

DESCRIÇÃO
DA
PATENTE DE INVENÇÃO

N.º 97 364

REQUERENTE: W.R. GRACE & CO.-CONN., norte-americana,
com sede em 1114 Avenue of the Americas,
New York, New York 10036, Estados Unidos
da América

EPÍGRAFE: "Processo de inibição ou prevenção da corrosão
e/ou incrustação em sistemas aquosos"

INVENTORES: Peter Kamiel Lambert Ghislaine Thevissen

Reivindicação do direito de prioridade ao abrigo do artigo 4.º da Convenção de Paris
de 20 de Março de 1883.

Patente Europeia, em 13 de Abril de 1990, sob o
n.º. 90870057.8



PATENTE Nº. 97 364

"Processo de controlo de depósitos e de corrosão em instalações de tratamento de águas"

para que

W.R. GRACE & CO.-CONN., pretende obter privilégio de invenção em Portugal.

R E S U M O

O presente invento refere-se a um processo para inibir ou evitar a corrosão e/ou incrustação em sistemas aquosos por tratamento do sistema com dióxido de carbono juntamente com certos inibidores da corrosão e da incrustação. O dióxido de carbono é adicionado numa quantidade necessária para regular o pH do sistema aquoso abaixo de 9,0. A combinação da regulação do pH com dióxido de carbono e com certos inibidores da incrustação e de corrosão, permite, surpreendentemente, uma redução substancial da quantidade de inibidores da incrustação e/ou corrosão, necessária para tratar eficazmente o sistema.



D E S C R I Ç Ã O

O presente invento refere-se a um processo de inibição de corrosão e de incrustação em sistemas aquosos, e, mais particularmente à utilização de uma combinação de dióxido de carbono com certos inibidores de corrosão e de incrustação, combinação essa que, surpreendentemente e inesperadamente, origina uma redução substancial das quantidades de dosagem de inibidores de corrosão e de incrustação que são necessárias para inibir a formação de corrosão ou incrustação.

Em quase toda a água de abastecimento bruto está presente dureza na forma de bicarbonato de cálcio ou de magnésio e é muitas vezes referida como dureza de carbonato. Nos sistemas de arrefecimento por água, a água circula através do equipamento de transferência de calor e arrefece subsequentemente por evaporação de uma parte da água em circulação à medida que a água passa numa torre de arrefecimento. Devido à evaporação que ocorre no arrefecedor, os sólidos dissolvidos e os sólidos em suspensão na água ficam concentrados. Quando as concentrações de iões cálcio e de iões carbonato excedem a solubilidade dos seus produtos de reacção, precipita uma fase sólida de carbonato de cálcio. A precipitação de sais densos aderentes é conhecida como incrustação.

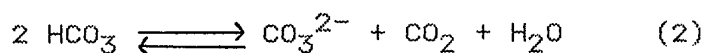
Sabe-se que, quando a água de recirculação, em particular a água dura, é aquecida, como por exemplo em sistemas de permutação de calor, formam-se incrustações na superfície dos permutadores de calor que contactam com a água. Por exemplo, sabe-se que as incrustações acumulam-se nas superfícies internas de vários sistemas aquosos industriais, tais como sistemas de caldeiras e de arrefecimento. Uma vez que a incrustação é um isolador de calor, a acumulação de incrustações nestes sistemas diminui substancialmente a sua eficiência operacional e se não for tratada pode também originar o entupimento dos tubos dos permutadores de calor.

A reacção de formação da incrustação mais importante nas aplicações de tratamento de águas é a formação de carbonato de cálcio como se ilustra na reacção seguinte:

-3-



Sob a influência do calor, forma-se carbonato na água como se ilustra na reacção seguinte:



Como é evidente da reacção (2), se se permite que o dióxido de carbono saia da água, o equilíbrio da reacção é deslocado para a direita e formam-se iões carbonato.

A prática comum mais usada para evitar a formação excessiva de carbonato é controlar o pH por adição de ácidos inorgânicos fortes tais como o ácido sulfúrico ou o ácido clorídrico. No entanto, a utilização de ácidos inorgânicos fortes torna a água muito corrosiva devido à eliminação de iões bicarbonato da água e à sua substituição por iões sulfato e cloreto. Para controlar a corrosão, desenvolveu-se um certo número de formulações para inibidores de corrosão que podem conter um ou mais dos produtos químicos seguintes: cromato, nitrato, silicato, compostos contendo fósforo, zinco molibdato e polímeros. Estas formulações podem também conter, além dos inibidores de corrosão referidos, outros aditivos tais como tensioactivos, complexantes de ferro, etc.

Outro processo para controlar a formação de incrustações de carbonato de cálcio é a adição de formulações de inibidores de incrustações de carbonato de cálcio de alta eficiência. Estas formulações são usadas sem regulação de pH. Em aplicações de água de arrefecimento, estes processos estão a ficar muito populares através do desenvolvimento de formulações totalmente orgânicas.

