

УДК 621.793.620.172

Ф.Й. Златопольский, доц., канд. техн. наук

Кировоградский национальный технический университет

В.Н. Лопата, доц., канд. техн. наук

Киевский национальный университет технологий и дизайна

А.В. Шалыгин, ассистент, С.В. Налбадьян, инженер

Одесская национальная академия пищевых технологий

Исследование защитных свойств газотермических покрытий используемых в пищевом производстве конструкционных элементов оборудования

В зависимости от характера изменения электродного потенциала, во времени, можно предполагать какой из процессов (растворение и пассивация) имеет место. Активизация поверхностных ионообменных процессов сопровождается снижением электродного потенциала, что приводит к увеличению термодинамической вероятности анодного процесса растворения материала. Путем

проведения сравнительного анализа результатов можно прогнозировать, какой из рассмотренных материалов и способов их нанесения обеспечит наилучшую протекцию поверхности.

коррозия, электрохимический потенциал, защитное покрытие, агрессивная среда, плотность тока коррозии

Введение. Долговечность и надежность машин, зависят от характера окружающей и рабочей среды. На эффективность использования деталей машин существенное влияние оказывает степень их защищенности от коррозии.

В настоящее время разработаны различные методы газотермического напыления для защиты от коррозии: плазменный, электродуговой, газопламенный, высокочастотный, детонационный. Однако более широкое применение для защиты от коррозии используются методы газопламенного напыления и электродуговой металлизации.

Целью настоящей работы является оценка защитных свойств покрытий на неблагородных сталях типа сталь 2, сталь 3 и 08КП, используемых в пищевом производстве конструкционных элементов оборудования, при условии контакта изделий с полуфабрикатами хлебной промышленности.

В качестве объектов исследования выступали системы покрытие–подложка. Роль покрытия выполняла бронза, нанесенная способом активированной электродуговой металлизацией.

В качестве предметов исследования рассматривались: исследование кинетики изменения потенциала во времени, потенциодинамические исследования.

Общеизвестным является факт, что электрохимический потенциал является термодинамической функцией активности поверхности, позволяющей проводить сравнительный анализ [1, 2, 3, 4, 5]. Кинетика изменения потенциала позволяет следить за активацией либо пассивацией поверхности в ходе развития электрохимических процессов на ней. Однако по значению потенциала нельзя судить об количественных

электрохимических показателях, таких как скорость растворения поверхности, массовые потери материала поверхности. Для оценки полуколичественного критерия интенсивности растворения поверхности пользовались потенциодинамическим методом.

Алгоритм исследования такой:

- а) выделение рабочей области на поверхности испытуемого образца с фиксированной площадью;
- б) приготовление среды для испытаний;
- в) снятие хронограммы потенциала образца в данной среде;
- г) потенциодинамические исследования;
- д) обработка данных и построение хронограмм и потенциодинамических кривых;
- е) расчет плотностей тока растворения поверхности.

Объекты и методы исследования. Как было упомянуто выше, в качестве объектов исследования выступали образцы, одной из перечисленных сталей, покрытых защитными бронзовыми покрытиями, нанесенными активированной электродуговой металлизацией. Подготовка образцов предусматривала следующие операции: припаивание проводника к образцу, нанесения слоя смеси парафина с канифолью на поверхность за исключением рабочего фрагмента.

Методика проведения лабораторных испытаний. Была приготовлена агрессивная среда следующего состава: 100 г воды, 3 г поваренной соли, 45 г муки 0,5 г дрожжей. Упомянутая среда имитирует густую опару пшеничного теста.

Суть метода хронограмм потенциалов заключается в следующем:

