

УДК 621.9.06

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИЕМЫ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ ДЕТАЛЕЙ ТЕПЛООБМЕННЫХ АППАРАТОВ

Ожиганов Ю.Г.

Проведен анализ защитных способностей ингибирующих присадок при их использовании с целью повышения надежности теплообменных аппаратов.

Современные теплообменные аппараты в значительной мере теряют эксплуатационную надежность при изменении физико-химического состояния трактов охлаждения. Механический и коррозионный износ материала теплообменных систем приводит к появлению свищей, утечке охлаждающих жидкостей. Образование осадков на поверхности трактов, которые состоят из продуктов коррозионного износа, солей жидкости, закоксованных нефтепродуктов влечет за собой снижение теплопроводности стенок системы, искажение теплового поля агрегата, нарушение теплового баланса, создание высоких внутренних напряжений и, как следствие, – образование микротрещин и повышенный расход топлива. К таким теплообменным аппаратам можно отнести широкий круг машин: двигатели внутреннего сгорания, дизель-компрессоры, дизель-электростанции, теплообменники холодильных установок, электростанции тепловых, ядерных установок и т.д.

Для защиты систем охлаждения от кавитационно-коррозионных разрушений используют различные конструктивные способы (рациональное проектирование с целью уменьшения вибраций тепловых напряжений), защитные покрытия (металлические и неметаллические), упрочняющую обработку поверхности металла, химико-термическую обработку, ингибирующие присадки к охлаждающей воде. Применение ингибирующих присадок является одним из наиболее простых и эффективных технологических приемов борьбы с кавитационно-коррозионными разрушениями деталей систем охлаждения.

Несмотря на многообразие используемых в настоящее время ингибиторов в качестве присадок для охлаждающей воды, их выбор в значительной мере осуществляется произвольно, в ряде случаев на основании несистематизированных рекламных материалов.

На основании теоретического положения о нечувствительности электрохимического состояния деформируемого металла к коррозионно-механическим разрушениям в электролите при потенциале незараженной поверхности и возможности регулирования электрохимических процессов при деформации разработан состав водорастворимого ингибитора типа “Кавикор” с высокой степенью защиты металлов от коррозии, коррозионной усталости и кавитационной эрозии [1-4].

Высокая защитная способность от коррозионно-механических разрушений черных и цветных металлов и их сочетании с данным ингибитором, а также выполнение ряда технологических требований достигается в результате:

предотвращения образования осадков различных загрязнений в замкнутых системах охлаждения компонентами присадки, обладающими эффективными моющими свойствами;

уменьшения энергии схлопывания кавитационных пузырьков вследствие их стабилизации вязкой адсорбционной пленкой продуктов взаимодействия отдельных компонентов присадки, а также быстрого повышения давления насыщенного пара внутри пузырьков в результате быстрого испарения летучих продуктов взаимодействия отдельных компонентов присадки;

поддержания определенного интервала pH буферным компонентом присадки.

Основной принцип защитного действия присадки заключается в образовании на поверхности металлов малоактивных адсорбционных пленок, продуктов взаимодействия органических и неорганических составляющих, смещающих стационарные потенциалы металлов в область потенциалов незаряженной поверхности, вследствие чего увеличивается способность металлов адсорбировать малополярные пассивирующие компоненты присадки.

Описываемая присадка обладает синергетическим свойством и приводит к смещению потенциала незаряженной поверхности в положительную сторону при определенных концентрациях (таблица 1).

В связи с тем, что смещение потенциала незаряженной поверхности в сторону электродного потенциала исследуемого металла не вызывает изменения заряда поверхности, а только измеряет его величину, адсорбционный слой на поверхности образуется всеми компонентами присадки сложного состава (в состав входят катионные и анионные добавки). При концентрации присадки, обуславливающей наибольшее приближение электродного потенциала к потенциалу незаряженной поверхности, происходит преимущественная адсорбция компонентов присадки, тормозящая протекание электрохимических процессов на поверхности металла.

Таблица 1 – Потенциалы незаряженной поверхности стали 38 ХМЮА в среде с присадкой “Кавикор”

Концентрация присадки, мг/л	Потенциал незаряженной поверхности, В
0	- 0,70
0,4	- 0,68
0,6	- 0,60
0,8	- 0,66
1,2	- 0,71
1,6	- 0,74

Практические исследования защитной способности присадки подтверждают оптимальность и преимущественность выбранного состава (в т.ч. и концентрации) данной присадки перед другими (таблица 2)

Таблица 2 – Сравнительные испытания различных присадок

Ингибитор	Концентрация % масс	Сталь 34ХМ			Чугун ВЧ		АЛ-4			АМг-6	
		γ_0	γ_c	γ'_c	γ_0	γ_c	γ_0	γ_c	γ'_c	γ_0	γ_c
Дикул-5	0,25	95	5	5	75	50	90	30	н/з	–	–
Экстрол	0,2	92	100	–	–	–	43	32	–	188	н/з
Нитро-фосфат	0,31	80	80	100	48	40	н/з	н/з	н/з	н/з	н/з
Нитро-хромат-фосфат	0,26	94	95	100	96	90	69	60	32	25	20
Кавикор16	0,25	96	98	100	98	95	82	70	43	–	–
Кавикор24	0,5	93	100	100	76	100	76	60	40	81	81
Кавикор 24М	1,0	95	100	100	93	100	94	90	75	96	87