O tratamento de águas sem regulação do pH tem a vantagem da água ser menos corrosiva que no caso anterior e consequentemente podem ser usadas menores quantidades de inibidores de corrosão ou menos produtos químicos tóxicos. No entanto tem-se como desvantagem por não se usar regulação de pH o facto de se limitar ciclos de água de circulação, i.e. os "ciclos de concentração". Os ciclos de concentração são uma indicação do teor em sólidos na água

em circulação comparado com o teor de sólidos na água de compensação. No entanto, nos sistemas de recirculação abertos onde o mecanismo de arrefecimento principal é a evaporação, a água recirculada é evaporada, e os minerais nela contidos permanecem, tornando-a mais concentrada do que a água de compensação. Muitas vezes isto conduz a condições saturadas e a um aumento substancial do pH. Assim, na ausência de um controlo do pH, o pH da água de recirculação atinge níveis onde se formam as incrustações. A incrustação de carbonato de cálcio pode ser prevista qualitativamente usando o índice de Estabilidade de Ryznar (RSI) que é definido como: $RSI = 2(pH_s) - pH_a$ (onde pH_s é uma função dos sólidos totais, temperatura, cálcio e alcalinidade). O RSI representa o pH ao qual a água, com um dado teor em cálcio e alcalinidade, está em equilíbrio com o carbonato de cálcio. Quando o valor do índice de Estabilidade de Ryznar é 6,0 ou menos, indica uma tendência para o carbonato de cálcio se depositar. Presentemente, na ausência de controlo de pH, atinge-se um índice de Estabilidade de Ryznar não inferior a cerca de 3.

Um outro processo de controlo de incrustações, não muito usado, envolve a injeção de dióxido de carbono na água pelo que o equilíbrio da reacção (2) é deslocado para a esquerda.

Uma descrição extensiva deste processo para aplicações em águas de arrefecimento é dada por E. Wahnschaffe (VGB Speisewassersertagung, p. 21-27 (1970)). Com vista à supressão eficaz da formação de carbonato de cálcio, o pH da água de arrefecimento deverá ser regulado bem abaixo de 8,3. No entanto, a este pH, o consumo de dióxido de carbono é excessivo e a tendência corrosiva da água torna-se um grave problema.

Verificou-se agora que a regulação do pH com dióxido de carbono, combinada com um ou mais produtos químicos inibidores de incrustação e/ou corrosão, específicos, origina surpreendentemente uma maior eficiência global nos programas de tratamento de águas do que no caso em que os mesmos produtos químicos para tratamento de águas são usados em conjunto com a regulação do pH por ácidos inorgânicos fortes ou sem qualquer regulação de pH. De



acordo com o processo deste invento, a corrosão e incrustação nos sistemas aquosos industriais podem ser substancialmente eliminadas. De facto, são necessárias menores dosagens de produtos químicos para tratamento de águas do que nos processos de tratamento clássicos; além disso, em muitos casos a água com elevado teor em sal pode ser manuseada sem problemas, ou no caso do tratamento de água de arrefecimento são possíveis maiores ciclos de concentração. Assim a descarga pode ser menor e são necessários, menos produtos químicos o que não só faz com que se gaste menos dinheiro como também reduz a quantidade de produtos químicos para tratamento de águas que é descarregado para o meio ambiente.

De acordo com o presente invento, proporciona-se um processo para evitar ou inibir a corrosão e/ou a incrustação em sistemas aquosos, que compreende a adição ao sistema de dióxido de carbono como um regulador do pH juntamente com um ou mais dos seguintes:

- (a) um ou mais polímeros solúveis em água com propriedades estabilizadoras do carbonato de cálcio e/ou anti-corrosivas;
- (b) um ou mais fosfonatos solúveis em água com propriedades anti-precipitantes e/ou anti-corrosivas;
- (c) um ou mais inibidores de corrosão e/ou incrustação, solúveis em água, seleccionados de entre o grupo que consistem em;
 - sais de zinco,
 - sais céricos ou cerosos,
 - produtos químicos inorgânicos contendo fósforo,
 - silicatos,
 - cromatos,
 - molibdatos,
 - lenhossulfonatos,
 - taninos,
 - nitritos,
 - ácidos carboxílicos orgânicos ou os seus sais,
 - dióis poliméricos,
 - complexantes de ferro,
 - inibidores de corrosão de cobre,
 - compostos poli-hidroxi,



- ésteres de fosfato,
- aminas,

no geral o dióxido de carbono é adicionado ao sistema numa quantidade eficaz para manter o pH do sistema abaixo de 9,0, e para inibir a formação de incrustação e/ou de corrosão.

Os produtos químicos inorgânicos com fósforo, adequados, incluem fosfatos, polifosfatos, ácido ortofosforoso ou os seus sais solúveis em água.

Os ácidos carboxílicos orgânicos adequados ou os seus sais incluem ácidos carboxílicos cicloalifáticos, ácidos carboxílicos alifáticos, ácidos carboxílicos aromáticos e ácidos carboxílicos heterocíclicos.