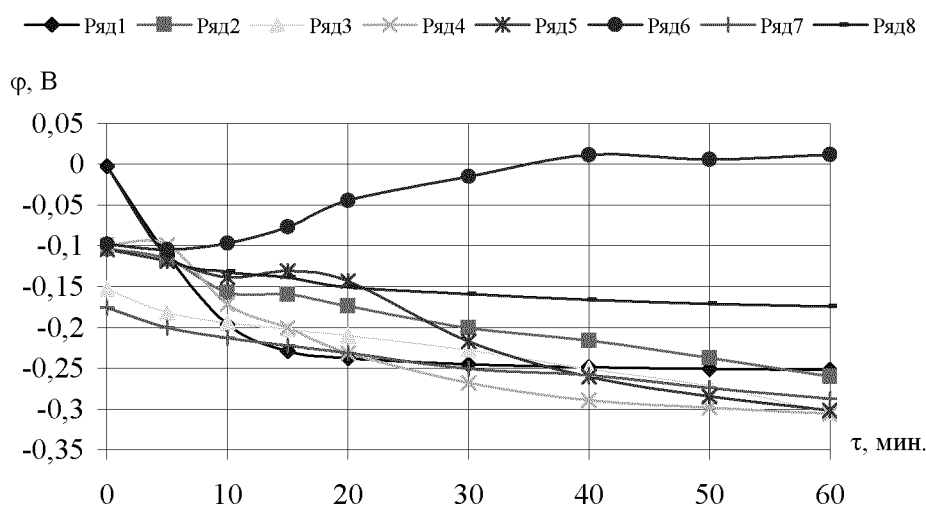
- а) собирается электрическая цепь, состоящая из электрода сравнения и испытуемого образца. В нашей ситуации в качестве электрода сравнения использовался насыщенный хлорсеребряный электрод;
- б) предварительно подготовленный образец (подготовленные образцы) вместе с электродом погружаются в агрессивную среду;
- в) в момент погружения, и через некоторые промежутки времени фиксируются значения ЭДС цепи, в качестве индикационного прибора использовался потенциостат ПИ-50.1, работающий в режиме милливольтметра;
- г) по полученным данным строились графики зависимости потенциалов образцов от времени.

В зависимости от характера изменения электродного потенциала, во времени, можно предполагать какой из процессов (растворение и пассивация) имеет место. Активизация поверхностных ионообменных процессов сопровождается снижением электродного потенциала, что приводит к увеличению термодинамической вероятности анодного процесса растворения материала. Путем проведения сравнительного анализа результатов можно прогнозировать, какой из рассмотренных материалов и способов их нанесения обеспечит наилучшую протекцию поверхности. Это основная причина, по которой был выбран метод хронограмм (кинетика электродного потенциала).

Обсуждение результатов исследования. На рисунке 1 представлены результаты измерения усредненных значений потенциалов образцов с бронзовыми покрытиями, в течение часа после определенного периода предварительного пребывания в среде. Результаты математической обработки данных не приводятся – в этом нет острой необходимости. Помимо усредненных данных значений потенциалов, приведены значения для каждого из образцов (см. приложения 2). Полученные данные позволяют судить о более высокой дисперсии значений потенциалов (относительно среднего) в момент погружения и первый, небольшой

промежуток времени после погружения. На наш взгляд, подобное может быть связано с не однородностью покрытий. А в первый период времени, как правило, коррозионные процессы наиболее интенсивны и наименее равновесны, что связано с постоянным изменением соотношения площадей катодных и анодных участков металлического материала. Мы предполагаем, что в первый двадцатиминутный промежуток времени самые крупные поры покрытия заполняются агрессивной средой и коррозионные процессы протекают преимущественно в них. Затем накапливается определенное количество продуктов коррозии в порах, и устанавливается некоторое коррозионное равновесие, что способно объяснить меньшее рассеивание значений потенциалов в интервале варьирования, в сравнении с первым промежуток времени. Из рисунка 1 видно, что во всех случаях кроме варианта №7 значения потенциалов уменьшаются.

Этот факт можно объяснить интенсификацией коррозионных процессов, протекающих под покрытием. Увеличение потенциала в случае образцов №7 может быть связано с накоплением продуктов коррозии в порах покрытия, что препятствует дальнейшему проникновению среды. Этот факт может быть связан с понятием лимитирующего радиуса поры в покрытии. Так как корреляция результатов электрохимических исследований всех образцов со средним, в аналогичные промежутки времени, для остальных покрытий схожа с 1, то в приложении 1 приведены лишь таблицы данных без дополнительных объяснений.



1 – с момента погружения (ряд 1); 2– через час после погружения (ряд 2); 3–через четыре часа после погружения (ряд 3); 4 – через сутки после погружения (ряд 4); 5–через 4 суток после погружения (ряд 5); 6–через неделю после погружения(ряд 6); 7–через 2 недели после погружения(ряд 7); 8–через месяц после погружения (ряд 8)

