



República Federativa do Brasil
Ministério da Indústria, Comércio Exterior
e Serviços
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(11) PI 0709119-2 B1

(22) Data do Depósito: 23/03/2007

(45) Data de Concessão: 03/04/2018



(54) Título: MÉTODO DE REMOVER INCRUSTAÇÃO DE METAL DE SUPERFÍCIES

(51) Int.Cl.: C23G 1/00; B08B 3/04; C02F 5/00

(30) Prioridade Unionista: 23/03/2006 US 60/785.045

(73) Titular(es): OILFIELD MINERAL SOLUTIONS LIMITED. M-I PRODUCTION CHEMICAL UK LIMITED

(72) Inventor(es): RICHARD KEATCH

MÉTODO DE REMOVER INCRUSTAÇÃO DE METAL DE SUPERFÍCIES**Referência remissiva a Pedidos Relacionados**

[001] Este pedido reivindica prioridade de acordo com 35 U.S.C. § 119(e), para o pedido de patente dos Estados Unidos número de série 60/785.045, depositado em 23 de março de 2006, que é incorporado pelo presente a título de referência na íntegra.

ANTECEDENTES DA INVENÇÃO**Campo da invenção**

[002] A invenção refere-se genericamente a um método para remover depósitos minerais ou de metal a partir de superfícies, em particular, a partir de superfícies de maquinaria de sondagem na indústria de petróleo.

Fundamentos da Técnica

[003] Operações subterrâneas para recuperação de óleo podem envolver a injeção de uma solução aquosa na formação de óleo para ajudar a mover o óleo através da formação e a manter a pressão no reservatório à medida que fluidos estão sendo removidos. A água injetada, água superficial (lago ou rio) ou água do mar (para operações offshore) contém genericamente sais solúveis como sulfatos e carbonatos. Esses sais podem ser incompatíveis com os íons já contidos no reservatório contendo óleo. Os fluidos de reservatório podem conter elevadas concentrações de certos íons que são encontrados em níveis muito mais baixos em água superficial normal, como estrôncio, bário, zinco e cálcio. Sais inorgânicos parcialmente solúveis, como sulfato de bário (ou barita) e carbonato de cálcio, freqüentemente se precipitam a partir da água de produção à medida que condições que afetam a solubilidade, como temperatura e

pressão, mudam nos furos de poços de produção e módulos. Isso é especialmente prevalente quando águas incompatíveis são encontradas como água de formação, água do mar, ou água produzida.

[004] Algumas incrustações minerais têm o potencial de conter material radioativo de ocorrência natural (NORM). Os radionuclídeos primários que contaminam equipamento de campo de petróleo incluem Radium-226 (^{226}Ra) e Radium-228 (^{228}Ra), que são formados a partir da decomposição radioativa de Uranium-238 (^{238}U) e Thorium-232 (^{232}Th). Embora ^{238}U e ^{232}Th sejam encontrados em muitas formações subterrâneas, não são muito solúveis no fluido reservatório. Entretanto, os produtos filhos, ^{226}Ra e ^{228}Ra , são solúveis e podem migrar como íons para dentro dos fluidos de reservatório para eventualmente contatar a água injetada. Embora esses radionuclídeos não se precipitem diretamente, são genericamente co-precipitados em incrustação de sulfato de bário, fazendo com que a incrustação seja suavemente radioativa.

[005] Como sulfatos de bário e estrôncio são freqüentemente co-precipitados com sulfato de rádio para tornar a incrustação suavemente radioativa, dificuldades de manipulação são também encontradas em quaisquer tentativas para remover a incrustação a partir do equipamento. Ao contrário de sais de cálcio comuns, que têm solubilidade inversa, solubilidade de sulfato de bário, bem como solubilidade de sulfato de estrôncio, é mais baixa em temperaturas baixas, e isso é particularmente problemático em processamento no qual a temperatura dos fluidos diminui. Técnicas de extração modernas resultam freqüentemente em

quedas na temperatura dos fluidos produzidos (misturas/emulsões de água, óleo e gás) (tão baixo quanto 5°C) e fluidos sendo contidos em tubulação de produção por períodos longos de tempo (24 h ou mais longos), levando a níveis aumentados de formação de incrustação. Como sulfato de bário e sulfato de estrôncio foram incrustações duras, muito insolúveis que são difíceis de evitar, a dissolução de incrustações de sulfato é difícil (exigindo pH elevado, longos tempos de contato, calor e circulação) e podem ser executados somente em módulos.