Os dióis poliméricos adequados incluem glicóis de polialquilenos, copolímeros de óxido de etileno e de óxido de propileno, moléculas orgânicas etoxiladas e moléculas orgânicas propoxiladas.

Os complexantes de ferro, adequados, incluem ácido cítrico, ácido glucónico, ácido gluco-heptónico, ácidos aminocarboxílicos, metanol-diglicina de di-sódio e ácido etilenodiamina-tetra-acético.

Os inibidores de corrosão de cobre, adequados, incluem benzotriazole, toliltriazole, butilbenzotriazole e 2-mercaptobenzotriazole.

Os compostos poli-hidroxi, adequados, para utilização neste invento incluem manitol e sorbitol.

Os ésteres de fosfato adequados para utilização neste invento incluem ésteres de fosfato e poliol, fosfatos cíclicos de alquilo etoxilado.

As aminas adequadas para utilização neste invento incluem aminas gordas e aminas neutralizantes.

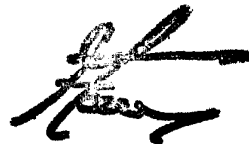


O dióxido de carbono pode ser fornecido à água em qualquer forma, seja gás, sólido ou líquido. O dióxido de carbono pode também ser fornecido a partir de uma vasta gama de fontes: gases de combustão ou dióxido de carbono em recipientes, por exemplo. O gás pode também ser gerado através da decomposição de produtos químicos libertadores de dióxido de carbono ou por acção de ácidos inorgânicos ou orgânicos em produtos químicos libertadores de dióxido de carbono tal como o carbonato de cálcio. Se o dióxido de carbono não estiver suficientemente limpo, pode ser purificado com filtros, ou no caso de gases de combustão derivados de fuelóleo pesado, libertado do SO_3 através de condensação. O SO_2 presente nos gases de combustão de combustíveis como o enxofre pode ser usado como biocida. A regulação de pH com dióxido de carbono pode também ser combinada com a regulação clássica do pH com ácidos inorgânicos tais como ácido sulfúrico e clorídrico, ou ácidos orgânicos. O ácido inorgânico forte pode ser formado in situ, por exemplo se o SO_3 resultante da combustão de combustíveis com enxofre for introduzido na água juntamente com o dióxido de carbono.

O dióxido de carbono pode ser misturado com a água de várias maneiras; pode ser insuflado na água através dum ventilador, do-seado directamente na água ou misturado com o ar que entra na torre de arrefecimento. Um outro processo bastante eficaz compreende a mistura do dióxido de carbono com a água através de um sistema de venturi, eventualmente misturado em duas etapas sucessivas. No entanto, pode ser utilizada qualquer outra técnica de mistura.

Os polímeros solúveis em água adequados para utilização neste invento possuem propriedades estabilizadoras do carbonato de cálcio e/ou anti-corrosivas, e podem ser utilizados sozinhos ou combinados com outros produtos químicos para tratamento de águas. Estes polímeros podem ser preparados a partir de monómeros aniónicos, não iónicos, catiónicos ou com betaina ou suas misturas.

Exemplos de monómeros aniónicos adequados são: ácido acrílico, ácido metacrílico, ácido maleico, ácido itacónico, ácido 3-



-acrilamido-3-metil-butanóico, monómeros com sulfonato tais como, ácido vinilsulfônico, ácido metalil-sulfônico, ácido 2-acrilamida-2-metilpropanossulfônico, éter alil-hidroxi-propilsulfonato, ácido estirenosulfônico, monómeros com sulfato tais como, o éster sulfato do hidroxipropil(metil)acrilato, monómeros com fosfonatos tais como, ácido 2-acrilamido-2-metilpropanofosfônico, e ácido isopropenilfosfônico, monómeros com fosfato tais como, éter de alil-2-hidroxipropilfosfato.

Exemplos de monómeros não iônicos adequados incluem, acrilamida, t-butilacrilamida, acrilonitrilo, anidrido maleico, acetato de vinilo, álcool vinílico, álcool alílico, ésteres de ácido acrílico e metacrílico tal como o acrilato de etilo e o metacrilato de metilo, acrilato de hidroxietilo, acrilato de 2-hidroxipropilo, metacrilato de hidroxietilo, alilamina, vinilamina, polialquilenoglicol(metil)acrilato.

Os monómeros com betaína tais como N-metacroiloxi-etil-N-(3-sulfopropil)-N,N-dimetilamônio-betaína, N-metacril-oxietil-N-(3-fosfonopropil)-N,N-dimetilamônio-betaína, N-metacroiloxietil-N-(3-sulfatopropil)-N,N-dimetilamônio-betaína, N-metacroiloxietil-N-(3-fosfatopropil)-N,N-dimetilamônio-betaína, podem ser usados.

Exemplos de monómeros catiónicos adequados são o cloreto de dialildimetil-amônio cloreto de dietildielil-amônio, cloreto de metacriloxi-etil-trimetil-amônio. A patente Europeia EP-A-0 181 151 dá-nos uma lista extensiva de exemplos de polímeros catiónicos.

