

Антикоррозийная защита оборудования как способ повышения рентабельности сахарных заводов

Ю.И. БАЦКО, инспектор по визуальному и измерительному контролю качества окрасочных работ,
генеральный директор
ООО «СтройПромСнаб», (e-mail: 93sps@mail.ru)

Введение

Сахар – ценный пищевой продукт, а также сырьё, активно используемое в пищевой промышленности в качестве подсластителя или гелирующего агента при производстве продуктов питания (кондитерские изделия, сладости, безалкогольные напитки, молочные продукты и т. д.) [1, 2]. Основное сырьё для выработки сахара на мировом рынке – сахарный тростник и сахарная свёкла. В российской пищевой промышленности преобладающую долю составляет сахар, произведённый из сахарной свёклы.

Технология переработки сахарной свёклы, основными принципами которой и поныне пользуются российские сахаровары, была разработана в 1802 г. инженером Осипом Есиповым и применена на заводе в с. Алябьево Тульской губернии. В 2022 г. свеклосахарная отрасль России отмечает 220-летие. Однако, несмотря на развитость отечественной сахарной промышленности, а также большое значение производства сахара и сахаросодержащих продуктов для экономики России, в последнее время наблюдается значительное снижение конкурентоспособности сахара, вырабатываемого на российских предприятиях из сахарной свёклы, по сравнению с сахаром из импортного сахара-сырца [3]. Этим обусловлена необходимость поиска способов повышения эффективности про-

изводства за счёт снижения производственных потерь и внедрения ресурсосберегающих технологий.

Цель работы

Оценка эффективности работы отечественных сахарных заводов показывает, что одним из ключевых факторов, снижающих их рентабельность, являются высокие потери, связанные с разрушением деталей оборудования из-за коррозии металла [4]. Среди причин высокой коррозионной агрессивности рабочей среды оборудования можно выделить:

- высокую температуру, достигающую на определённых этапах 125 °С;
- истирание и эрозию металлических поверхностей;
- наличие агрессивных добавок (протеины, аминокислоты, оксид кальция, органические кислоты, аммиак, сернистая кислота и др.);
- непрерывность производственного цикла длительностью от 4 до 7 месяцев.

Помимо чисто экономических потерь коррозия может привести также к растрескиванию и разрушению трубопроводов и резервуаров, что повлечёт катастрофические последствия и создаст прямую угрозу здоровью и жизни персонала предприятия.

Таким образом, с учётом важности снижения производственных потерь для повышения рентабельности отечественной сахарной отрасли и её безопасности в рамках

данной работы были исследованы процессы коррозии стальных поверхностей оборудования сахарных заводов. Апробирован способ нанесения защитных покрытий, предназначенных для снижения влияния агрессивной среды на состояние поверхности деталей оборудования. Произведена оценка финансовых затрат, связанных с коррозией, а также экономического эффекта от использования защитных покрытий.

Методы исследования

Исследования проводились на сахарном заводе «Кристалл» АО фирма «Агрокомплекс» им. Н.И. Ткачёва (Россия, Краснодарский край, станция Выселки) в период технического обслуживания оборудования. На первом этапе состоялся общий осмотр металлических поверхностей деталей, непосредственно контактирующих с агрессивной средой, и выявлены различные виды коррозионных повреждений оборудования.

С целью определения скорости коррозии были проведены электрохимические испытания по методике, описанной ранее (см., например, [5]). Для этого образцы из низкоуглеродистой стали площадью 50 см² обезжировали, очищали, полировали, взвешивали, затем под углом 45° помещали в стеклянные колбы с различными агрессивными средами, аналогичными тем, которые применяются на производстве. Испытания про-

водились в течение 24 часов в диапазоне поддерживаемой температуры 55–60 °С. После этого образцы высушивались потоком воздуха до полного высыхания. Далее с одной плоской стороны каждого образца удалялись образовавшиеся в ходе эксперимента продукты коррозии до первоначального стального блеска, затем образцы взвешивались.

Результаты и обсуждение

Качественный анализ состояния узлов и механизмов оборудования производственной линии сахарного завода после сезона эксплуатации выявил значительные следы коррозии. При визуальном осмотре металлических поверхностей были обнаружены следы коррозии различных видов.