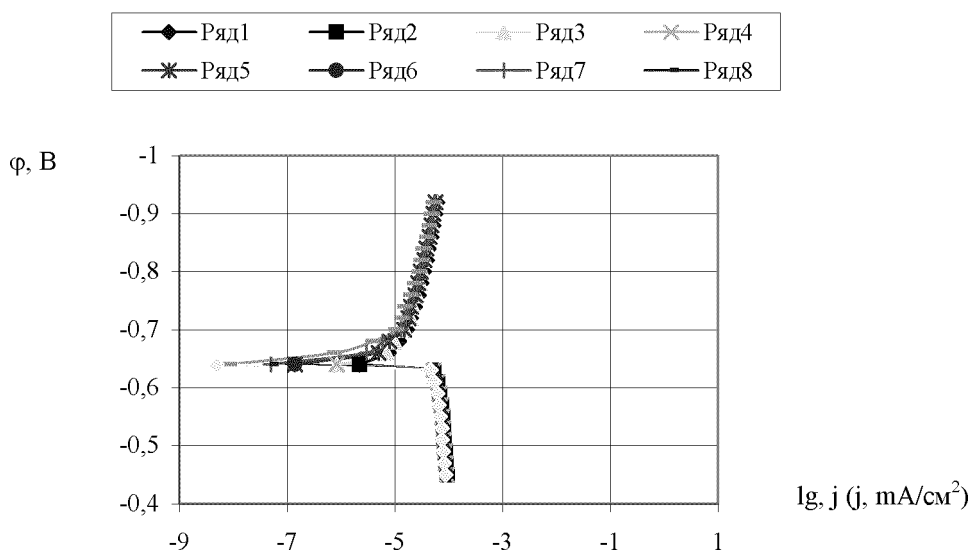
Рисунок 1 – Значения потенциалов образцов с покрытиями по отношению к насыщенному хлорсеребряному электроду

В табл. 1 сведены значения плотностей токов коррозии, рассчитанных по уравнению Стерна-Гири (Вагнера-Трауда).

Таблица 1 - Значения плотностей токов коррозии

Время после погружения	Плотность тока растворения, mA/cm^2
1 ч	$2 \cdot 10^{-4}$
2 ч	$1,2 \cdot 10^{-4}$
4 ч	$0,8 \cdot 10^{-4}$
24 ч	$0,6 \cdot 10^{-4}$
4 суток	$0,54 \cdot 10^{-4}$
Неделя	$0,52 \cdot 10^{-4}$
2 недели	$0,5 \cdot 10^{-4}$
Месяц	$0,49 \cdot 10^{-4}$

После оценивания среднего интегрального значения электрохимического потенциала поверхности проводили потенциодинамические исследования (рис. 2). Анализируя результаты исследований можно заметить, что при увеличении времени предварительного пребывания в среде значение плотности тока обмена уменьшается. Для случая 1 и 8 разница составляет 2 порядка. Т.е. количество заряженных ионов в двойном электрическом слое уменьшается. Можем предположить, что это связано с накоплением продуктов коррозии на поверхности образца. Понятно, что это препятствует дальнейшему растворению материала подложки в дефектах покрытия. После месячного пребывания образца в среде под покрытием может образоваться достаточно толстый слой, состоящий из продуктов растворения подложки. Предположительно гидроксида железа (3+). Этот слой препятствует дальнейшему контакту материала образца с агрессивной средой.



1 – с момента погружения (ряд 1); 2 – через час после погружения (ряд 2); 3 – через четыре часа после погружения (ряд 3); 4 – через сутки после погружения (ряд 4); 5 – через 4 суток после погружения (ряд 5); 6 – через неделю после погружения (ряд 6); 7 – через 2 недели после погружения (ряд 7); 8 – через месяц после погружения (ряд 8)

Рисунок 2 – Результаты потенциодинамических исследований

Видно, что после месячного пребывания образца в среде значение плотности тока уменьшается. Этот факт увеличивает степень объективности предположения на предмет накопления продуктов коррозии под покрытием

Визуальная оценка состояния поверхности оценивалась по трем критериям:

а) наличие продуктов коррозии на поверхности после высушивания поверхности, испытанного образца;

б) приблизительное соотношение площадей со следами ржавчины и без них;

в) вздутость покрытий после испытаний.

Практическое использование. Испытанию подлежали поршни тестоделителя А2ХТН изготовленные из бронзы БрА10Ж4Н4Л и поршни изготовленные из стали Ст. 08кп с нанесенным покрытием из бронзы БрАЖ-9-2 по внешней поверхности методом активированной электродуговой металлизации (рис. 3).

Результаты визуальных наблюдений сведены в табл. 2.

Выводы. В результате испытаний сделаны следующие выводы:

- сенсорный анализ состояния поверхности образцов после испытаний позволяет предполагать, что через месяц после контакта полуфабрикатов с покрытием соотношение поверхность с ржавчиной в четыре раза больше поверхности без ржавчины, установлено снижение электрохимического потенциала на поверхности раздела покрытие-основа в 3-5 раз при нанесении на стальные поверхности методом активированной электродуговой металлизации;

- использование технологии нанесения покрытий активированной электродуговой металлизацией позволяет уменьшить стоимость изготовления деталей поршень тестоделителя А2ХТН более чем в два раза за счет использования более дешевых материалов.