[006] Quando canos e equipamentos utilizados em operações de campo de petróleo se tornam cobertos com incrustação, a incrustação deve ser removida em um modo eficiente em termos de tempo e custo. Ocasionalmente, tubulação e equipamentos contaminados são simplesmente removidos e substituídos por equipamentos novos. Quando o equipamento velho está contaminado com NORM, esse equipamento incrustado não pode ser eliminado facilmente devido à natureza radioativa do refugo. A dissolução de incrustação NORM e sua eliminação podem ser um assunto caro e perigoso. Atualmente, uma quantidade considerável de artigos tubulares de campo de petróleo e outros equipamentos que esperam descontaminação estão assentados em instalações de armazenagem. Alguns equipamentos, após limpos, podem ser reutilizados, enquanto outros equipamentos devem ser eliminados como refugo. Após remoção a partir do equipamento, existem várias opções para a eliminação de NORM, incluindo eliminação em tambores durante abandono do poço, injeção profunda em poço, eliminação em aterro, e injeção em caverna de sal.

[007] Processos de descontaminação de equipamentos típicos incluíram esforços tanto químicos como mecânicos, como desgaste, jatos de água em alta pressão, jatos de areia, imersão criogênica, e quelantes químicos e solventes. A formação de jato de água utilizando pressões que excedem 140 Mpa (com e sem abrasivos) tem sido a técnica predominante utilizada para remoção de NORM. Entretanto, o uso de formação de jato de água em alta pressão requer genericamente que cada cano ou peça de equipamento seja tratado individualmente com níveis significativos de intervenção manual, que é tanto demorada como cara, porém às vezes falha em tratar completamente a área contaminada. Quando a incrustação inclui NORM, essa técnica também apresenta riscos aumentados de exposição para os trabalhadores e para o meio ambiente.

[008] Enquanto quelantes químicos como o EDTA (ácido etileno diaminotetraacético), ou o DTPA (ácido dietileno triaminapentaacético), têm sido utilizados há muito tempo para remover incrustação a partir de equipamento de campo de petróleo, após EDTA se tornar saturado com cátions de metal de incrustação, o solvente usado é genericamente eliminado, como por reinjeção na formação subsuperficial. Entretanto, como o processo requer a eliminação dos solventes após saturação, as quantidades grandes de um solvente relativamente caro necessário para descontaminação tornam o processo economicamente proibitivo.

[009] A patente dos Estados Unidos 5.234.602 discute um problema pelo que o agente quelante é regenerado em solução durante todo o ciclo de descontaminação. A patente '602 revela que por diminuição do pH da solução a um pH de 4-9,

preferivelmente 5-7, após o seqüestro de bário por DTPA, os íons de bário quelados podem ser deslocados a partir do agente quelante e precipitados como um sal de bário insolúvel, como sulfato de bário. Após o precipitante ter se formado e ser removido a partir da solução de DTPA, a solução de DTPA pode ser reutilizada para dissolver incrustação adicional. As figuras 1-2 da patente '602 mostram que enquanto a quantidade cumulativa de sulfato de bário removida a partir de um tubular pode ser aumentada utilizando DTPA regenerado, a quantidade removida por ciclo na realidade diminui. A diminuição observada em produtividade da solução de DTPA pode resultar de níveis aumentados de impurezas, isto é, sais insolúveis formados a partir dos outros depósitos minerais no equipamento ou a adição sucessiva do ácido e base, na solução com cada ciclo sucessivo e/ou uma redução na concentração do agente quelante à medida que mais água é formada durante o ciclo de regeneração.

