

В.В. Паршутин, В.Г. Ревенко, Н.С. Шолтоян

ИНГИБИРУЮЩАЯ КОМПОЗИЦИЯ ДЛЯ ПРОТИВОКОРРОЗИОННОЙ ЗАЩИТЫ ВНУТРЕННИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ПАРОВЫХ КОТЛОВ ВО ВРЕМЯ ОСТАНОВА

*Институт прикладной физики АН РМ,
ул. Академией, 5, г. Кишинев, МД-2028, Республика Молдова*

Паровые котлы – один из основных компонентов системы теплоэнергетического оборудования. При их эксплуатации на электростанциях обычно решаются две задачи: во-первых, не допускается уменьшение теплоотдачи за счет осаждения на стенках аппаратов пленок из карбонатов и оксидов; во-вторых, снижается скорость коррозии поверхности котла во время его останова. Эти задачи решаются не одновременно, а последовательно. Первая – вследствие обессоливания и умягчения питательной воды (хотя при этом возрастает коррозионная активность среды), вторая – благодаря ингибированию среды, заливаемой в котел во время останова. При этом противокоррозионные мероприятия должны быть универсальными, то есть обеспечивать надежность работы не только котла, но и всех элементов водоочистки и оборудования тракта питательной воды, а также конденсаторопроводов, при коррозии которых питательная вода обогащается оксидами железа и меди – стимуляторами большинства видов коррозии [1]. Оксиды поступают из питательного тракта и накапливаются в котлах в результате стояночной коррозии, что является предпосылкой процесса подшламовой коррозии [1]. Поэтому предупреждение подшламовой коррозии должно предусматривать борьбу как с коррозией до котлового тракта, так и со стояночной коррозией.

Консервация котлов во время останова производится с целью уменьшения или полного исключения стояночной коррозии металлов, характерной особенностью которой являются образование на поверхности металла язвин и накопление большого количества оксидов железа и меди. Это приводит к развитию коррозионных процессов при дальнейшей эксплуатации оборудования, ухудшению теплообмена и перерасходу тепла, уменьшению прочности трубных систем и, как следствие, – к необходимости их преждевременной замены.

Обычно в качестве ингибирующих композиций при консервации котлов во время их простаивания используют аммиачный раствор нитрита натрия, гидразин и аммиак, сульфит натрия и др. [1–7].

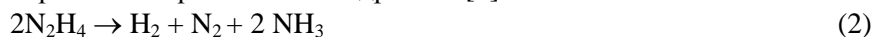
Использование гидразина в теплоэнергетике объясняется его способностью удалять из воды растворенный или химически несвязанный кислород в котлах и системах отопления. При этом молекула гидразина взаимодействует с находящимся в растворенном состоянии кислородом в соответствии с уравнением



Однако скорость реакции гидразина с кислородом при обычной температуре (например, ниже 60°C) невелика. Поэтому гидразин применяют с добавками (акриламидами, металлоорганическими комплексами и др.), ускоряющими его реакцию при невысоких температурах. Преимущество гидразина перед другими восстановителями, в частности сульфитом натрия, состоит в том, что побочным продуктом его окисления чаще всего является азот, легко удаляемый из воды и не являющийся коррозионно-активным компонентом. При окислении же сульфита образуются сульфаты, являющиеся агрессивными агентами, и накопление их в воде нежелательно [8, 9]. Кроме того, добавление в воду гидразина уменьшает содержание кислорода в большей степени, чем введение сульфата [7].

Конкурирующей реакцией, которая может привести к возникновению нежелательных продук-

тов, является каталитическое или термическое разложение гидразина [3]:



или



Образующийся при этом аммиак может вызывать коррозию цветных металлов. Следует помнить, что гидразин ядовит и работать с ним нужно осторожно.

Что касается сульфита натрия, то для увеличения эффективности действия его используют совместно с катализаторами. Однако последние могут отложиться на котловых трубках и тем самым способствовать возникновению питтинговой коррозии [3].

Используемые в практике композиции на основе нитрита натрия [4, 5] содержат его в большом количестве, что небезопасно с экологической точки зрения. Кроме того, они не защищают от коррозии медь и латунь. Медь и ее сплавы обычно защищают композициями с бензотриазолом [2].