где γ_0 – степень защиты металла в лабораторных условиях, %; γ_c – степень защиты металла в составе реальной системы охлаждения, %; γ'_c – степень защиты металла в составе реальной теплонапряженной системы охлаждения, %; н/з – не защищает

Из приведенных данных видно, что ингибиторы типа “Кавикор” существенно повышают надежность металлов разной природы как на лабораторных образцах, так и в реальных промышленных теплообменных системах в условиях воздействия высоких температур, вибронапряжений, кавитационной эрозии.

Кавитационно-коррозионные характеристики определялись путем снятия поляризационных кривых вибрирующих стальных образцов на магнитно-стрикционных аппаратах в растворах 0,5Н и 0,1Н хлористого натрия, содержащих 1,0% ингибитора “Кавикор 24М” и в растворе 1% ингибитора “Кавикор 24М” в водопроводной воде.

В присутствии “Кавикора 24М” стационарный потенциал вибрирующего электрода в 0,5Н растворе NaCl смещается в положительную сторону и в течение 40 мин испытаний стабилизируется до постоянного значения. В отсутствие Cl-иона в растворе ингибитора потенциал вибрирующего электрода стали 38Х2МЮА не изменяется. Причем, с ростом концентрации ингибитора в растворе амплитуда колебаний потенциала электрода при включении и выключении вибраций уменьшается.

В растворе NaCl наблюдается резкий скачок потенциала стали 38Х2МЮА при выключении вибраций. Следовательно, ингибитор сводит к минимуму опасность резкого усиления электрохимического растворения материала втулки рабочего цилиндра двигателя внутреннею стгорания в момент его остановки или изменения режима работы.

Введение в раствор ингибитора способствует уменьшению доли механоэлектрического разрушения при кавитационной эрозии металла. При

введении ингибитора в дистиллированную воду доля механохимического разрушения уменьшается более чем в 2 раза. Кроме того, в присутствии ингибитора типа “Кавикор” практически исключается адсорбционное воздействие ионов электролита. Например, скорость кавитационной коррозии стали 38Х2МЮА в растворах NaCl и Na₂SO₄ различается в 1,5 раза, но при введении ингибитора эти величины практически не различаются. Следовательно, введение ингибитора типа “Кавикор” способствует формированию на границе раздела металл–раствор адсорбционного слоя, исключающего адсорбцию ионов SO₄²⁻, OH⁻, Cl⁻ и понижающего чувствительность электрохимического состояния металла к деформационному воздействию кавитирующего электролита.

Таблица 3 – Долговечность стали 38Х2МЮА при циклическом нагружении

Амплитуда, МПа	Долговечность (кол-во циклов)	
	Дистиллированная вода + 1% “Кавикор 24М”	Дистиллированная вода
500	350 600	–
480	1 339 700	–
460	–	685 600
450	8 040 500	–
420	9 043 200	–
400	23 266 800	1 217 306
380	102 000 700	–
360	–	3 041 500
350	150 000 000	6 526 300
300	–	10 246 100

Анализ приведенных данных показывает, что введение в дистиллированную воду 1% ингибирующей присадки “Кавикор 24М” приводит к значительному повышению долговечности стали и предела выносливости. Так, при напряжении (амплитуде цикла) 350 МПа долговечность образцов в ингибированной воде выше более чем в 20 раз по сравнению с долговечностью в неингибированной воде (150 000 000 и 65 263 000 циклов).

Санитарный паспорт и ТУ на систему присадок подтверждает экологическую чистоту, безвредность, негорючесть продукта.

Система присадок типа “Кавикор” широко внедрялась и испытана на двигателях внутреннего сгорания морских транспортных судов, рыболовных траулеров, морских нефтедобывающих платформ и может поставляться оптовым потребителям для применения в системах охлаждения любых двигателей внутреннего сгорания, в том числе и автомобильных (особенно теплофорсированных двигателей импортных автомобилей ординарного и высокого класса).

Библиография

1 Росс И.К., Аснин А.С., Коррозия в системах охлаждения дизельных двигателей. — М.: Машиностроение, 1973. — 53 с.

2 Розенфельд И.Я. Ингибиторы коррозии. — М.: Химия, 1977. — 350 с.

3 Ожиганов Ю.Г., Шевченко О.Ф., Окунь Н.М. Современные методы защиты судовых систем от общей и локальной коррозии. — К.: Изд-во об-ва “Знание”, 1982. — 19 с.

4 Ожиганов Ю.Г. Влияние локальных импульсных деформаций на физико-химическую стабильность металлических материалов в водных средах // Сб. науч. трудов / Севастоп. ин-т ядерной энергетики и пром-ти. — 1999. — № 2. — С. 105-109.

Поступила в редакцию 15.06.2000 г.