

DOI: 10.34031/article_5ce292c9d48174.48469908

¹Иконников С.Ю., ^{1,*}Блажнов А.А.¹Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина
Россия, 302019, г. Орёл, ул. Генерала Родина, д. 69

*E-mail: blazhnov47@mail.ru

КОРРОЗИЯ ОЦИНКОВАННОЙ СТАЛИ И АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ В ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СРЕДЕ ШАМПИНЬОННИЦЫ

Аннотация. Обобщение опыта строительства зданий для выращивания шампиньонов показало многообразие их строительных решений. Установлено, что в шампиньонницах каркасной конструктивной схемы ограждающие конструкции производственных помещений экономически целесообразно выполнять методом послойной сборки с обшивками из оцинкованной стали и алюминиевых сплавов. Однако технологически требуемый мокрый влажностный режим воздушной среды помещений и содержащиеся в ней агрессивные газы при строительном проектировании осложняют выбор рационального типа наружных слоёв ограждающих конструкций. Для выявления рационального материала обшивок в производственных помещениях шампиньонницы проводились коррозионные испытания образцов алюминиевых сплавов систем Al – Mg, Al – Mn, Al – Mg – Si, технического алюминия, оцинкованной стали и оцинкованной стали с защитным покрытием. Для экспонировавшихся образцов установлены вид и скорость проникновения коррозии. По результатам испытаний определены целесообразные материалы обшивок для различных видов производственных помещений шампиньонницы.

Ключевые слова: шампиньонница, агрессивная среда, металлические образцы, коррозионные испытания.

Введение. Как показали натурные обследования шампиньонных комплексов, ограждающие конструкции производственных помещений отечественных (не импортной поставки) шампиньонниц выполнены из различных материалов и изделий: керамического кирпича, бетонных блоков, железобетонных плит, стеклопластиковых и асбестоцементных экструзионных панелей [1]. Строительные решения помещений обусловлены агрессивной воздушной средой, создаваемой выделениями из используемого сырья и технологически требуемым влажностным режимом [2, 3]. Исследование воздушной среды производственных помещений показало, что ограждающие конструкции в процессе эксплуатации подвергаются воздействиям влаги ($\varphi = 85\text{--}100\%$), повышенных температур на отдельных стадиях технологического процесса (до $60\text{--}70\text{ }^\circ\text{C}$) и агрессивных газов: аммиака, окислов азота, сероводорода, углекислого газа.

Проведенные технико-экономические расчёты показали, что наиболее экономичным решением ограждающих конструкций является их послойная сборка: наружные слои – листы из оцинкованной стали или алюминиевых сплавов, средний слой – лёгкий утеплитель, например, URSA. Для определения коррозиестойких типов обшивок признано целесообразным проведение натурных испытаний металлических образцов материалов, рекомендуемых СП 72.13330.2017 «Защита строительных конструкций от коррозии» и СП 128.13330.2012 «Алюминиевые конструкции» для применения в

ограждающих конструкциях производственных помещений.

Методология. Планирование и проведение натурных коррозионных испытаний образцов осуществлялось в соответствии с требованиями ГОСТ Р 9.905-2007 «Методы коррозионных испытаний. Общие требования» и ГОСТ 9.908-85 «Металлы и сплавы. Методы определения показателей коррозии и коррозионной стойкости». Цель испытаний заключалась в определении исходных данных (глубины и скорости проникновения коррозии, вероятной долговечности обшивок) для обоснования целесообразного решения обшивки по каждому виду помещений. Принятая продолжительность испытаний позволяла по их результатам однозначно определить поведение образцов.

Основная часть. Технологический процесс промышленного выращивания шампиньонов состоит из трёх основных стадий: пастеризации субстрата, состоящего из влажной смеси соломы и куриного помёта; проращивания грибницы в субстрате; выращивания грибов. Параметры воздушной среды для каждой стадии процесса, установленные по результатам замеров, приведены в табл. 1. Для определения концентрации агрессивных газов использовались газоанализаторы УГ-2 и Riken Keiki (Model – Ri 501A).