Следует отметить, что применяемые ингибирующие композиции обычно обеспечивают защиту от коррозии только одного металла – стали или меди и сплавов на ее основе.

Была поставлена цель разработать ингибирующую композицию, которая, с одной стороны, осуществляла бы одновременную полную защиту таких разнородных металлов, как железо и медь, с другой – позволила существенно снизить концентрацию экологически опасного компонента – нитрита-натрия.

Методика

Проводили оптимизацию состава ингибирующей композиции. После предварительных экспериментов в качестве компонентов композиции выбраны нитрит натрия, уротропин (гексаметилентетрамин) $(\text{CH}_2)_6\text{N}_4$ и бензотриазол $\text{C}_6\text{H}_5\text{N}_3$ (БТА). Они выбраны по следующему признаку. Нитрит натрия часто используется для подавления коррозии железа и сталей в нейтральных водных растворах. Однако следует иметь в виду, что неправильно выбранная концентрация NaNO_2 может привести к локальной коррозии и быстрому выходу из строя оборудования. Кроме того, нитрит натрия не защищает, а даже может вызвать коррозию алюминия, меди, цинка и кадмия [2, 6]. Уротропин, являясь поверхностно-активным веществом, значительно улучшает смачиваемость металлической поверхности. Он хорошо растворим в воде [10], используется в составе ингибирующих композиций, подавляющих кислотную коррозию стали. Бензотриазол – хорошо кристаллизующееся бесцветное соединение, очень устойчивое к кислотам и щелочам, по химическим свойствам представляет чрезвычайно слабое основание, которое, однако, образует стойкие металлические соли [11]. Он обладает ограниченной растворимостью в воде, но его 1% раствор можно получить сравнительно легко, особенно в теплой или горячей воде.

Коррозионные испытания проводили в воде, химический состав которой с учетом некоторых сезонных отклонений соответствовал (мг/л): $\text{CO}_3^{2-} - < 6$, $\text{HCO}_3^- - 98,0$; $\text{Cl}^- - 57,0$; $\text{SO}_4^{2-} - 204,0$; $\text{Ca}^{2+} - 72,5$; $\text{Mg}^{2+} - 19,5$. При этом значение pH изменялось в пределах 7,2–7,6, а общая жесткость равнялась 3,82 мг-экв/л. По индексу Ланжелье (–0,08) вода характеризуется состоянием, близким к равновесному. По суммарному содержанию хлорид- и сульфат-ионов (150 мг/л) вода по классификации И.Л. Розенфельда [2] относится к сильно агрессивным средам. Время испытаний варьировали в пределах 120–500 часов. Температура поддерживалась $20 \pm 0,5^\circ\text{C}$.

Использовали образцы из стали 20 состава, вес.%: С 0,17–0,24; Мн 0,35–0,65; Si 0,17–0,37; Ст $\leq 0,25$; Ni $\leq 0,25$, остальное – железо, а также из меди МО (99,5% Cu) и монофазной латуни Л80 (80% Cu и 20% Zn). При коррозионных испытаниях образцы размером 50x25x3 мм полностью погружали в раствор на одинаковую глубину при свободном доступе воздуха. Их исходная шероховатость соответствовала обработке шлифованием. Потери от коррозии регистрировались гравиметрически. Эффект действия ингибитора количественно оценивался по критерию степени защиты, определяемому по формуле $Z = (k - k_1)/k$, где k и k_1 – скорости коррозии металла с применением ингибитора и без него. Степень защиты характеризует полноту подавления коррозии. Для оценки эффективности ингибиторов использовали коэффициент торможения $\gamma = k/k_1$, показывающий, во сколько раз снижается скорость коррозии в результате действия ингибитора. Оценку результатов коррозионных испытаний проводили по площади коррозионных поражений (%) и времени появления первых очагов коррозии (ч).

Перед опытом образцы тщательно обезжировали венской известью, промывали дистиллированной водой и высушивали фильтрованной бумагой. После испытаний их вынимали, высушивали вначале на воздухе, а затем в эксикаторе над слоем прокаленного CaCl_2 . Боковую поверхность образца изолировали лаком. Удаление продуктов коррозии со стальных образцов осуществляли в 0,5М растворе HCl с добавлением 0,5% уротропина, а с медных – в 5% растворе H_2SO_4 .