Adicionalmente aos monómeros anteriormente referidos, os polímeros podem, também, conter outros grupos tais como grupos terminais fosfonato, sulfonato ou de sulfato ou grupos fosfino.

Também podem ser usadas misturas de polímeros diferentes.

Os fosfonatos podem também ser de qualquer tipo desde que possuam propriedades anti-precipitantes e anti-corrosivas. Os fosfonatos preferidos incluem: ácido nitrilotrimetilenofosfônico,



ácido hidroxietilidenodifosfônico, ácido fosfonobutanotricarboxílico e ácido 2,2-hidroxifosfonoacético. Também podem ser usadas misturas de fosfonatos diferentes. A EP-A- 0 093 508 dá-nos uma lista extensiva dos fosfonatos adequados.

Os inibidores de corrosão e de incrustação mencionados em (c) podem ser de natureza química diferente. Os inibidores de corrosão e de incrustação solúveis em água, preferidos, em (c) incluem:

- sais de zinco
- sais cerosos ou céricos
- produtos químicos
- inorgânicos com fósforo tais como fosfatos, metafosfatos, polifosfatos, ácido ortofosforoso ou seus sais
- silicatos
- cromatos
- molibdatos
- lenhossulfonatos
- taninos
- nitritos
- ácidos carboxílicos orgânicos tais como ácidos carboxílicos cicloalifáticos, ácidos carboxílicos alifáticos, ácidos carboxílicos aromáticos ou heterocíclicos.
- dióis poliméricos tais como polialquilenoglicol, copolímeros de óxido de etileno e óxido de propileno, moléculas orgânicas etoxiladas e/ou propoxiladas
- complexantes de ferro tais como ácido cítrico, ácido gluconico, ácido gluco-heptônico, ácidos aminocarboxílicos tais como metanol-diglicina de dissódio e EDTA
- inibidores de corrosão de cobre tais como benzotriazole, toliltriazole, butilbenzotriazole e 2-mercaptobenzotiazole
- compostos de poli-hidroxi tais como manitol e sorbitol
- ésteres de fosfato tais como ésteres de fosfato e poliol,
- fosfatos ácidos de alquilo e fosfatos ácidos de alquilo etoxilados
- aminas tais como aminas gordas e/ou aminas neutralizantes.



As quantidades de aditivo usadas dependerão, evidentemente, do sistema a ser tratado, mas serão em geral, maiores do que 1000 ppm para fins de pré-passivação. As doses de manutenção serão, em geral, até 100 ppm, sendo as quantidades preferidas maiores do que 30 ppm quando usadas conjuntamente com o dióxido de carbono.

O processo deste invento pode também ser combinado com outras técnicas suplementares para recuperação de águas, tais como osmose inversa, amaciamento da corrente secundária e amaciamento da corrente de compensação, por exemplo.

Os exemplos seguintes ilustram adicionalmente o presente invento. Todas as partes e percentagens são em peso a não ser que seja indicado de outra forma.

As abreviaturas usadas nessa tabelas são dadas a seguir:

NTMPA	: ácido Nitrilotrimetilenofosfônico
PBTC	: ácido fosfonobutanotricarboxílico
NEMA-S-AA	: éster sulfato de metacrilato de hidroxietilo- - (40%) - ácido acrílico (60%)
O-PO ₄	: copolímero ortofosfato
AA-AMPS	: copolímero de ácido 2-acrilamida-2-metilpro- panossulfônico (40%) - ácido acrílico (60%)
Belclene 283	: copolímero de acrilato comercializado pela Ciba-Geigy
HPA	: ácido 2,2-hidroxi-fosfono-acético
TTZ	: toliltriazole
Versa-TL3	: copolímero de estirenosulfonato-ácido malei- co comercializado pela National Starch



- PE-6200 : copolímero de óxido de etileno-óxido de propileno de etileno comercializado pela BASF
- AA-HPA : copolímero de ácido acrílico (75%) - acrilato de hidroxipropilo (25%)
- AA-AHPSE : copolímero de ácido acrílico (62%) - éter alil-hidroxipropilsulfonato (38%)

EXEMPLO 1

Uma água de processo simulada com 1000 ppm de cálcio na forma de carbonato de cálcio e 1000 ppm de TAC expressos como carbonato de cálcio, foi seguida como uma função do tempo a diferentes pH. Se era necessário ajustar o pH isso foi sempre feito com dióxido de carbono: é este o caso quando o pH da solução é inferior a 9. Estes testes foram também realizados na presença de anti-incrustantes para tratamento de águas. Os testes decorreram a uma temperatura de água de 60°C.

Os resultados encontram-se sumariados na tabela 1. Esta tabela também contém os resultados obtidos sem correcção do pH na ausência e presença de anti-precipitantes. O Contacto de Alcalinidade Total (TAC) e Cálcio Total (TCa) criaram-se na água por mistura de uma solução contendo cloreto de cálcio com uma mistura de bicarbonato de sódio - carbonato de sódio.