Из данных табл. 1 следует, что в период пастеризации субстрата воздушная среда помещения является наиболее агрессивной к ограждающим конструкциям. Во время проращивания грибницы и роста грибов воздушная среда имеет

примерно равные параметры и степень её агрессивности практически одинакова.

Таблица 1

Параметры воздушной среды по стадиям процесса

Стадия процесса	Параметры воздушной среды						
	влажность, %	температура, °С	вид и концентрация газов, мг/м ³				
			аммиак	углекислый газ	двуокись азота	сероводород	окись углерода
пастеризация субстрата	95–100	60–48	300–7	> 2000	0,16–0,60	0,24–0,48	12–25
проращивание грибницы	90–95	22–25		> 2000			
выращивание грибов	85–90	15–18		≈ 1800			

Для определения рационального материала металлических обшивок в течение двух лет проводились натурные коррозионные испытания их образцов в двух видах помещений: для пастеризации субстрата и для проращивания грибницы и выращивания грибов. Экспонировались образцы

размерами 150×50×1 мм из стали с нанесённым горячим способом цинковым покрытием толщиной 40 мкм и алюминиевых сплавов систем Al-Mg-Si (АД31Т5), Al-Mn (АМцН2), Al-Mg (АМг2М, АМг2Н2) и технического алюминия (АД1М) (табл. 2).

Таблица 2

Результаты коррозионных испытаний образцов

Сплав	Размеры коррозионных поражений за период испытаний				Характер коррозии
	глубина поражения, мкм		штук на см ² (в среднем)	% поражённой поверхности	
	максимальная	средняя			
Помещение проращивания грибницы и выращивания грибов					
АД1М	–	–	–	–	сплошная равномерная
АМг2М	105	49	2,43	0,5 питтинг	питтинг, биокоррозия до 20 % площади
АМг2Н2	117	56	1,81	0,3 питтинг	питтинг, биокоррозия менее 1 % площади
АД31Т5	160	62	4,0	0,9 питтинг	питтинг, отдельные очаги отслоений
АМцН2	10	–	–	2,0	отдельные очаги расслаивающей коррозии
оцинкованная сталь	–	–	–	–	сплошная равномерная, белые продукты разрушения цинка на поверхности
Помещение пастеризации субстрата					
АД1М	–	–	–	–	сплошная равномерная
АМг2М	–	–	–	–	сплошная равномерная
АМг2Н2	–	–	–	–	сплошная равномерная
АД31Т5	–	–	–	–	сплошная равномерная
АМцН2	–	–	–	–	сплошная равномерная
оцинкованная сталь	–	–	–	–	сплошная равномерная, белые продукты разрушения цинка на поверхности

Также испытывались образцы из оцинкованной стали с эпоксидным покрытием ЭП-140 (помещение пастеризации субстрата) и из оцинкованной стали с нанесённой по грунтовке ЭП-0200

полиэфирсиликоновой эмалью МЛ-1202 (помещение выращивания грибов). Часть образцов из сплава АМг2М анодировали для оценки коррозионной стойкости покрытия. Съём всех образцов

для выявления кинетики их коррозионного разрушения проводили через 6 мес., количество образцов на каждую точку (съём) составляло 4 шт. В соответствии с ГОСТ 9.908-85 «Металлы и сплавы. Методы определения показателей коррозии и коррозионной стойкости» основным количественным показателем коррозионной стойкости при равномерной (сплошной) и питтинговой коррозии является время проникновения коррозии на допустимую глубину. В связи с этим для равномерной коррозии рассчитывалась средняя скорость ее проникновения (мкм/год), а для питтинговой – подбирались уравнения для экстраполяции во времени максимальной глубины проникновения точечных поражений. Глубина и диаметр питтингов измерялись микроскопом МИМ-7, для подсчета их числа на поверхности

использовался бинокулярный микроскоп МБС-2.

Почти во всех исследованных образцах, кроме образцов из сплавов АД31Т5 и АМг2Н2 в помещении проращивания грибов и выращивания грибов, процесс коррозии протекал с замедлением во времени, что в основном обусловлено образованием продуктов коррозии, препятствующих взаимодействию участков металла, подвергнутого разрушению, с агрессивной средой [4, 5]. Наиболее интенсивно процесс коррозии протекал в помещении пастеризации субстрата (рис. 1). За период испытаний скорость проникновения коррозии в цинковое покрытие в среднем составила 2,3 мкм/год (среднеагрессивная среда), для алюминиевых сплавов этот показатель к окончанию исследования составлял 0,3 – 0,4 мкм/год.