Фазовый состав продуктов коррозии изучали методом рентгенофазового анализа на универсальных дифрактометрах HZG – 4В и ДРОН-3М при кобальтовом или медном излучении. Использовали обычную рентгеновскую дифракцию по схеме $\Theta - 2\Theta$, а также методику со скользящей геометрией падения рентгеновского луча.

Результаты экспериментов и их обсуждение

Из анализа результатов исследований (табл. 1) следует, что наименьшей стойкостью в воде обладает сталь. Первые очаги коррозии появляются на ней уже через четверть часа, тогда как медь и латунь начинают корродировать через два часа. Скорость коррозии стали (без контакта с медью) и ее сплавами на порядок больше, чем у меди. Латунь подвергается коррозии в два раза медленнее меди. Однако известно [3], что при испытании меди и латуни отмечена явная зависимость скорости коррозии от содержания кислорода, влияние которого на коррозию других металлов значительно меньше. Продукты коррозии меди и ее сплавов могут ускорять растворение стали, а при наличии гальванических пар положение усугубляется.

Таблица 1. Влияние среды на коррозию металлов (продолжительность испытаний 240 ч)

Состав коррозионной среды, г/л	Материал образца	Время до появления первых очагов коррозии, ч	Скорость коррозии, г/(м ² ·сут)	Коэффициент торможения γ	Степень защиты z , %
H ₂ O	Ст. 20	0,25	1,45	–	–
	МО	2	0,15	–	–
	Л80	2	0,06	–	–
H ₂ O+NaNO ₂ 200 [4]	Ст. 20	Нет поражений	0,0	–	100,0
	МО	0,5	1,02	-6,8	–
	Л80	1	0,38	-6,3	–
H ₂ O+NaNO ₂ 200+сульфатцеллюлозный щелок 100 + малярный клей 30 [5]	Ст. 20	Нет поражений	0,0	0,0	100,0
	МО	1	1,41	-9,4	–
	Л80	1	0,53	-8,8	–
H ₂ O+N ₂ H ₄ [2]	Ст. 20	40	0,15	9,7	89,7
	МО	2	0,153	-1,02	–
	Л80	2	0,063	-1,05	–
H ₂ O+NaNO ₂ 10	Ст. 20	48	0,01	145,0	99,3
	МО	4	0,71	-4,7	–
	Л80	4	0,21	-3,5	–
H ₂ O+NaNO ₂ 20	Ст. 20	Нет поражений	0,0	–	100,0
	МО	4	0,75	-5,0	–
	Л80	4	0,26	-4,3	–
H ₂ O+БТА 0,1	Ст. 20	1	1,82	-1,26	–
	МО	20	0,05	3,00	66,7
	Л80	22	0,016	3,75	73,3
H ₂ O+БТА 0,5	Ст. 20	1	0,86	1,69	40,7
	МО	Нет поражений	0,0	–	100,0
	Л80	То же	0,0	–	100,0
H ₂ O+БТА 0,75	Ст. 20	4	0,68	2,1	53,1
	МО	Нет поражений	0,0	–	100,0
	Л80	То же	0,0	–	100,0
H ₂ O+уротропии 10	Ст. 20	5	1,10	1,3	24,1
	МО	2	0,22	-1,5	–
	Л80	2	0,08	-1,3	–
H ₂ O+уротропии 20	Ст. 20	6	1,05	1,4	27,6
	МО	2	0,18	-1,2	–
	Л80	2	0,07	-1,2	–
H ₂ O+ NaNO ₂ 20+уротропии 20	Ст. 20	Нет поражений	0,0	–	100,0
	МО	6	0,24	-1,6	–
	Л80	12	0,09	-1,5	–