Pode-se concluir destes resultados, que na ausência de produtos químicos estabilizadores de carbonato de cálcio, a regulação do pH com dióxido de carbono não é muito eficaz. Por outro lado, a regulação do pH com dióxido de carbono combinado com polímeros e/ou fosfonatos como anti-precipitantes origina bons resultados na estabilização do carbonato de cálcio. Isto contrasta com a não regulação do pH onde valores de TCa e TAC mais baixos dão uma precipitação de carbonato de cálcio a valores de RSI mais elevados, mesmo na presença de um inibidor de incrustações.

Tabela 1: Inibição de Incrustação pelo Dióxido de Carbono sozinho e em combinação com Produtos Químicos para tratamento de Águas e Inibição de Incrustação na Ausência da Correção de pH, com e sem tratamento

<u>pH</u>	<u>IAC</u>	<u>ICA</u>	<u>PST, °C</u>	<u>Aditivo</u>	<u>Apreciação Visual da Solução</u>
9	1000	1000	1,7	Nenhum	Grande precipitação imediatamente após a mistura das soluções
8,5	1000	1000	2,2	Nenhum	Grande precipitação imediatamente após a mistura das soluções
8	1000	1000	2,7	Nenhum	Grande precipitação imediatamente após a mistura das soluções
7,5	1000	1000	3,2	Nenhum	Grande precipitação imediatamente após a mistura das soluções
7	1000	1000	3,7	Nenhum	Grande precipitação imediatamente após a mistura das soluções
9	1000	1000	1,7	Poliacrilato (10ppm)	Grande precipitação imediatamente após a mistura das soluções
				PBTC (5ppm)	
				NTMPA (3,5ppm)	
8,5	1000	1000	2,2	Idem	Precipitação ligeira uma hora após a mistura das soluções
8,25	1000	1000	2,35	Idem	Nenhuma precipitação uma hora após a mistura das soluções
8	1000	1000	2,7	Idem	Nenhuma precipitação uma hora após a mistura das soluções
7,5	1000	1000	3,2	Idem	Nenhuma precipitação uma hora após a mistura das soluções
7	1000	1000	3,7	Idem	Nenhuma precipitação uma hora após a mistura das soluções
9	800	500	2,5	Idem	Grande precipitação imediatamente após a mistura das soluções
9	800	500	2,5	Poliacrilato (10 ppm)	
				PBTC (5 ppm)	
				NTMPA (3,5 ppm)	



Exemplo 2

Este exemplo mostra o melhoramento da inibição da corrosão e da incrustação em relação a outros métodos, quando as formulações para tratamento de águas contendo polímeros solúveis em água e/ou fosfonatos são usadas em combinação com a regulação do pH através de CO_2 .

Estas experiências foram realizadas com uma unidade de transferência de calor (HTU) onde a água em estudo foi bombada para um reservatório de 10 l. Daí a água fluíu para um permutador de calor (fluxo de calor : 10 W cm^{-2} ; velocidade da água: 90 cm s^{-1}) e foi bombada novamente para o reservatório, onde foi arrefecida até 30°C . No tanque borbulhou-se ar através da água. O reservatório foi equipado com um dispositivo de pH que permitiu a regulação do pH através do ácido sulfúrico ou do dióxido de carbono. Seguiu-se visualmente a formação de depósitos e corrosão. A unidade de teste HTU foi também equipada com placas de corrosão e com um dispositivo de medida electroquímico. Durante quase todo o tempo foi doseado um inibidor para a água. A duração do teste foi sempre de 10 dias. Na tabela seguinte, os resultados são dados para diferentes inibidores de corrosão e diferentes métodos de regulação de pH.

Pode-se concluir dos exemplos, que todas as formulações com polímeros solúveis em água e/ou fosfonatos, actuam melhor sob controlo de CO_2 do que por outros processos de controlo de pH. Com a regulação de pH por CO_2 foi possível operar o sistema sob ciclos de concentração maiores ou com formulações contendo uma menor quantidade de produtos químicos poluentes. Como se pode ver a partir dos exemplos, o zinco, o fósforo e o azoto podem, eventualmente, ser completamente suprimidos das formulações de tratamento de águas.

Tabela 2: Inibição da Corrosão e da Incrustação de Diferentes Formulações sob Diferentes Métodos de Regulação de pH

