В настоящее время расширение строительного комплекса играет важную роль в развитии и поддержании различных отраслей промышленности страны, улучшении показателей условия жизни населения, а также в восстановлении старых и быстром возведении новых зданий и сооружений, что особенно актуально в данный момент. Сокращению времени строительства и упрощению замены изношенных элементов способствует применение качественных металлических конструкций. Их использование значительно сокращает трудовые затраты непосредственно на стадии монтажа внутри строительной площадки.

Широкое применение во многих сферах деятельности в настоящее время получили тонколистовые элементы. Их можно увидеть, как в гражданском, так и в промышленном строительстве. Наиболее распространенный из них – это профилированный лист. Он представляет собой тонколистовой стальной материал с нанесенным защитным покрытием [1]. Технология производства такого материала включает стадию холодного проката, состоящей из процесса травления и нанесения защитного покрытия. По завершении этой стадии стальные листы отправляются на прокатный

стан, где приобретают требуемую форму, проходя через систему специальных вальцов, и после резки направляются потребителю [1, 2].

Профлист, несмотря на его широкое применение, имеет ряд недостатков, одним из которых является вероятность коррозионного повреждения его поверхности [3,4]. Стоит отметить, что данный материал очень часто можно заметить в промышленных зданиях, т.к. цинковое покрытие в большинстве случаев позволяет эффективно защитить сталь от коррозионного разрушения. При ранее проведенных обследованиях конструкций зданий и сооружений на территории цехов металлургической специализации была выявлена зависимость степени повреждаемости конструкций покрытия, выполненного из профилированного листа, от характера производственной среды: показано, что наибольший процент коррозионного поражения материала наблюдается на участках с агрессивной газовой средой [5,6]. Одним из основных факторов, влияющих на интенсификацию процесса коррозионного разрушения, является наличие дефектов и повреждений защитного цинкового покрытия [7]. Данный аспект является предпосылкой к изучению вопроса протекания коррозии тонколистовых стальных конструкций.

Результаты качественной и количественной оценки процесса коррозионного разрушения защитного цинкового покрытия. Для проведения лабораторных исследований в области коррозионной стойкости использовали образцы оцинкованного профилированного листа, которые погружали в модельный раствор 3% NaCl. Для ускорения процесса коррозионного разрушения на одном из образцов нарушали целостность цинкового покрытия. После завершения испытания и качественной оценки характера повреждений образцов (рис. 1) выявлено, что процент коррозионного повреждения поверхности образца с царапиной (рис. 1б) составил 84%, что намного выше, чем у образцов без дополнительного

повреждения покрытия – 46 и 51% у образцов №1 и 3 (рис. 1а, в), соответственно [8].