В их числе:

- химическая коррозия;
- коррозия в электролитах (солях, кислотах, щелочах) с полным или частичным погружением в движущуюся либо неподвижную среду;
- фреттинг-коррозия, или коррозийная эрозия (с одновременным воздействием коррозионных среды и сил трения);
- коррозия при кавитации (ударное воздействие агрессивной среды);
- абразивное действие песчаных взвесей;
- термическая контактная коррозия (происходит из-за термического разрушения, вызванного неравномерным нагревом металлической поверхности).

Производство сахара из сахарной свёклы – это многостадийный процесс, включающий в себя следующие этапы: очистка свёклы от примесей, нарезка корнеплодов в стружку, извлечение сахара из стружки, обессахаривание сырья и очистка сока, сгущение сока, кристаллизация сахара, отделение кристаллического саха-

ра от раствора и сушка сахара [6]. Для определения наиболее агрессивной стадии коррозии пробы жидкой среды, взаимодействующей с металлической поверхностью стальных образцов, были отобраны на различных этапах производства и испытаны в лабораторных условиях. Результаты испытаний представлены на диаграмме (рис. 1). Здесь хорошо видно, что диффузионный сок оказался наиболее агрессивной из всех исследованных жидкостей. Второй по степени агрессивности раствор – стандарт-сироп. При этом наименьшей агрессивностью обладали неочищенный и осветлённый (до выпарки) соки.

Скорость коррозии существенно зависела от величины кислотности (рН), измеренной в исследуемых жидких средах. Таким образом, результаты измерений на рис. 1 можно объяснить склонностью сталей и сплавов к коррозии в кислой среде.

Необходимо также отметить, что скорость коррозии в испытуемых растворах и температурах существенно выше, чем принято считать, при определённых показателях рН. Из этого следует, что более разрушительными, чем

низкое значение рН, для стального оборудования являются кислоты, входящие в состав рабочих растворов, используемых на различных этапах выработки свекловичного сахара в совокупности с высокой температурой. По мере течения производственного процесса добавляются или вырабатываются такие агрессивные элементы, как белки, аминокислоты, оксид кальция (жжёная известь), пектиновые вещества, CO_2 (сатурационный газ), органические кислоты, аммиак, сернистая кислота, сероводород, барометрическая вода, серная кислота, щавелевая кислота, молочная кислота, гидроксид кальция, сапонины, карбонат кальция (CaCO_3), оксид серы (SO_2) и т. д.

Стоит заметить, что на образцах, которые проходили испытания в растворах диффузионного сока и стандарт-сиропа, были обнаружены зарождающиеся очаги язвенной коррозии. Это явно свидетельствует о том, что при более долгой эксплуатации стального оборудования в контакте с данными растворами последствия от коррозии будут ещё более разрушительными, чем это отображено в диаграмме на рис. 1.

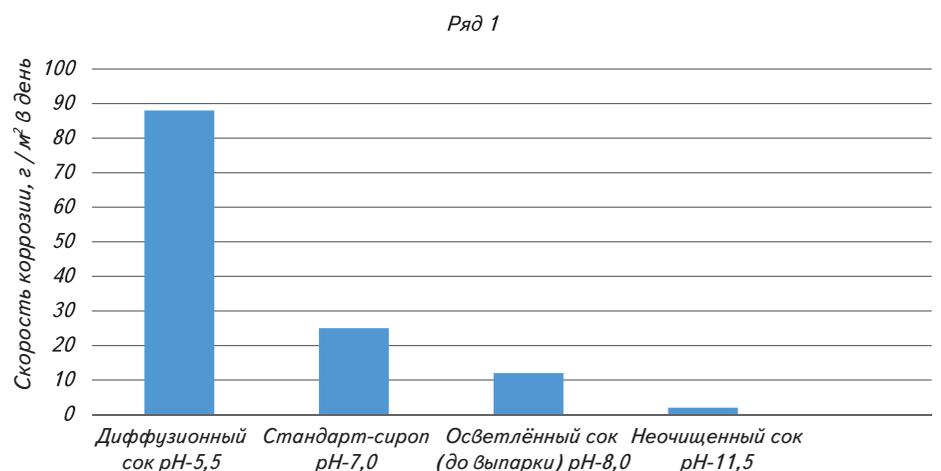


Рис. 1. Коррозионное воздействие агрессивных рабочих жидкостей на низкоуглеродистую сталь на различных стадиях производства сахара