TCa	Composição da água			Método de pH		Corrosão (mpy)	Apreciação Visual do Permutador	Formação de Incrustação no Permutador de Calor	Inibidor				
	TAC	Ph	TH	IDS (µS cm ⁻¹)	Nenhum					H ₂ SO ₄	CO ₂	Placa	Electr.
800	500	8,8	1000	2500	*		2	1,5	Corrosão ligeira	Formação muito forte de incrustação	Nenhuma		
800	500	8,8	1000	2500	*		2	1	Corroído	Formação forte de incrustação	NTMPA (3,5 ppm) PBTC (5 ppm) NEMA-S-AA (10 ppm)		
800	500	8,5	1000	2500	*		<1	0,7	Sem corrosão	Completamente isento de depósitos	NTMPA (3,5 ppm) PBTC (5 ppm) NEMA-S-AA- (10 ppm)		
800	350	8,5	1000	2500	*		4	3	Corroído	Sem formação de incrustação	NTMPA (3,5 ppm) PBTC (5 ppm) NEMA-S-AA- (10 ppm)		
900	700	9,3	1000	3500	*		<1	0,8	Sem corrosão	Formação de forte incrustação	o-PO ₄ (3 ppm) PBTC (5 ppm) AMPS-AA (6,5 ppm) Belclene283(3,5ppm)		
900	700	8,3	1100	3500	*		1	0,9	Sem corrosão	Completamente isenta de incrustação	o-PO ₄ (3 ppm) PBTC (5 ppm) AMPS-AA (6,5 ppm) Belclene283(3,5ppm)		
900	200	8,3	1100	3500	*		6	5	Corrosão forte	Isento de CaCO ₃	o-PO ₄ (3 ppm) PBTC (5 ppm) AMPS-AA (6,5 ppm) Belclene283(3,5ppm)		
2000	1000	7	2400	6500	*		1	0,7	Sem corrosão	Isento de depósitos	o-PO ₄ (3 ppm) PBTC (5 ppm) AMPS-AA (6,5 ppm) Belclene283(3,5ppm)		

Tabela 2: continuação

Composição da água			Método de pH		Corrosão (mpv)		Apreciação		Formação de Incrustação		Inibidor
ICa	IAC	Ph	IH	IDS ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	Nenhum	H ₂ SO ₄	CO ₂	Placa	Electr.	Visual do Permutador	
2000	50	7	2400	6500	*	*		50	40	Corrosão muito forte	Depósitos de óxido de ferro
											o-P0 ₄ (15 ppm) PBTC (5 ppm) AMPS-AA (10 ppm)
1200	750	9,3	1500	4500	*	*		<1	0,6	Sem corrosão	Formação forte de incrustação
											PBTC (5 ppm) NEMA-S-AA (10 ppm) HPA (2,5 ppm) TTZ (2 ppm)
1200	750	8,3	1500	4500	*	*		<1	0,6	Sem corrosão	Sem depósito
											PBTC (5 ppm) NEMA-S-AA (10 ppm) HPA (2,5 ppm) TTZ (2 ppm)
1200	300	8,3	1500	4500	*	*		7	6	Corrosão forte	Sem depósitos de CaCO ₃
											PBTC (5 ppm) NEMA-S-AA (10 ppm) HPA (2,5 ppm) TTZ (2 ppm)
900	700	9,3	1100	3500	*	*		<1	0,7	Sem corrosão	Formação forte de incrustação
											PBTC (5 ppm) AA-AMPS (6,5 ppm) Belclene283(3,5ppm) HPA (3,5 ppm) TTZ (1 ppm)
900	700	8,3	1100	3500	*	*		<1	0,6	Sem corrosão	Sem incrustação
											PBTC (5 ppm) AA-AMPS (6,5 ppm) Belclene283(3,5ppm) HPA (3,5 ppm) TTZ (1 ppm)

Tabela 2: continuação

TCa	Composição da água			Método de pH		Corrosão (mpv)		Apreciação		Formação de Incrustação no Permutador de Calor	Inibidor
	TAC	Ph	TH	IDS ($\mu S\ cm^{-1}$)	Nenhum	H ₂ SO ₄	CO ₂	Placa	Electr.	Visual do Permutador	
900	210	8,3	1100	3550	*	*	*	4,5	3	Corroído	Sem incrustações de CaCO ₃
800	500	9	1000	2500	*	*	*	<1	0,6	Sem corrosão	Formação forte de incrustação
800	500	8,3	1000	2500	*	*	*	<1	0,5	Nenhuma corrosão	Nenhuns depósitos
800	200	8,3	1000	2500	*	*	*	4	3,5	Corroído	Nenhuns depósitos de CaCO ₃
1200	750	8,5	1500	4500	*	*	*	<1	0,5	Nenhuma corrosão	Nenhuma incrustação
1200	350	8,5	1500	4500	*	*	*	5,5	4,7	Corroído	Nenhuns depósitos de CaCO ₃

PBTC (5 ppm)
AA-AMPS (6,5 ppm)
Belclene283(3,5ppm)
HPA (3,5 ppm)
TTZ (1 ppm)

Zinco (1 ppm)
PBTC (5 ppm)
NTMPA (3,5 ppm)
NEMA-S-AA (10 ppm)

Zinco (1 ppm)
PBTC (5 ppm)
NTMPA (3,5 ppm)
NEMA-S-AA (10 ppm)

Zinco (1 ppm)
PBTC (5 ppm)
NTMPA (3,5 ppm)
NEMA-S-AA (10 ppm)

Zinco (0,5 ppm)
PBTC (5 ppm)
NTMPA (2 ppm)
AMPS-AA (6,5 ppm)
Belclene283(3,5ppm)