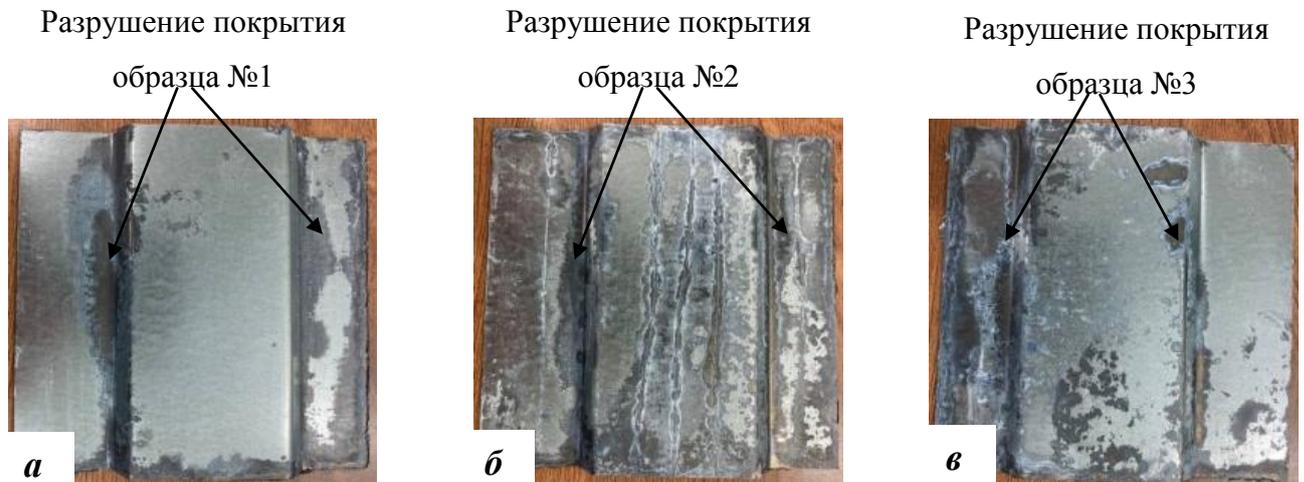


Рис.1. Характер повреждения профилированного листа

При анализе динамики процесса коррозии на поверхности образцов с использованием микроскопа можно отметить, что начальными очагами разрушения являются те, которые находятся рядом с нарушением целостности покрытия. При этом коррозия распространяется по наиболее дефектным участкам покрытия, которыми являются искусственно созданное повреждение, границы кристаллитов и поля напряжения в материале (рис. 2).

Для количественной оценки коррозионного разрушения использовали массовый показатель скорости коррозии, определяемый методом гравиметрии. На основе данных, полученных в ходе эксперимента, проведенного с тремя образцами оцинкованного профилированного листа разной степени механического повреждения, установлена зависимость (Рис. 3). Исходя из уравнений, приведенных на графике, была замечена разная интенсивность потери массы исследуемых элементов с течением времени. Причем, более высокая динамика развития коррозионного повреждения наблюдается у образцов с царапиной. Необходимо выделить, что у образца с

царапиной на нижней полке скорость разрушения цинкового слоя выше, чем у образца с царапиной на верхней полке [9,10].

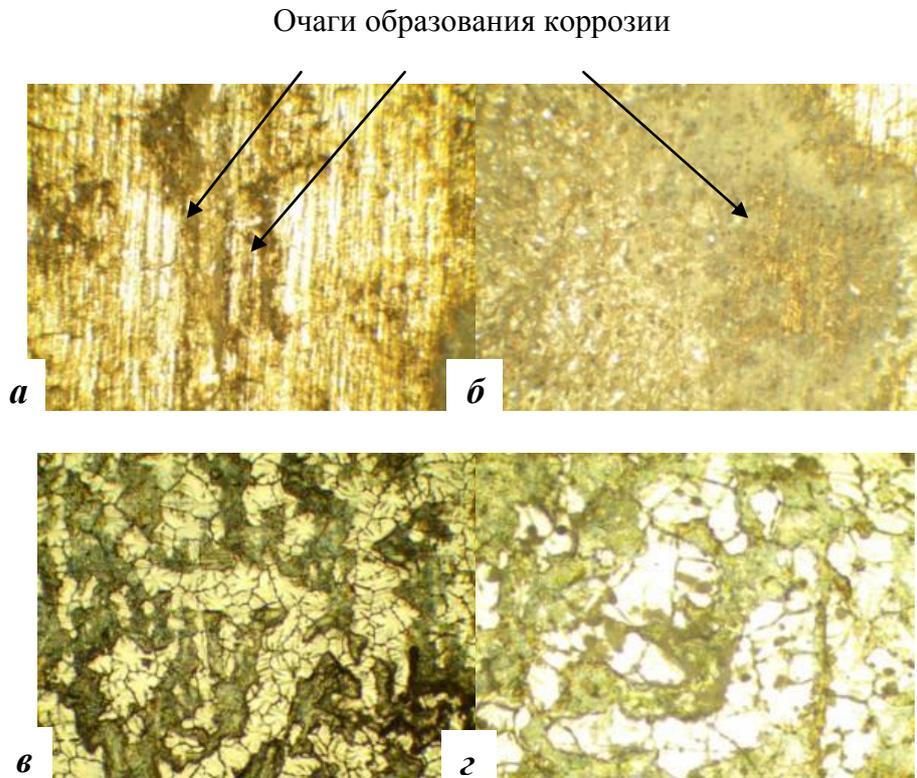


Рис. 2. Состояние поверхности образца №2 (а, б), $\times 100$ с очагами коррозионного разрушения и образца №1 без очагов повреждения, $\times 200$ (в), $\times 400$ (г)

При прогнозировании темпов увеличения потери массы (Рис. 4), также можно заметить, что уже поврежденный профлист корродирует быстрее образца с цельным цинковым покрытием.