Таблица 2 – Результаты визуальной оценки состояния поверхности образцов с покрытиями после испытаний

№ испытания	Количество образцов индивидуально испытанных	Количество образцов совместно испытанных	Наличие продуктов коррозии		Наличие вздутости покрытия		Количество образцов с продуктами коррозии на поверхности		Количество образцов со вздутостями покрытия		Приблизительное соотношение площадей с ржавчиной / без ржавчины	
			Индивидуально	Совместно	Индивидуально	Совместно	Индивидуально	Совместно	Индивидуально	Совместно	Индивидуально	Совместно
1	4	4	+	+	-	-	4	4	0	0	1/2	1/2
2	4	4	+	+	+	+	4	4	4	4	1/5,5	1/6
3	4	4	+	+	-	-	4	4	0	0	4/1	4/1
4	4	4	+	+	-	-	4	4	0	0	6/1	6/1
5	4	4	+	+	-	-	4	4	0	0	1/1	1/1
6	4	4	+	+	+	+	4	4	4	4	1/1,4	1/1,4
7	4	4	-	-	-	-	0	0	0	0	1/1,4	1/1,4
8	4	4	+	+	-	-	4	4	0	0	4/1	4/1

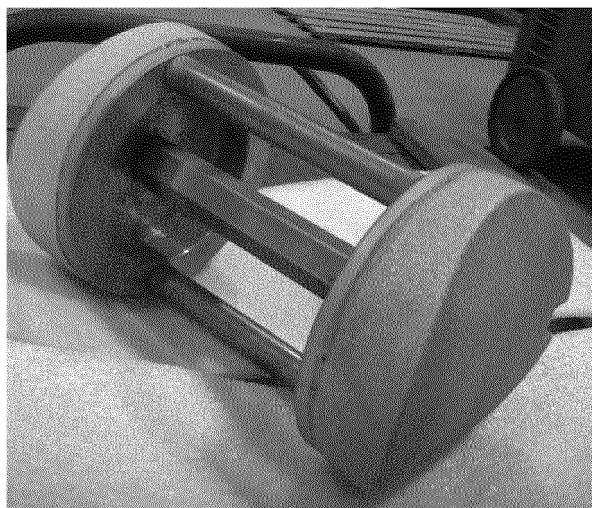


Рисунок 3 - Поршень тестоделителя А2ХТН

Список литературы

1. Акимов Г.В. Теория и методы исследования коррозии металлов /Акимов Г.В.– М.: Издательство Акад. Наук СССР, 1945.– 388 с.
2. Улиг Г. Коррозия и борьба с ней: Введ. в корроз. науку и технику / Г. Улиг, Р. Реви, Ф. Уинстон. Перевод с англ. А.М. Сухотина и др. – Л.: Химия, 1989. – 454 с.

3. Жук Н.П. Курс коррозии и защиты металлов: Учебник для студ. металлург. спец. вузов./Жук Н.П. – М.: Металлургия, 1968. – 407 с.
4. Кеше Г. Коррозия металлов./Кеше Г. – М.: Металлургия, 1984. – 400 с.
5. Феттер К. Электрохимическая кинетика. /Феттер К. – М.: Химия, 1967. – 209 с.
6. Улиг Г. Коррозия и борьба с ней: Введ. в корроз. науку и технику / Г. Улиг, Р. Реви, Ф. Уинстон. Перевод с англ. А.М. Сухотина и др.– Л.: Химия, 1989.– 454 с.

Ф. Златопольский, В. Лопата, А. Шальгин, С. Налбадьян

Исследование защитных свойств газотермических покрытий используемых в пищевом производстве конструкционных элементов оборудования

В залежності від характеру зміни потенціалу електроду, в часі, можна передбачати, який із процесів (розчин або пасивація) має місце. Активація поверхневих іонообмінних процесів супроводжується зниженням електродного потенціалу, що приводить до збільшення термодинамічної ймовірності анодного процесу розчину матеріалу. Шляхом проведення порівняльного аналізу результатів можливо прогнозувати, який із розглянутих матеріалів і способів їх нанесення забезпечить найкращу протекцію поверхні.

F. Zlatopol'skiy, V. Lopata, A. Shalygin, S. Nalbad'yan

Research of protective properties of gasotermik coverages of in-use in a food production construction elements of equipment

Depending on character change of potential electrode, in time, it is possible to provide for, which from processes (solution or passiveness) takes a place. Activating of superficial ionchanging processes is accompanied the decline of electrode potential which results in the increase of thermodynamics probability of anodal process of solution of material. It is possible to forecast by the leadthrough of comparative analysis of results, which from the considered materials and methods of their causing will provide the best patronage of surface.

Одержано 21.09.09