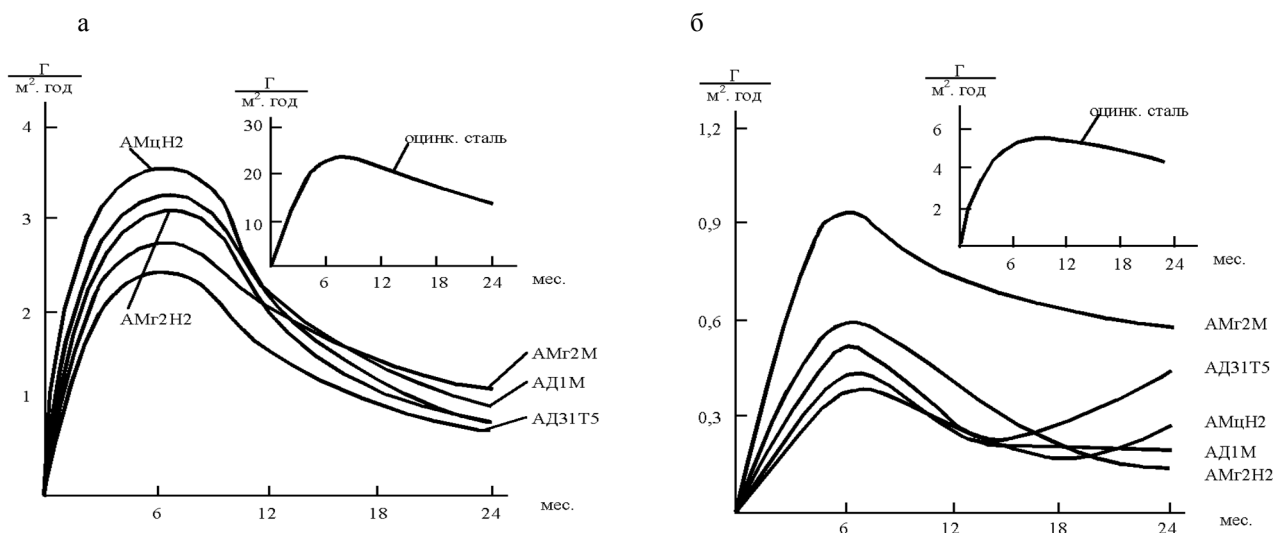


Рис. 1. Скорость коррозии образцов в помещении пастеризации субстрата (а) и выращивания грибов (б)

В помещении проращивания грибов и выращивания грибов средняя скорость проникновения коррозии в оцинкованную сталь составила 0,65 мкм/год. На алюминиевые сплавы среда помещения влияла различно. У сплавов АД31Т5 и АМцН2 после 12 месяцев испытания отмечена начальная стадия расслаивающей коррозии, идущей без торможения во времени. Отдельные очаги расслаивающей коррозии глубиной до 10 мкм у сплава АМцН2 можно объяснить его нагартовкой [5], так как в отожжённом состоянии (АМцМ) сплав обладает высокой коррозионной стойкостью [6]. Такое местное отслаивание может повлиять на долговечность обшивок и ухудшить их декоративный вид. У сплавов систем Al-Mg и Al-Mg-Si выявлена питтинговая (точечная) коррозия, свойственная алюминиевым сплавам в определённых средах [7, 8]. Предпочтительными местами возникновения питтинга являются гра-

ницы зёрен и включения [9]. Максимального развития питтинговая коррозия достигает к концу второго года испытаний, а затем увеличение глубины поражений существенно замедляется [10]. Затухание процесса на многих участках связано и с взаимодействием питтингов между собой, сокращающем «жизненное пространство» слабых питтингов [11]. Известно, что из всех промышленных алюминиевых сплавов сплавы Al-Mg с содержанием магния не более 3 % имеют наилучшее сопротивление питтинговой коррозии и самую низкую скорость распространения язв [6].