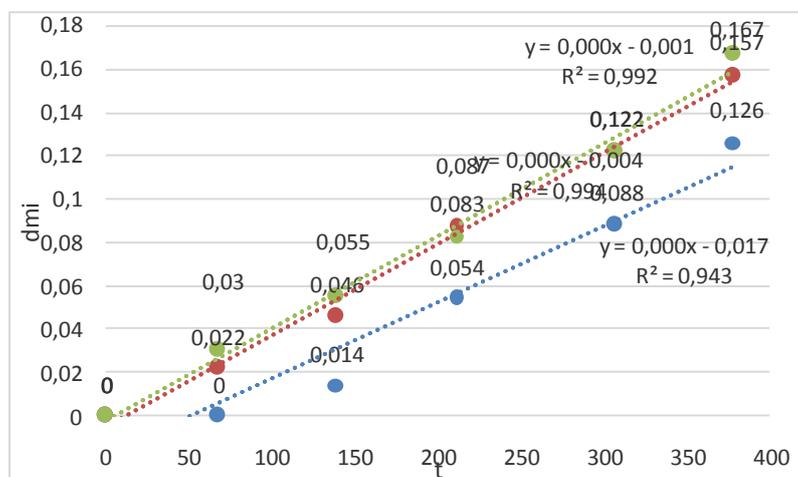


Рис. 3. График изменения относительной массы образцов во времени.

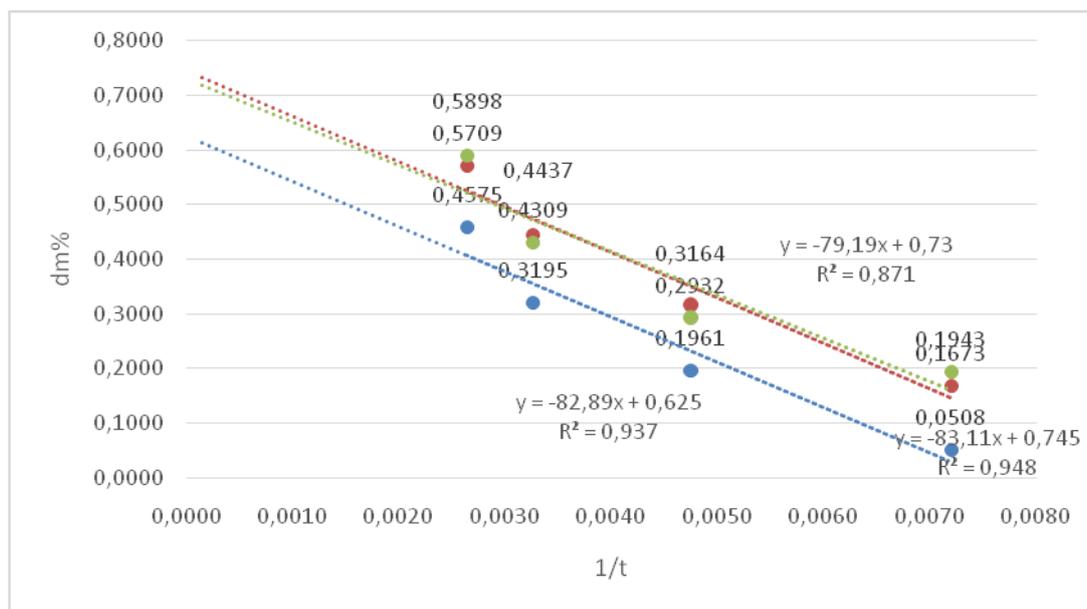


Рис.4. Прогноз потери массы образцов.

Также, если рассмотреть вышеупомянутые объекты исследования в разрезе на микроскопе, возможно определить характер и степень глубинной повреждаемости за счет воздействия агрессивной среды (Рис. 5). На участках, где отсутствуют следы коррозии, толщина образца достигает 0,4мм, в то время, как в области видимого разрушения цинкового слоя данный показатель находится в диапазоне значений от 0,25 мм до 0,35 мм, в некоторых местах глубина достигает 0,2 мм. Коррозия имеет очаговый характер, появляясь на поверхности профилированного листа и проникая внутрь с образованием изъязвлений.