Предложения производству

Перспективным методом снижения воздействия агрессивной среды на металлические поверхности оборудования сахарных заводов, а также замедления коррозионных процессов является использование защитных покрытий. Как правило, работы по защите оборудования очень трудоёмки. Этому способствуют следующие факторы: небольшой срок, отводимый на антикоррозионную обработку, и значительное количество труднодоступных мест, что ограничивает возможность нанесения покрытия. Однако технологические решения, реализованные на предприятии ООО «СтройПромСнаб», позволяют нивелировать указанные трудности и повысить эффективность защиты от коррозии. Таким образом, эти решения открывают перспективы для снижения производственных потерь и повышения конкурентоспособности отечественных производителей сахара.

Оценим экономический эффект от применения антикоррозионных покрытий на сахарных заводах на примере насоса СОР-60 (рис. 2). Этот насос является важной составной частью производственных линий отечественных предприятий. Общее количество насосов данного типа на одном заводе может достигать восьми штук. Срок службы корпуса насоса без антикоррозионного покрытия не превышает двух лет. При этом рабочее колесо необходимо заменять два раза в год, а иногда и чаще. На момент написания данной статьи рыночная стоимость корпуса насоса СОР-60 составляла около 140 тыс. р., а стоимость одного рабочего колеса насоса — 8 тыс. р. Соответственно, обслуживание одного насоса СОР-60 в течение двух лет обходится заводу в 172 тыс. р. В то же время стоимость пескоструйной очистки

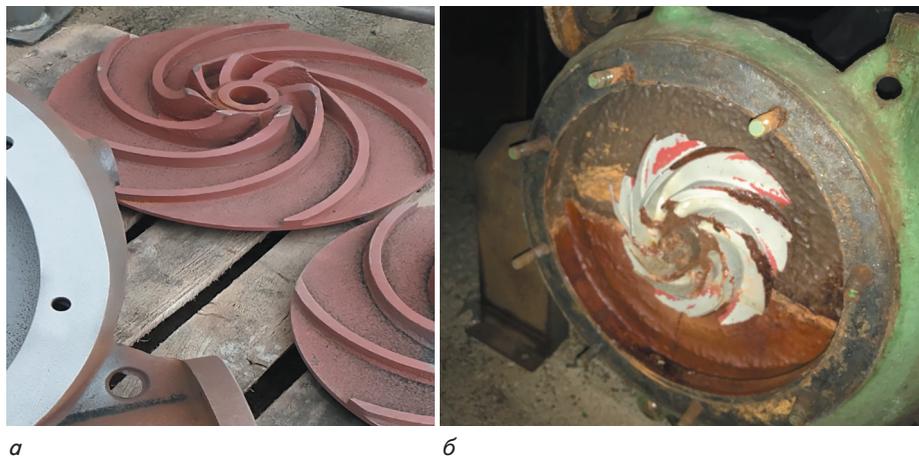


Рис. 2. Рабочее колесо насоса СОР-60: а) до эксплуатации; б) после 20 дней эксплуатации (окрашен кустарным способом рабочими завода)

всей внутренней поверхности одного насоса (включая корпус и рабочее колесо) до степени Sa-2^{1/2} ГОСТ Р ИСО 8501-1-2014 с нанесением многослойного антикоррозийного защитного покрытия толщиной 200 мкм составляет 6 тыс. р. Исследования показывают, что эта процедура может увеличить срок службы насоса в два раза (возможно, и более) [4]. Таким образом, экономический эффект от применения антикоррозионного покрытия для одного насоса достигает 166 тыс. р. за два года.