Продолжение табл. 1

Состав коррозионной среды, г/л	Материал образца	Время до появления первых очагов коррозии, ч	Скорость коррозии k , г/(м ² ·сут)	Коэффициент торможения γ	Степень защиты z , %
H ₂ O+ NaNO ₂ 1+уротропии 1	Ст. 20	16	0,014	103,6	99,0
	МО	10	0,23	-1,5	–
	Л80	12	0,08	-1,3	–
H ₂ O+ NaNO ₂ 1+уротропии 1+ +БТА 0,5	Ст. 20	18	0,013	111,5	99,1
	МО	Нет поражений	0,0	–	100,0
	Л80	То же	0,0	–	100,0
H ₂ O+ NaNO ₂ 20+БТА 0,5	Ст. 20	Нет поражений	0,0	–	100,0
	МО	5	0,25	-1,7	–
	Л80	5	0,08	-1,3	–
H ₂ O+ NaNO ₂ 5+уротропии 5+ +БТА 0,5	Ст. 20	96	0,005	290,0	99,66
	МО	Нет поражений	0,0	–	100,0
	Л80	То же	0,0	–	100,0
H ₂ O+ NaNO ₂ 20+уротропии 20+ +БТА 0,5	Ст. 20	Нет поражений	0,0	–	100,0
	МО	То же	0,0	–	100,0
	Л80	“ – ”	0,0	–	100,0
H ₂ O+ NaNO ₂ 10+уротропии 10+ +БТА 1,0	Ст. 20	То же	0,0	–	100,0
	МО	“ – ”	0,0	–	100,0
	Л80	“ – ”	0,0	–	100,0
H ₂ O+ NaNO ₂ 10+уротропии 10+ +БТА 0,75	Ст. 20	То же	0,0	–	100,0
	МО	“ – ”	0,0	–	100,0
	Л80	“ – ”	0,0	–	100,0

При коррозии стали содержание железа в воде с увеличением времени испытаний растет, при этом наблюдается медленное подщелачивание коррозионной среды. В первые часы испытаний образовывалась рыхлая бледно-зеленая пленка Fe(OH)₂, которая, медленно окисляясь на границе контакта с водой, переходила в красно-коричневую или бурую Fe(OH)₃, временами отслаивающуюся и падающую на дно. Под ними формировалась более плотная пленка с лучшей адгезией к поверхности металла, покрывавшая уже всю корродирующую поверхность металла при большой выдержке образцов в коррозионной среде. В ее составе отмечены – FeOOH, γ -FeOOH, γ -Fe₂O₃ и γ -Fe₂O₃·H₂O.

При коррозии в воде на меди наблюдались двухслойные продукты коррозии. Непосредственно на металле образовывалась практически не растворимая в воде закись Cu₂O. Внешний слой в основном состоял из синей гидроокиси Cu(OH)₂, однако были зафиксированы слабые рефлекссы от окиси меди CuO. На латуни формировались тоже два слоя. Внутренний содержал только закись меди, оксида цинка не было, а во внешнем кроме Cu(OH)₂ отмечены рефлекссы Zn(OH)₂. Хлориды и сульфаты меди (несмотря на высокое содержание ионов Cl⁻ и SO₄²⁻ в воде) не найдены. Если они и образовывались на поверхности металла, то легко растворялись в воде.

Известный ингибитор [4], содержащий 200 г/л NaNO₂, обеспечивает стопроцентную защиту котловой стали, однако скорость коррозии меди и латуни при этом по сравнению с коррозией в воде увеличивается более чем в шесть раз, а первые очаги поражений появляются на меди через полчаса, на латуни – через час. Однако раствор плох и тем, что котел перед пуском в эксплуатацию надо тщательно промыть от остатков NaNO₂ [2].

Другой известный ингибитор [5], содержащий (г/л) NaNO₂ 200, сульфатцеллюлозного щелоча 100 и малярного клея 30, обеспечивает полную защиту стали в воде, создавая довольно плотную защитную пленку с улучшенной адгезией к поверхности металла. Однако для меди и латуни он является стимулятором коррозии, ускоряя ее более чем в восемь раз по сравнению с водой. Первые очаги поражений на них появляются через час после испытаний. Кроме того, после завершения консервации этим составом необычайно сложно вывести с обрабатываемой поверхности химикаты, чтобы их наличие впоследствии не оказало вредного влияния на состояние агрегата в процессе эксплуатации.

Гидразин в концентрации 1 г/л [2] в 9,7 раза уменьшает коррозию стали (при $Z = 89,7\%$). Однако медь и латунь корродируют в этой среде со скоростью, несколько превышающей скорость их коррозии в воде. Первые очаги поражения появляются через два часа. Из-за токсичности гидразина работать с этим раствором надо очень осторожно.