При снятии вольтамперной зависимости профлиста с повреждением и без, были получены глубинные показатели растворения цинкового покрытия, что прямолинейно влияет на скорость развития коррозии, исходя из нижеприведенного уравнения.

$$K_{п} = \frac{i * A}{n * \rho_{Me}}$$

где i - ток коррозии для цинка (A/cm^2); A - атомный вес цинка; n - валентность цинка; ρ_{me} - плотность цинка ($г/см^3$).

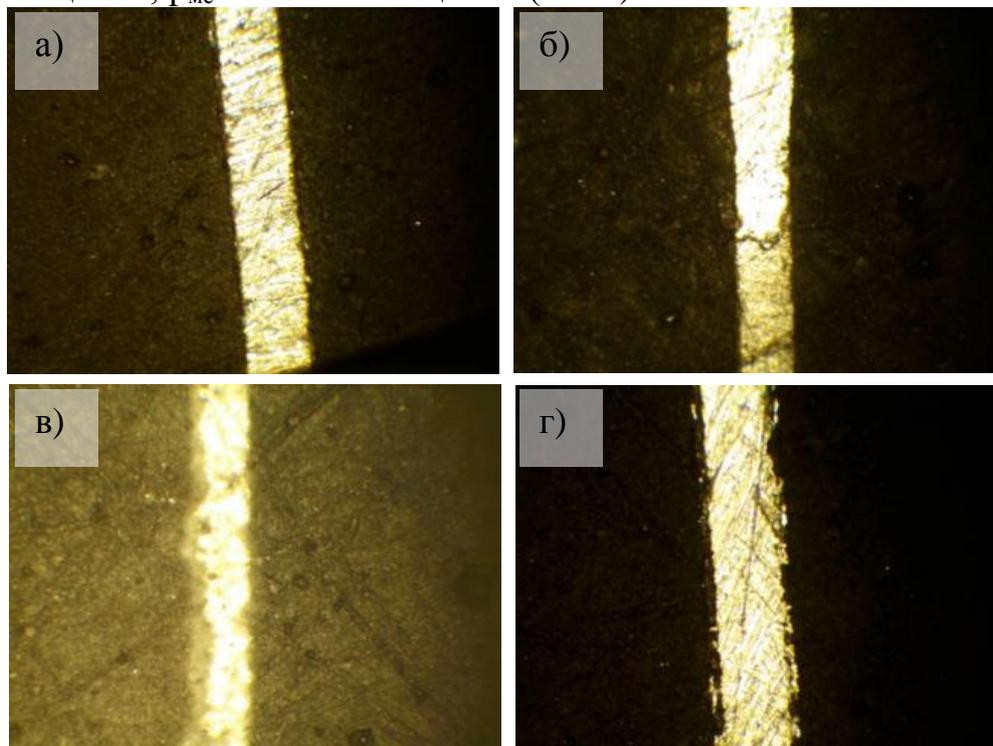


Рис. 5 Коррозионно повреждённый профилированный лист в разрезе (а – образец без видимых разрушений; б – утонение сечения образца; в – образец с большей степенью коррозионного повреждения; г – образец со средней степенью коррозионного повреждения)

Так, для образца без царапины, по результатам расчета, скорость распространения электрохимического повреждения соответствует 11,97 (мм/год), в то время как для образца с царапиной данный показатель равен 14,97 (мм/год). На основании вышеприведенных значений можно сделать вывод и подтвердить фактор ускорения процесса коррозии стальных конструкций за счет наличия на них дефектов и повреждений. А именно - увеличения характера повреждения поверхности примерно на 20%.

Таким образом, можно с уверенностью сказать, что большую роль в антикоррозионных свойствах оцинкованного профилированного листа играет целостное антикоррозионное покрытие (без механических повреждений), в противном случае работа цинковой пленки снижается в несколько раз. Этот

способ защиты от коррозии является одним из самых распространенных. Стоит отметить, что использование и прогнозирование износа конструкций опирается на результаты систематических исследований условий эксплуатации, характер их воздействия на материалы, а также скорости коррозии на различных участках производств. Вследствие этого возникает необходимость создания системы комплексного мониторинга конструкций зданий и сооружений. Протекание коррозионного процесса обусловлено не только характером агрессивности газовой среды, в которой находятся строительные конструкции, но и их ориентация в пространстве и формы сечения, что и является объектом для дальнейших исследований в этой области. Последующие работы будут посвящены данной теме.