Для определения глубины питтинга во времени может быть использована зависимость (Синявский В.С. Коррозия и защита алюминиевых сплавов. М.: Металлургия, 1986.368с)

$$h = k\tau^{1/n}, \quad (1)$$

где h – максимальная глубина питтинга; n и k – константы; τ – время.

Статистической обработкой результатов испытаний образцов [12] установлены зависимости глубины точечного поражения h , мкм, от времени τ , мес, позволяющие прогнозировать её развитие.

Так, для сплавов

$$\text{AMg2M: } h = 44,28\tau^{0,272} \quad (2)$$

$$\text{AMg2H2: } h = 33,44\tau^{0,39} \quad (3)$$

$$\text{AD31T5: } h = 83,26\tau^{0,21} \quad (4)$$

Формула (4) выведена без учёта коррозионных потерь массы образцов от расслаивающей коррозии. На основании полученных зависимостей расчётная глубина питтинга за 50 лет не превышает 0,5 мм.

У сплавов AMg2M и AMg2H2 также отмечена биологическая коррозия в виде неглубоких червеобразных поражений, причём сплав AMg в отожжённом состоянии более подвержен этому виду коррозии (~ 20 % поверхности). Биокоррозии подвержены углеродистые стали, легированные стали и цветные металлы [13]. Известно несколько групп бактерий и плесневых грибов, повреждающих металлы [14]. Однако из двух указанных видов коррозии в нашем случае определяющей является питтинговая. У сплава АД1М в помещении проращивания грибницы и выращивания грибов скорость проникновения сплошной равномерной коррозии составляла 0,07–0,08 мкм/год, что характеризует его как весьма стойкий материал [15].

Испытания образцов из покрытой эпоксидной грунтовкой ЭП-140 оцинкованной стали в пастеризационном помещении дали неудовлетворительные результаты: при неизменённом внешнем виде покрытия адгезия равнялась 4 баллам по ГОСТ 31149-2014 «Материалы лакокрасочные. Определение адгезии методом решетчатого надреза», прочность плёнки при обратном ударе равнялась нулю. В помещении проращивания грибницы и выращивания грибов эмаль МЛ-1202 на оцинкованных образцах не изменила внешнего вида, адгезия покрытия не ухудшилась (1 балл), его прочность при обратном ударе равнялась 500 Н·см. Анодно-окисное покрытие толщиной 15–20 мкм на образцах из сплава AMg2M полностью предотвращало их коррозию.

Выводы. Процесс коррозии почти всех испытанных образцов в производственных помещениях шампиньонницы протекал с затуханием во времени. Скорость сплошной равномерной коррозии цинкового покрытия в 2–6 раз превышала аналогичную скорость коррозии алюминиевых сплавов.

В ограждающих конструкциях помещения пастеризации субстрата возможно применение обшивок из алюминиевых сплавов АД1М, AMg2M, AMцМ толщиной 1 мм без защиты. Применение обшивок из оцинкованной стали без защиты от коррозии не рекомендуется.

В помещении проращивания грибницы и выращивания грибов в ограждающих конструкциях возможно применение обшивок из оцинкованных листов, защищённых нанесённой по грунтовке ЭП-0200 полиэфирсилоконовой эмалью МЛ – 1202, а также обшивок из алюминиевых сплавов АД1М, AMg2M, AMg2H2, AMцМ толщиной 1 мм без защиты от коррозии.