Zinco (0,5 ppm)
PBTC (5 ppm)
NTMPA (2 ppm)
AMPS-AA (6,5 ppm)
Belclene283(3,5ppm)



Tabela 2: continuação

T/Ca	Composição da água			IDS ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	Nenhum H_2SO_4 CO_2	Método de pH		Corrosão (mpy)		Apreciação Visual do Permutador	Formação de Incrustação no Permutador de Calor	Inibidor
	TAC	Ph	TH			Placa	Electr.					
2000	1000	8	2500	6500	*	1,5	1	Nenhuma corrosão	Nenhuma formação de incrustação			HPA (7 ppm) PBTC (6 ppm) AA-AMPS (10 ppm) Belclene283(2 ppm) TTZ (1 ppm)
2000	150	8	2500	6500	*	11	9	Corrosão forte	Isento de CaCO_3			HPA (7 ppm) PBTC (6 ppm) AA-AMPS (10 ppm) Belclene283(2 ppm) TTZ (1 ppm)
2000	1000	7,5	2500	6500	*	1,2	0,8	Nenhuma corrosão	Nenhuma obstrução			o- PO_4 (7 ppm) PBTC (6 ppm) AA-AMPS (5 ppm) MPA (3,5 ppm) Versa TL-3(2 ppm) TTZ (1 ppm)
2000	1000	7,5	2500	6500	*	19	16	Corrosão forte	Isento de CaCO_3			o- PO_4 (7 ppm) PBTC (6 ppm) AA-AMPS (5 ppm) HPA (3,5 ppm) Versa TL-3(2 ppm) TTZ (1 ppm)
900	700	9,2	1100	3500	*	2	1	Nenhuma corrosão	Incrustação forte			PBTC (5 ppm) AA-AMPS (10 ppm) Lenhossulfonato (5 ppm) TTZ (3 ppm)

Tabela 2: continuação

ITCa	Composição da água			Método de pH		Corrosão (mpy)		Apreciação Visual do Permutador	Formação de Incrustação no Permutador de Calor	Inibidor		
	IAC	Ph	TH	IDS	Nenhum	H ₂ SO ₄	CO ₂				Placa	Electr.
				(µS cm ⁻¹)								
900	700	9,3	1100	3500	*			1,3	1	Nenhuma corrosão	Formação forte de incrustação	PBTC (5 ppm) AA-AMPS (10 ppm) Lenhossulfonato (5 ppm) TTZ (3 ppm)
900	350	8,5	1100	3500	*			7	5,5	Corrosão forte	Nenhuma formação de CaCO ₃	PBTC (5 ppm) AA-AMPS (10 ppm) Lenhossulfonato (5 ppm) TTZ (3 ppm)
900	700	8,5	1100	3500		*		2,1	1,6	Ligeiramente corroído	Nenhuma incrustação	PBTC (5 ppm) AA-AMPS (10 ppm) Lenhossulfonato (5 ppm) TTZ (3 ppm)
900	350	8,5	1100	3500	*			6,5	6	Corrosão forte	Nenhuma incrustação	PBTC (5 ppm) AA-AMPS (10 ppm) Lenhossulfonato (5 ppm) TTZ (3 ppm)
900	700	8,5	1100	3500		*		1,7	1,1	Corrosão muito ligeira	Nenhuma incrustação	PBTC (5 ppm) AA-AMPS (10 ppm) Lenhossulfonato (5 ppm) PE-6200 (5 ppm) TTZ (3 ppm)
900	350	8,5	1100	3500	*			7	5,7	Corrosão forte	Nenhuma incrustação	PBTC (5 ppm) AA-AMPS (10 ppm) Lenhossulfonato (5 ppm) Na ₂ SiO ₃ , (5 ppm) TTZ (3 ppm)

Tabela 2: continuação

ICa	Composição da água			Método de pH		Corrosão (mpv)		Apreciação Visual do Permutador	Formação de Incrustação no Permutador de Calor	Inibidor
	IAC	Ph	TH	IDS	TH	Placa	Electr.			
900	700	8,5	1100	3500	*	1,2	0,9	Corrosão muito ligeira	Nenhuma incrustação	PBIC (5 ppm) AA-AMPS (10 ppm) Lenhossulfonato (5 ppm) Na ₂ SiO ₃ (5 ppm) TTZ (3 ppm)
900	200	8,2	1100	3500	*	10	11	Corrosão forte	Nenhuma incrustação	AA-HPA (7,5 ppm) AA-AMPS (7,5 ppm) Lenhossulfonato (5 ppm) Na ₂ SiO ₃ (5 ppm) TTZ (3 ppm)
900	700	8,2	1100	3500	*	1,8	1,6	Corrosão muito ligeira	Nenhuma incrustação	AA-HPA (7,5 ppm) AA-AMPS (7,5 ppm) Lenhossulfonato (5 ppm) Na ₂ SiO ₃ (5 ppm) TTZ (3 ppm)
900	700	8,2	1100	3500	*	9	7	Corrosão forte	Nenhuma incrustação	AA-HPA (7,5 ppm) AA-AMPS (7,5 ppm) Lenhossulfonato (5 ppm) Na ₂ SiO ₃ (5 ppm) TTZ (3 ppm)
900	700	8,2	1100	3500	*	3	2	Corrosão ligeira	Nenhuma incrustação	AA-HPA (7,5 ppm) AA-AMPS (7,5 ppm) Lenhossulfonato (5 ppm) Na ₂ SiO ₃ (5 ppm) TTZ (3 ppm)