Нитрит натрия даже при на 1–2 порядка меньших концентрациях, чем в [4, 5], защищает сталь от коррозии, уменьшая коррозионные потери в 72,5 раза ($Z = 98,6\%$) при содержании NaNO_2 , равном 1 г/л, и обеспечивая полную защиту при 20 г/л (табл. 2). В этом случае методикой со скользящей геометрией падения рентгеновского луча в поверхностном слое стали была обнаружена тонкая пассивирующая пленка, состоящая из $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$, появление которой на анодных участках, вероятно, обусловлено окислительной способностью иона NO_2^- [2]:



Вероятно, снижение скорости коррозии стали связано и с замедлением реакции ионизации железа благодаря адсорбции ионов NO_2^- на поверхности металла [2, 12].

Таблица 2. Влияние среды на коррозию стали 20 (продолжительность испытаний 240 ч)

Состав коррозионной среды, г/л	Площадь коррозионных поражений, %	Время до появления первых очагов коррозии, ч	Скорость коррозии k , г/(м ² ·сут)	Коэффициент торможения γ	Степень защиты z , %	
H_2O	100	0,25	1,45	–	–	
$\text{H}_2\text{O} + \text{NaNO}_2$	1	2,5	4	0,02	72,5	98,6
	2	2,0	15	0,014	103,6	99,03
	5	0,7	24	0,011	131,8	99,24
	10	0,4	48	0,01	145,0	99,31
	20	0,0	Нет поражений	0,0	–	100,0
$\text{H}_2\text{O} + \text{уротропии}$	1	95,0	1	1,4	1,04	3,44
	2	87,0	1,5	1,3	1,12	10,3
	5	50,0	3	1,19	1,22	17,9
	10	38,0	5	1,1	1,32	24,14
	20	28,0	6	1,05	1,40	27,6
$\text{H}_2\text{O} + \text{NaNO}_2 0,5 + \text{уротропии} 0,5$		2,0	7	0,03	48,30	97,93
	1 1,0	0,2	16	0,014	103,6	99,03
	2 2,0	0,16	42	0,01	145,0	99,31
	5 5,0	0,08	56	0,008	181,25	99,45
	10 10	0,02	96	0,006	241,7	99,59
	20 20	0,0	Нет поражений	0,0	–	100,0
$\text{NaNO}_2 + \text{БТА}$	0,01	100,0	1	2,21	-1,50	–
	0,05	100,0	1	1,86	-1,30	–
	0,10	98,0	1	1,72	-1,19	–
	0,20	87,0	1	1,60	-1,10	–
	0,40	64,0	1	0,99	1,46	31,7
	0,50	43,0	1	0,86	1,69	40,7
	0,75	25,0	1	0,68	2,10	53,1
	1,00	21,0	1	0,46	3,15	68,3
$\text{NaNO}_2 + \text{NaNO}_2 2 + \text{БТА} 0,1 + \text{уротропии} 1$		10,0	42	0,08	18,13	98,48
	5 0,25 5	0,0	Нет поражений	0,0	–	100,0
	10 0,25 2	0,0	То же	0,0	–	100,0
	1 0,5 1	0,0	“ – ”	0,0	–	100,0

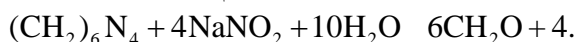
Следует отметить, что из-за наличия в кишиневском водопроводе значительного количества агрессивных Cl^- и SO_4^{2-} -ионов концентрация нитрита, необходимая для подавления коррозии, существенно выше, чем для дистиллированной воды ($1,38 \cdot 10^{-2}$ г/л [2]).

Однако для меди и латуни нитрит натрия даже при этих невысоких концентрациях является стимулятором коррозии и увеличивает скорость процесса в три–пять раз (табл. 1).

Уротропин, будучи поверхностно-активным веществом, в нейтральных средах значительно улучшает смачиваемость металлической поверхности, способствуя тем самым получению ровной однородной поверхности металла, что несколько повышает коррозионную стойкость последней. К тому же уротропин, выборочно адсорбируясь на металлической поверхности [2], способствует зале-

чиванию дефектов оксидной пленки, способствуя более полной пассивации. Хотя это влияние не слишком велико. Так, при концентрации уротропина в 20 г/л скорость коррозии стали уменьшается в 1,4 раза при степени защиты $Z = 27,6\%$ (табл. 2). Первые очаги поражений появляются через час испытаний. Для меди и латуни влияние уротропина негативное. Он является стимулятором коррозии, ускоряя ее в 1,2–1,4 раза (табл. 1).