Анодирование может быть рекомендовано как защита от питтинговой, равномерной и биологической коррозии алюминиевых сплавов в помещениях проращивания грибницы и выращивания грибов. Толщина анодно-окисного покрытия, предпочтительно с бихроматным наполнением, 15–20 мкм.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Блажнов А.А. Основы формирования шампиньонных комплексов и их производственных зданий: монография. Орёл: Орёл-ГАУ, 2015. 202с.
2. Блажнов А.А. Основы формирования комплекса по производству шампиньонов на промышленной основе [Электронный ресурс] // Архитектон: известия вузов. 2014. №46. URL: <http://archvuz.ru/2014/2/7> (25.02.2019)
3. Лысенко В.П. Куриный помет – побочная продукция птицефабрик // Птица и птицепродукты. 2013. №5. С. 65–67.
4. Жук Н.П. Курс теории коррозии и защиты металлов. М.: Альянс, 2014. 472с.
5. Коррозия: справочник. Под ред. Л.Л. Шрайера [пер. с англ.]. М.: Металлургия, 1981. 632 с.
6. Corrosion of Aluminum and Aluminum Alloys. Edited by J.R. Davis. ASM International, 1999. 313p.
7. Федосова Н.Л., Румянцева В.Е., Румянцева К.Е., Балмасов А.В., Чекунова М.Д. Антикоррозионная защита металлов. Иваново: ИГХТУ, 2009. 187 с.
8. Коррозия алюминия и алюминиевых сплавов. Под ред. Джозефа Р. Дейвиса [пер. с англ.]. М.: НП «АПРАЛ», 2016, 315с.
9. Пахомов В.С. Коррозия металлов и сплавов: справочник, в 2т. М.: Наука и технология, 2013. Т.1. 448 с.
10. Cristian Vargel. Corrosion of Aluminium. ELSEVIER, 2004. 658 p.
11. Кайдаров Р.А. Электрохимические ме-

тоды исследования локальной коррозии пассивирующихся сплавов и многослойных систем: монография. Казань: Изд-во КНИТУ, 2013. 144 с.

12. Дрейпер Н., Смит Г. Прикладной регрессионный анализ [пер. с англ.]. М.: Диалектика, 2016. 912 с.

13. Лаптев А.Б., Луценко А.Н., Куре М.Г., Бухарев Г.М. Опыт исследований биокоррозии металлов // Практика противокоррозионной защиты. 2016. № 2(80). С. 36–57.

14. Колесникова Н.Н., Луканина Ю.К., Хватов А.В., Лихачёв А.Н., Попов А.А., Заиков Г.Е., Абзальдинов Х.С. Биологическая коррозия металлических конструкций и защита от неё // Вестник Казанского технологического университета. 2013. С. 170–174.

15. Жарский И.М., Иванов М.П., Куис Д.В., Свидунович Н.А. Коррозия и защита металлических конструкций и оборудования. Минск: Вышэйша школа, 2012. 303 с.

Информация об авторах

Иконников Сергей Юрьевич, аспирант очной формы обучения кафедры надёжности и ремонта машин. Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина. Россия, 302019, г. Орёл, ул. Генерала Родина, д.69.

Блажнов Александр Александрович, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры агропромышленного и гражданского строительства. E-mail: blazhnov47@mail.ru. Орловский государственный аграрный университет имени Н.В.Парахина, Россия, 302019, г. Орёл, ул. Генерала Родина, д.69.

Поступила в феврале 2019 г.

© Иконников С.Ю., Блажнов А.А., 2019

¹*Ikonnikov S. Yu., ^{1,*}Blazhnov A. A.*

¹*Oryol State Agrarian University named after N.V.Parakhin
Russia, 302019, Orel, st. General Rodina, 69*

**E-mail: blazhnov47@mail.ru*

CORROSION OF GALVANIZED STEEL AND ALUMINUM ALLOYS IN THE INDUSTRIAL ENVIRONMENT OF CHAMPIGNON

Abstract. *Generalization the experience building for the cultivation of champignons shows the diversity of construction solutions. The method of layer-by-layer assembly with galvanized steel and aluminum alloy coverings is economically feasible to use in champignons of frame structural scheme, enclosing structures of industrial premises. However, the technologically required wet air conditions of the premises and aggressive gases during construction design complicate the selection of a rational type of outer layers of enclosing structures. To reveal the rational material of coverings in the production premises of champignons, corrosion tests are carried out on samples of aluminum alloys of the Al-Mg, Al-Mn, Al-Mg-Si systems, technical aluminum, galvanized steel and galvanized steel with a protective coating. The type and corrosion penetration rate are set for the exposed samples. According to the test results, suitable covering materials for various types of champignon production premises are determined.*

Keywords: *champignon production premises, aggressive environment, metal samples, corrosion tests.*

REFERENCES

1. Blazhnov A.A. Bases of formation of champignons complexes and industrial buildings [*Osnovy formirovaniya shampin'onnyh kompleksov i ih proizvodstvennyh zdaniy: monografiya*]. Orel: Orel State Agrarian University, 2015. 202 p. (rus)