Литература:

1. Варламова Т.В., Ксенофонтова Т.К., Верхоглядова А.С., Мареева О.В. Учет динамических воздействий при проектировании консольных конструкций // Строительные материалы и изделия. 2022. Том 5. № 6. С. 54 – 63.
2. Белобородова Т.Л., Корягина О.М. Передовые технологии изготовления деталей гнутого профиля // Всероссийский журнал научных публикаций — 2013. №1(16). – С.16-18
3. Михайлов В.В., Колобанов А.С., Лифинцев О.И., Лифинцев А.И. Исследование коррозионной стойкости конструкций покрытия цехов холодного проката стали // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета Серия: Строительство и архитектура. – 2007. – №7.– С. 28-32.
4. Клюев С.В., Гарькин И.Н., Клюев А.В. Сравнительный анализ неразрезных подкрановых балок // Региональная архитектура и строительство. – 2022. – №3 (32). – С. 111–126.

5. Чепурненко В.С., Хашхожев К.Н., Языев С.Б., Аваков А.А. Совершенствование расчёта гибких трубобетонных колонн с учётом обжатия в плоскостях сечений // Строительные материалы и изделия. 2021. Т. 4. № 3. С. 41 – 53.

6. Гарькин И.Н., Гарькина И.А., Поляков Л.Г. Консервация сооружений мазутного хозяйства: технология разработки проекта // Инженерный вестник Дона. 2022. № 10. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n10y2022/7918

7. Byrd R. H., Hribar M. E., Nocedal J. An interior point algorithm for large-scale nonlinear programming //SIAM Journal on Optimization. – 1999. –Т. 9. №. 4. – pp. 877-900.

8. Дали Ф. А. Методологические аспекты обследования объектов защиты на соответствие требованиям пожарной безопасности в проблемно-ориентированных системах управления // Инженерный вестник Дона. 2021. № 7. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n7y2021/7114

9. Кузин Н.Я., Багдоев С.Г. Оценка внешних факторов на несущую способность конструкций гражданских зданий // Региональная архитектура и строительство. – 2012.– №2– С.79-82.

10. Garkin I.N., Garkina I.A. System approach to technical expertise construction of building and facilities // Contemporary Engineering Sciences. – 2015. – Vol.8, №5. – pp.213-217.

References

1. Varlamova T.V., Ksenofontova T.K., Verhoglyadova A.S., Mareeva O.V. Stroitel'nye materialy i izdeliya. 2022. Tom 5. № 6. pp. 54 – 63.

2. Beloborodova T.L., Korjagina O.M. Vserossijskij zhurnal nauchnyh publikacij. 2013. №1 (16). pp.16-18.



3. Mihajlov V.V., Kolobanov A.S., Lifincev O.I., Lifincev A.I. Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta Serija: Stroitel'stvo i arhitektura. 2007. №7. pp. 28-32.
4. Kljuev S.V., Gar'kin I.N., Kljuev A.V. Regional'naya arhitektura i stroitel'stvo. 2022. №3 (32). pp. 111-126.
5. СHepurnenko V.S., Hashkhozhev K.N., YAzyev S.B., Avakov A.A. Stroitel'nye materialy i izdeliya. 2021. T. 4. № 3. pp. 41 – 53.
6. Garkin I.N., Garkina I.A., Polakov L.G. Inzhenernyj vestnik Dona. 2022. № 10 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n10y2022/7918
7. Byrd R. H., Hribar M. E., Nocedal J. SIAM Journal on Optimization. 1999. T. 9. №. 4. p. 877-900.
8. Dali F. A. Inzhenernyj vestnik Dona. 2021. №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n7y2021/7114
9. Kuzin N.YA., Bagdov S.G. Regional'naya arhitektura i stroitel'stvo. 2012. №2.pp.79-82.
10. Garkin I.N., Garkina I.A. Contemporary Engineering Sciences. 2015.Vol.8, №5. pp.213-217.