

УДК 621.564.3

Проблема коррозии технологических аппаратов пищевых производств

Кириллов В.В. , Эглит А.Я.
vadkir42@yandex.ru

*Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет ИТМО
Институт холода и биотехнологий
191002, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9*

Статья посвящена актуальной проблеме увеличения срока службы холодильного оборудования предприятий пищевой промышленности, снижению экономических затрат при его работе. Это может быть достигнуто за счет использования хладоносителей с низкой коррозионной активностью. В качестве таковых предлагается использовать водно-пропиленгликолевые электролитные (ВПГЭ) растворы, выбор которых базируется на учёте физико-химических процессов, происходящих в растворе.

Коррозионное воздействие на металл ВПГЭ растворов значительно меньше по сравнению с водносолевыми и водно-органическими хладоносителями, поэтому при эксплуатации водно-пропиленгликолевых электролитных растворов увеличивается срок службы холодильного оборудования.

Ключевые слова: коррозия, холодильное оборудование, хладоноситель, достоинства электролитных хладоносителей.

Corrosion problem of process equipment for food production

Kirillov V., Eglit. A.
vadkir42@yandex.ru

*Saint-Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics.
Institute of Refrigeration and Biotechnology
191002, St. Petersburg, Lomonosov str., 9*

The article is devoted to the problem of increasing service life of the refrigerating equipment for food industry and economic savings during its operation. This may be achieved by using refrigerants with low corrosivity. It is offered to use water-propylene glycol electrolyte (VPGE) solutions, which are selected based on the account of physical and chemical processes occurring in solution. Corrosive effect on VPGE solution metal is greatly reduced compared with water and salt and aqueous-organic refrigerants, so the usage of water and propylene glycol electrolyte solutions increases the service life of the equipment.

Key words: corrosion, refrigerating equipment, refrigerant, advantages of electrolyte refrigerants.

В целом ряде пищевых производств технологические аппараты часто находятся на значительном расстоянии друг от друга. В таких случаях используется косвенное охлаждение, при котором перенос тепла от охлаждаемого объекта к хладагенту холодильной машины осуществляется посредством промежуточной среды – хладоносителя (ХН). Требуемая температура ХН в ряде отраслей значительно ниже 0°C. Так, в кондитерской промышленности в аппаратах для охлаждения глазированных конфет и шоколада она колеблется в пределах минус 10...минус 13°C. При производстве шампанского требуется хладоноситель при температуре минус 9 ...минус 12°C, в пивоварении для проточных охладителей и бродильных чанов необходим хладоноситель с температурой -7°C. Нагретый в технологических аппаратах ХН охлаждается в испарителях холодильных машин. Несмотря на интенсивность и компактность пластинчатых испарителей, на производстве ещё используют кожухотрубные испарители как с межтрубным-, так и внутритрубным кипением.

Холодильное оборудование пищевых и других предприятий изготавливают из: углеродистых сталей Ст3, Ст10, Ст20 и др.; кремнемарганцовистых сталей 16 ГС, 09Г2С и др.; хромомолибденовых и хромистых сталей 12МХ, Х8, 15Х5М; сплавов на основе титана, алюминий-магниевого сплава. По экспертной оценке доля трубных пучков и аппаратов из углеродистых и кремнемарганцовистых сталей составляет около 56%, хромоникелевых -20%, из хромистых – 5 %, латуни – 19%, титана, алюминиевых сплавов менее 1 % [1].

В холодильных машинах и установках наиболее подвержены коррозионному разрушению трубные пучки, места развальцовки или приварки трубок к трубным

решёткам, перегородки распределительных камер. При этом чаще всего разрушаются трубки и участки трубопроводов.

Причинами их быстрого разрушения являются малая толщина стенок, составляющая в среднем 2-2,5 мм, более жесткие условия работы пучков по сравнению с другими узлами аппаратов: высокие скорости потоков, наличие напряжений, возникающих в результате разницы температур, сочетание коррозионного и эрозионного факторов и др. [2].