Заключение

Проведённое исследование показало, что коррозия внутренних металлических поверхностей оборудования сахарных заводов является причиной больших производственных потерь, снижающих конкурентоспособность конечного продукта. Скорость коррозии различна на разных этапах процесса производства сахара из-за разной кислотности агрессивных сред, воздействующих на поверхность металла. Также было показано, что использование защитных антикоррозийных покрытий существенно снижает скорость коррозии. Оценка величины производственных потерь свидетель-

ствует о значительном положительном экономическом эффекте от применения защитных покрытий на деталях оборудования. Таким образом, результаты данного исследования подтверждают высокую эффективность метода снижения потерь от коррозии путём нанесения антикоррозионных покрытий на оборудование, находящееся в агрессивной среде, для повышения экономической эффективности сахарных заводов.

Список литературы

1. Ермолаева, Г.А. Сахар и его заменители в производстве продуктов питания / Г.А. Ермолаева, Л.А. Сапронова, Б.Г. Кривовоз // Пищевая промышленность. — 2012. — № 6. — С. 48–51.
2. Герасимова, В.А. Использование подслащивающих веществ в производстве пищевых продуктов / В.А. Герасимова, Е.С. Белокурова // Техника-технологические проблемы сервиса. — 2010. — Т. 2. — № 12. — С. 53–57.
3. Калиничева, Е.Ю. Экономическое обоснование конкурентоспособности сахара в зависимости от источника сырья / Е.Ю. Калиничева // Экономический анализ: теория и практика. — 2012. — № 17. — С. 10–15.

МАКРОМЕР

macromer.ru

имени В. С. Лебедева

БОЛЕЕ 30 ЛЕТ
ТРУДИМСЯ ДЛЯ ВАШЕГО УСПЕХА

ЛАПРОЛ® ПЕНОГАСИТЕЛИ
РЕОНОЛ® / МАКРОМЕР® АНТИНАКИПИНЫ



macromer.ru

+7 800 200 65 95

commerz@macromer.ru

4. Бацко, Ю.И. Антикоррозионная защита оборудования сахарных заводов / Ю.И. Бацко // XII Межотраслевая конференция «Антикоррозионная защита – 2021». – М. : ИНТЕХЭКО, 2021. – С. 27–33.

5. Tengur, L. Corrosion Problems in Sugar Factories in Mauritius / L. Tengur, B.Y.R. Surnam // Applied Mechanics and Materials. Trans Tech Publications Ltd, 2012. – Vol. 110–116. – P. 1983–1989.

6. Славянский, А.А. Промышленное производство сахара / А.А. Славянский. – М. : МГУПП, 2015. – 255 с.

7. Решетова, Р.С. Антикоррозионная защита технологического оборудования: основные особенности и экономическая выгода применения на производстве / Р.С. Решетова, Ю.И. Бацко // Сахар. – 2021. – № 11. – С. 26–30.

Аннотация. Стоимость ремонта и замены оборудования из-за коррозии металла составляет значительную часть общих производственных потерь сахарных заводов. Однако, несмотря на значительные издержки, ключевые процессы, приводящие к коррозии оборудования, всё ещё недостаточно исследованы, что затрудняет разработку эффективных методов их защиты от преждевременного разрушения. Для решения этой проблемы было проведено исследование взаимодействия металлов, используемых при производстве оборудования для сахарных заводов, с различными коррозионными жидкостями (в основном соками), а также проведена оценка коррозионной активности во время приготовления сока в условиях производственного процесса. На основе полученных данных предложена технология нанесения защитного покрытия, существенно снижающего коррозионную активность, и произведена оценка экономического эффекта от его использования.

Ключевые слова: производство сахара, коррозия, агрессивность среды, антикоррозионное покрытие, адгезия, абразивная очистка.

Summary. The cost of repairing and replacing equipment owing to metal corrosion accounts for a significant part of the total production losses of sugar factories. However, despite significant costs, the key processes leading to corrosion of sugar factory equipment are still insufficiently investigated, which makes it difficult to develop effective methods of protecting them from premature destruction. To solve this problem, we conducted a study of the interaction of metals used in the production of equipment for sugar factories with various corrosive liquids (mainly juices), and also assessed the corrosion activity during juice preparation in the conditions of the current production process. Based on the data obtained, a technology for applying a protective coating that significantly reduces the corrosive activity is proposed, and an assessment of the economic effect of using it.

Keywords: sugar industry, corrosion, aggressive environment, anticorrosive coating, adhesion, abrasive cleaning.