REIVINDICAÇÕES

1 - Processo de inibição ou prevenção da corrosão e/ou incrustação em sistemas aquosos, caracterizado por se adicionar dióxido de carbono ao sistema, para controle do pH, juntamente com um ou mais dos seguintes:

- a) pelo menos um polímero solúvel em água
- b) pelo menos um fosfonato solúvel em água
- c) pelo menos um produto químico solúvel em água, que é um sal de zinco, sal ceroso, ou cérico, composto inorgânico contendo fósforo, silicato, cromato, molibdato, lenhos-sulfonato, tanino, nitrito, ácido carboxílico orgânico ou um seu sal, diol polimérico, complexante de ferro, inibidor de corrosão do cobre, composto poli-hidroxi, éster de fosfato ou amina, numa quantidade de até 1000 ppm, sendo a quantidade de dióxido de carbono adicionada ao sistema tal que mantenha o sistema a um pH não superior a 9,0.

2 - Processo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por uma parte do dióxido de carbono ser substituída por um ácido inorgânico e/ou orgânico.

3 - Processo de acordo com a reivindicação 1 ou 2, caracterizado por o dióxido de carbono ser fornecido à água na forma de um gás, de um líquido ou dum sólido.

4 - Processo de acordo com a reivindicação 1 ou 2, caracterizado por o dióxido de carbono ser gerado por gases de combustão, dióxido de carbono em recipientes ou gerado por decomposição de produtos químicos libertadores de dióxido de carbono.

5 - Processo de acordo com qualquer uma das reivindicações de 1 a 4, caracterizado por o polímero solúvel em água ser derivado de pelo menos um monômero aniônico, catiónico, não iônico ou contendo betaina.

6 - Processo de acordo com a reivindicação 5, caracterizado



por o polímero conter pelo menos um dos seguintes grupos: fosfonato, sulfonato, sulfato ou fosfato.

7 - Processo de acordo com a reivindicação 5, caracterizado por o polímero conter grupos de ácido fosfônico.

8 - Processo de acordo com qualquer uma das reivindicações de 1 a 4, caracterizado por o composto inorgânico contendo fósforo ser um fosfato, polifosfato ou ácido ortofosforoso ou um seu sal solúvel em água.

9 - Processo de acordo com qualquer uma das reivindicações de 1 a 4, caracterizado por o ácido carboxílico orgânico ser um ácido carboxílico cicloalifático, ácido carboxílico alifático, ácido carboxílico aromático ou ácido carboxílico heterocíclico.

10 - Processo de acordo com qualquer uma das reivindicações de 1 a 4, caracterizado por o diol polimérico ser um polialquilenoglicol, copolímero de óxido de etileno e de óxido de propileno, uma molécula orgânica etoxilada ou uma molécula orgânica propoxilada.

11 - Processo de acordo com qualquer uma das reivindicações de 1 a 4, caracterizado por o complexante de ferro ser ácido cítrico, ácido glucônico, ácido gluco-heptônico, um ácido aminocarboxílico, metanol-diglicina de di-sódio ou ácido etilenodiamina tetra-acético.

12 - Processo de acordo com qualquer uma das reivindicações de 1 a 4, caracterizado por o inibidor de corrosão do cobre ser benzotriazole, toliltriazole, butilbenzotriazole ou 2-mercaptopbenzotriazole.

13 - Processo de acordo com qualquer uma das reivindicações de 1 a 4, caracterizado por o composto poli-hidroxi ser manitol ou sorbitol.

14 - Processo de acordo com qualquer uma das reivindicações

de 1 a 4, caracterizado por o éster de fosfato ser um éster de fosfato e poliol, fosfato ácido de alquilo ou fosfato ácido de alquilo etoxilado.

15 - Processo de acordo com qualquer uma das reivindicações de 1 a 4, caracterizado por a amina ser uma amina gorda ou uma amina neutralizante.

16 - Processo de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores caracterizado por ser também adicionado ao sistema pelo menos um biocida agente tensioactivo, agente anti-espumificante ou biodispersante.

17 - Processo de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, caracterizado por o sistema ser também sujeito a osmose inversa, adoçamento da corrente lateral, adoçamento de limpeza, adoçamento da descarga, filtração da corrente lateral ou doseamento de ozono.

18 - Processo de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, caracterizado por o sistema aquoso ser um sistema de arrefecimento de água, um sistema de tratamento de águas residuais ou um sistema de tratamento de águas processuais.

Lisboa, 12. ABR. 1991

Por W.R. GRACE & CO.-CONN.

- O AGENTE OFICIAL -