2. Blazhnov A.A. Basics of the formation of a complex for the production of champignons on an industrial basis [*Osnovy formirovaniya kompleksa po proizvodstvu shampin'onov na promyshlennoj osnove*]. Architecton: News of Higher Educational Institutions, 2014. No. 46. Available at: <http://archvuz.ru/2014/2/7> (accessed 25.02.2019). (rus)

3. Lysenko V.P. Chicken dung – by-products of poultry farms [*Kurinyj pomet – pobochnaya*

produkcija pticefabrik]. Poultry and poultry products. 2013. №5. Pp. 65–67. (rus)

4. Zhuk N.P. Course of the theory of corrosion and protection of metals [*Kurs teorii korrozii i zashchity metallov*]. M.: Alliance. 2014, 472 p. (rus)

5. Corrosion: reference book. Edited by L. Shroyer [translated from English]. M.: Metallurgy, 1981. 632 p.

6. Corrosion of Aluminum and Aluminum Alloys. Edited by J.R. Davis. ASM International, 1999. 313 p.

7. Fedosova N.L., Rumyanceva V.E., Rumyanceva K.E., Balmasov A.V., Chekunova

M.D. Anticorrosion protection of metals [*Antikorrozionnaya zashchita metallov*]. Ivanovo: IGHTU, 2009. 187 p. (rus)

8. Corrosion of aluminum and aluminum alloys. Edit. by Joseph R. Davis [trans. from English]. M.: NP "APRAL", 2016, 315p.

9. Pahomov V.S. Corrosion of metals and alloys: a reference book [*Korroziya metallov i splyavov: spravochnik*]. M.: Science and Technology. 2013. Vol. 1. 448 p. (rus)

10. Cristian Vargel. Corrosion of Aluminium. ELSEVIER, 2004. 658 p.

11. Kajdarov R.A. Electrochemical methods for the study of local corrosion of passivating alloys and multilayer systems: a monograph [*Elektrohimicheskie metody issledovaniya lokal'noj korrozii passiviruyushchih splayvov i mnogoslojnyh sistem: monografiya*]. Kazan: Publishing House

KNRTU. 2013, 144 p. (rus)

12. Drejper N., Smit G. Applied regression analysis. M.: Dialectics, 2016. 912 p.

13. Laptev A.B., Lucenko A.N., Kurs M.G., Buharev G.M. Experience in research on the biocorrosion of metals. Practice of anticorrosive protection. 2016. No. 2 (80). Pp. 36–57.

14. Kolesnikova N.N., Lukanina YU.K., Hvatov A.V., Lihachyov A.N., Popov A.A., Zaikov G.E., Abzal'dinov H.S. Experience in research on the biocorrosion of metals. Practice of anticorrosive protection. 2016. No. 2 (80). Pp. 36–57.

15. Zharskij I.M., Ivanov M.P., Kuis D.V., Svidunovich N.A. Corrosion and protection of metal structures [*Korroziya i zashchita metallicheskih konstrukcij i oborudovaniya*]. Minsk: Vyshehjsja shkola. 2012, 303 p. (rus)

Information about the authors

Ikonnikov, Sergey Yu. Postgraduate student. Oryol State Agrarian University named after N.V. Parakhin. Russia, 302019, Orel, st. General Rodina, 69.

Blazhnov, Aleksander A. PhD, Assistant Professor. E-mail: blazhnov47@mail.ru. Oryol State Agrarian University named after N.V. Parakhin. Russia, 302019, Orel, st. General Rodina, 69.

Received in February 2019

Для цитирования:

Иконников С.Ю., Блажнов А.А. Коррозия оцинкованной стали и алюминиевых сплавов в производственной среде шампиньонницы // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2019. №5. С. 50–55. DOI: 10.34031/article_5ce292c9d48174.48469908

For citation:

Ikonnikov S.Yu., Blazhnov A.A. Corrosion of galvanized steel and aluminum alloys in the industrial environment of champignon. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2019. No. 5. Pp. 50–55. DOI: 10.34031/article_5ce292c9d48174.48469908