В таблице 1 приведены обобщенные данные предприятий по межремонтным пробегам и срокам службы трубных пучков и трубопроводов из применяемых конструкционных материалов [2].

Таблица 1

Межремонтные пробеги и срок службы трубных пучков и трубопроводов из применяемых конструкционных металлов

Конструкционные металлы	Межремонтный пробег, годы	Срок службы, годы
Углеродистые и кремнемарганцовистые стали: Ст3, 10,20 и др., 16ГС, 09Г2С, 10Г2С1	0,5 – 2	1 – 5
Хромомолибденовые и хромистые стали: 12МХ, 15Х5, 08Х13, Х8	1	4 – 5
Хромоникелевые стали: 08Х18Н10Т, 12Х18Н10Т	1 – 4	3 – 8 и более
10Х17Н13М2Т	1 – 2	8 и более
Цветные сплавы: на основе титана	1 – 2	До 8
алюминиевые сплавы		
латуни: ЛО 70-1, ЛА 77-2	1 – 2	4 – 6
ЛОМш 70-1-0,05	2 – 5	5 – 10

Межремонтные пробеги трубных пучков составляют от 6 месяцев до 4 лет. Минимальные сроки службы (от 1 года до 5 лет) имеют пучки из углеродистых и кремнемарганцовистых сталей, максимальный (8 – 10 лет и более) – из хромоникелевых сталей, титана и латуней.

На сегодняшний день в России прямые и косвенные потери в результате коррозии холодильного оборудования исчисляются сотнями миллионов рублей в год. Это примерно в 2,5 раза больше, чем в других странах, например, в Англии потери металла из-за коррозионных процессов составляют 3,7 млн. \$ в год, а в США – 4,3 млн. \$ в год.

Приведённые данные о потерях от коррозии свидетельствуют о том, что коррозия наносит серьёзный ущерб национальной экономике.

На пищевых предприятиях, использующих искусственный холод в контурах с промежуточным охлаждением, широко используют водно-солевые и водно-пропиленгликолевые (ВПГ) хладоносители с массовой долей (ω) пропиленгликоля (ПГ) в последних не более 20 %. Значительно реже применяются водно-глицериновые растворы, так как обладают высокой вязкостью, хотя они идеальны с точки зрения экологической безопасности. В целом, данные ХН удовлетворяют предъявляемым к ним требованиям по физико-химическим и теплофизическим свойствам [3].

Пожалуй, единственный существенный их недостаток – это высокая коррозионная активность. В частности, скорость коррозии углеродистой стали Ст20 в растворах этих ХН в зависимости от концентрации соли (NaCl, CaCl) и массовой доли основного компонента составляет от 0,05 до 0,035 мм/год [2]. А по требованиям ГОСТа 28084-89 скорость коррозии не должна превышать значения 0,0047 мм/год.

В последние годы в Институте холода и биотехнологий, в частности, на кафедре ОНиАХ ведутся работы по созданию новых типов ХН – водно-пропиленгликолевых электролитных (ВПГЭ), которые по совокупности свойств, в том числе, по коррозионной активности, превосходят водно-солевые и водно-пропиленгликолевые [4]. Их преимущество является следствием научного подхода к выбору хладоносителя. Этот подход базируется на учете имеющихся и выявлений новых закономерностей, лежащих в основе взаимодействия между компонентами.

Одним из методов борьбы по снижению коррозии сталей является введение в эксплуатацию трёхкомпонентных растворов хладоносителей в контурах промежуточного охлаждения.

Как известно, коррозионная стойкость металлов, контактирующих с хладоносителями, определяется их химическим составом и структурой, наличием механических напряжений, состоянием поверхности, условиями воздействия коррозионной среды. Коррозионная стойкость металла должна обеспечиваться минимальной коррозионной активностью раствора хладоносителя.

В табл.2 представлены экспериментальные данные по коррозионной активности растворов хладоносителей.