Однако видно, что совместное влияние нитрита натрия и уротропина на коррозию стали в воде более существенно, чем действие каждого компонента в отдельности. В нейтральной среде, какой является вода, добавление уротропина к нитриту натрия приводит к усилению пассивирующего действия последнего за счет синергетического взаимодействия его с уротропином [2, 12, 13]. В результате появляются обладающий противокоррозионными свойствами аммиак и окислитель – азотистая кислота, способствующие большей пассивации стали:



Из данных табл. 2 видно, что даже при малых концентрациях компонентов в смеси (например, по 0,5 г/л каждого) скорость коррозии уменьшается более чем в 48 раз при степени защиты Z почти 98%. С дальнейшим повышением концентрации компонентов коррозионные потери уменьшаются еще больше, а при их концентрациях по 20 г/л каждого коррозия стали полностью прекращается. Однако эта же смесь компонентов для меди и латуни является стимулятором коррозии, увеличивая ее скорость в 1,3–1,5 раза, что значительно меньше, чем в растворе NaNO_2 (табл. 1).

Бензотриазол подавляет коррозию меди и латуни в воде. Так, уже при его концентрации 0,1 г/л коррозионные потери меди снижаются в три раза (при $Z = 66,7\%$), а латуни – в 3,75 раза (при $Z = 73,3\%$) (табл. 1). При концентрации БТА, равной 0,5 г/л, коррозия этих металлов прекращается полностью. Литературные данные по влиянию БТА на коррозию меди противоречивы. Так, в [11] утверждается, что БТА является замедлителем, при концентрации 1% не полностью останавливающим процесс коррозии. Коэффициент торможения γ при этом равен 16, а степень защиты $\gamma - Z = 97,3\%$. Но те же авторы в работе [14] утверждают, что уже концентрация БТА 0,001% является достаточной для полной защиты меди в воде.

Пленка, образованная на меди и латуни, чрезвычайно тонка и не удаляется ни водой, ни органическими растворителями. Механизм защитного действия бензотриазола связывают в первую очередь с усовершенствованием естественной оксидной пленки толщиной 50 Å, находящейся на поверхности меди, за счет образования в ее дефектах труднорастворимых комплексных соединений БТА с одно- и двухвалентной медью [2, 12]. Для образования устойчивой связи меди с БТА большую роль играет как подвижный водород, так и атом азота. С первым медь связывается за счет ковалентной связи, со вторым – координационной связью, образующейся вследствие спаривания электронов атома азота.

Для стали БТА до концентрации, равной 0,2 г/л, является стимулятором коррозии, увеличивая ее скорость в 1,2–1,8 раза (табл. 2). На корродирующей поверхности образуется большое количество видимых фазовых соединений, покрывающих поверхность металла равномерным слоем. Продукты коррозии не имеют прочной связи с поверхностью металла и легко смываются водой. Поверхность стали под ними равномерно потемневшая, язвенная коррозия отсутствует.

Однако концентрация 0,4 г/л БТА благоприятно действует на сталь, подавляя коррозионный процесс. Так, по нашим данным, при концентрации 1,0 г/л скорость коррозии стали уменьшается в 3,15 раза при степени защиты $Z = 68,3\%$, хотя есть сведения [6], что при этой концентрации БТА достигается эффективная защита стали в контакте с медью.

Если композиция содержит сразу три компонента, то даже при малых концентрациях обеспечивается существенная одновременная защита стали, меди и латуни (табл. 1). При определенных соотношениях компонентов коррозия этих металлов подавляется полностью. Синергетический эффект взаимодействия, возможно, вызван следующим. Наличие серы, азота, кислорода со свободными электронными парами у бензотриазола приводит к образованию на защищаемых поверхностях разнородных металлов нерастворимой хемосорбционной пленки [11]. Присутствие в смеси поверхностно-активного вещества уротропина, его взаимодействие с БТА и NaNO_2 способствует росту толщины и защитной способности хемосорбционной пленки, предохраняя металлы от разрушения.