Таблица 2

Результаты коррозионных испытаний стали Ст20 в водно-солевых и водно-органических электролитных растворах

Среда	Скорость коррозии $V_{кор.}$ (мм/год)
22%-ый водный раствор NaCl	0,017
22%-ый водный раствор NaCl + ПГ	0,007
40%-ый водный раствор ПГ	0,012
40%-ый водный раствор ПГ + электролит	0,004
40%-ый водный раствор ГЛ	0,011
40%-ый водный раствор ГЛ + электролит	0,010

Из таблицы 2 видно, что коррозионное воздействие на металл ВПГЭ растворов хладоносителей меньше по сравнению с водносолевыми и водно-органическими хладоносителями. Введение пропиленгликоля в раствор, содержащий воду и электролит, способствует снижению концентрации хлорид-ионов за счёт уменьшения степени электролитической диссоциации (α) в смешанном водно-органическом растворителе по сравнению с величиной α в водном растворе. Введение электролита в ВПГ раствор приводит к связыванию молекул растворителя за счёт сольватации, в результате чего его доля уменьшается и, как следствие, снижается коррозионная активность.

Коррозионная активность разработанных хладоносителей зависит от природы и концентрации электролита, а также от массовой доли пропиленгликоля. Нам удалось разработать рецептуры хладоносителей с малой коррозионной активностью. Скорость коррозии Ст20 в растворах ХН с массовой доли ПГ от 26% до 45% и концентрацией электролита от 2,0 до 3,0 моль/кг составляет от 0,01 до 0,008 мм/год, т.е. не превышает допустимых значений в соответствии с требованиями ГОСТа. Для отмеченной группы отраслей пищевой промышленности требуется хладоноситель, температура замерзания которого выше минус 15 - минус 20°C. Этому условию в наибольшей мере отвечает водно-пропиленгликолевый электролитный раствор с масс. содержанием ПГ 14,7-20,9% [5].

В последнее время, в определённых условиях перспективно применение трубных пучков из углеродистой стали с термодиффузионным цинковым покрытием. В этом случае коррозия носит равномерный характер, а потери массы в 2 – 12 раз ниже, чем для незащищённой углеродистой стали.

Наибольший эффект снижения коррозионных потерь может быть достигнут, если меры защиты от коррозии металла предусматриваются на стадии проектирования, а так же при эксплуатации ВПГЭ растворов хладоносителей с низкой коррозионной активностью.

Выводы:

1. Увеличение срока службы и межремонтного пробега холодильного оборудования может быть достигнуто за счет снижения коррозионного воздействия на металлы, что приводит к значительному сокращению материальных и экономических затрат.

2. Системы (ПГ+Н₂О+электролит) по комплексу свойств, в частности по коррозионной устойчивости, имеют преимущества в сравнении с системами на водно-органической основе (ПГ+Н₂О) и на водно-солевой основе.

3. Достоинство используемых хладоносителей обуславливается во многом благодаря тому, что их при их разработке учитывались физико-химические взаимодействия в растворах.

Список литературы:

1. Строкан В.И., Сухотин А.М. Способы защиты оборудования от коррозии – Л.: Химия, 1988. – 280 с.

2. Арчаков Ю.И., Сухотин А.М. Коррозионная стойкость оборудования химических производств. Справ. – Л.: Химия, 1990. – 400 с.

3. Кириллов В.В., Сивачёв А.Е. Основы создания и выбора хладоносителей с оптимальными свойствами для систем косвенного охлаждения. // ЭНЖ СПбГУНиПТ, Серия "Холодильная техника и кондиционирование". – 2010, №1. <http://refrigeration.open-mechanics.com>

4. Кириллов В.В. Теплофизические свойства и коррозионная активность хладоносителей на основе электролит-содержащих водно-пропиленгликолевых растворов. // Холодильная техника. – 2006, №12. – С. 27-30.

5. Эглит А.Я., Кириллов В.В. Электролитный водно-пропиленгликолевый раствор как альтернатива «ледяной воде» на молочных комбинатах. // Вестник МАХ.-2009, №4, с. 27-28.