Таким образом показано, что использование каждого из компонентов в отдельности не решает окончательно вопрос одновременной полной защиты разнородных металлических поверхностей и только ингибирующая композиция, состоящая г/л: NaNO_2 – 1–20, уротропин – 1–20, бензотриазол – 0,5–1,0, вода – остальное [15] – защищает внутреннюю поверхность паровых котлов во время консервации.

Нижние пределы концентраций компонентов выбраны из расчета снижения коррозионных поражений на уровне аналогов, а верхние – из стабильности противокоррозионной защиты, когда увеличение концентрации компонентов уже не влияет на характер процессов, происходящих на защищаемой поверхности металлов.

Эта композиция выгодно отличается от ранее применяемой гидразинно-аммиачной, которая, во-первых, не является универсальной, так как не защищает одновременно медь и сталь, что приводит к разрушению латунных и медных поверхностей в конденсаторах и бойлерах, во-вторых, не обеспечивает стопроцентной защиты даже самой стали от коррозии. Кроме того, проведение гидразинно-аммиачного способа консервации требует больших энергетических затрат за счет существенного разогрева смеси и обеспечивает гарантийный срок защиты от коррозии на один месяц. Останов котла на более длительный срок приводит к необходимости повторной консервации. Предлагаемая композиция значительно надежней и удобней тех, в которых используются высокие концентрации нитрита натрия. Она позволяет на порядок снизить концентрацию экологически опасного нитрита натрия и одновременно обеспечить полную защиту в котлах во время останова таких различных металлов, как сталь, с одной стороны, и медь и латунь – с другой. Разработанная композиция позволяет облегчить дальнейшую эксплуатацию паровых котлов, поскольку не требует проведения дополнительной промывки после слива консервирующего раствора.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сухотин А.М., Богачев А.Ф., Пальмский В.Г. и др. Коррозионная стойкость оборудования химических производств. Коррозия под действием теплоносителей, хладагентов и рабочих тел. Л., 1988.
2. Розенфельд И.Л. Ингибиторы коррозии. М., 1977.
3. Брегман Дж. Ингибиторы коррозии. М.-Л., 1966.
4. Ингибиторы // Химическая энциклопедия. М., 1963. Т. 2. С. 228–234.
5. А.с. СССР. №245516. Кл.С23 F 11/06. Бюл. изобр. № 19. 1969.
6. Алцыбеева А.И., Левин С.З. Ингибиторы коррозии металлов. Л., 1968.
7. Робинсон Дж.С. Ингибиторы коррозии. М., 1983.
8. Герасимов В.В. Коррозия сталей в нейтральных водных средах. М., 1981.
9. Паршутин В.В., Шолтоян Н.С. Коррозия стали в модельных средах, природных и технологических водах // Электронная обработка материалов. 1999. № 6. С. 32 – 52.
10. Гексаметилтетрамин // Химическая энциклопедия. Т. 1. М., 1988. С. 507.
11. Незиимова Т.Г., Добровольская В.П., Баранник В.П. Исследование защитного действия бензолтриазола в нейтральных и кислых средах // Укр. хим. журнал. 1965. Т. 31. № 12. С. 1337–1342.
12. Розенфельд И.Л., Персианцева В.П. Ингибиторы атмосферной коррозии. М., 1985.
13. Singh D.D.N., Banerjee M.K. Vapour phase corrosion inhibitors – a revive // Anti – Corros. Meth. and Mater. 1984. V. 31. № 6. P. 4–8, 22.
14. Незиимова Т.Г., Добровольская В.П., Баранник В.П. Исследование защитного действия бензотриазола в нейтральных и кислых растворах // Журнал прикладной химии. 1965. Т. 38. № 10. С. 2388–2390.
15. Патент Молдовы № 1690 от 15.06.1998 г. Кл. С23 F 11/00.

Поступила 16.04.04

Summary

The new composition of inhibitors for effective protection black and color metals from corrosion by rust-preventive treatment of steam boilers was proposed. The inhibiting composition was prepared by addition of urotropinum and benzotriazol in the solution of sodium nitrite. Inhibiting by means of this composition is preferable to drastic refining of boilers and has made it possible to decrease expenses in its fether exploitation and to improve condition of work also. As the result 100% inhibition of protection steel, copper and brass from corrosion simultaneously is supported.