[010] Por conseguinte, existe uma necessidade de um meio economicamente eficiente para remover incrustação a partir de equipamento de campo de petróleo com baixo risco de exposição a materiais radioativos.

SUMÁRIO DA INVENÇÃO

[011] Em um aspecto, modalidades reveladas aqui se referem a um método de remover incrustação de metal a partir de superfícies que inclui contatar as superfícies com uma primeira solução aquosa de um agente quelante, permitir que o agente quelante dissolva a incrustação de metal, acidificar a solução para formar um precipitante do agente quelante e um precipitante do metal a partir da

incrustação de metal, isolar o precipitante do agente quelante e o precipitante do metal a partir da primeira solução, seletivamente dissolver o agente quelante precipitado em uma segunda solução aquosa, e remover o metal precipitado a partir da segunda solução.

[012] Em outro aspecto, modalidades reveladas aqui se referem a um método de remover incrustação a partir de superfícies, que inclui contatar as superfícies com uma primeira solução aquosa de EDTA e carbonato de potássio, permitir que EDTA dissolva a incrustação, onde a incrustação compreende pelo menos um de sulfato de bário, sulfato de estrôncio, e sulfato de rádio, acidificar a primeira solução para formar um precipitante de EDTA e precipitante de um sal insolúvel de pelo menos um entre bário, estrôncio e rádio, isolar o EDTA precipitado e o sal insolúvel precipitado de pelo menos um entre bário, estrôncio e rádio a partir da primeira solução, seletivamente dissolver o EDTA precipitado em uma segunda solução aquosa, e remover o sal insolúvel precipitado de pelo menos um entre bário, estrôncio e rádio a partir da segunda solução.

[013] Outros aspectos e vantagens da invenção serão evidentes a partir da seguinte descrição e das reivindicações apensas.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

[014] A figura 1 mostra um fluxograma de uma modalidade revelada aqui para dissolver incrustação de mineral.

DESCRIÇÃO DETALHADA

[015] Em um aspecto, modalidades reveladas aqui se referem a um método de dissolver incrustação de mineral a

partir de equipamento de campo de petróleo. Em particular, modalidades reveladas aqui se referem a um método de dissolver incrustação no qual o agente quelante ativo pode ser recuperado para uso adicional.

[016] Incrustação de mineral que pode ser eficazmente removida a partir do equipamento de campo de petróleo em modalidades reveladas aqui inclui incrustações de campo de petróleo, como, por exemplo, sais de metais alcalino terrosos ou outros metais divalentes, incluindo sulfatos de bário, estrôncio, rádio e cálcio, carbonatos de cálcio, magnésio e ferro, sulfetos de metal, óxido de ferro e hidróxido de magnésio.

[017] Um método de dissolver uma incrustação de mineral, de acordo com uma modalidade revelada aqui, é descrito na figura 1. Como mostrado na figura 1, a incrustação pode ser inicialmente removida a partir do equipamento de campo de petróleo por expor a incrustação a uma solução aquosa que inclui um agente quelante e um agente de conversão (etapa 100). Como utilizado aqui, “agente quelante” é um produto químico cuja estrutura molecular pode envolver e/ou seqüestrar certo tipo de íon em um complexo estável e solúvel. Cátions divalentes formam estruturas de complexos estáveis e solúveis com vários tipos de produtos químicos quelantes. Quando retidos dentro do complexo, os cátions têm uma capacidade limitada de reagir com outros íons, argilas ou polímeros, por exemplo. Como utilizado aqui, “agente de conversão” é um produto químico que pode auxiliar na dissolução da incrustação por converter um sal extremamente insolúvel em um sal mais solúvel. GB 2314865, que é aqui incorporado a título de

referência na íntegra, revela a incorporação de um agente de conversão em uma solução de dissolução para aumentar a taxa de dissolução da incrustação.

[018] Por expor a incrustação ao agente quelante, o agente quelante pode fazer com que a incrustação se dissolva por complexar com o metal alcalino terroso do sal de incrustação (etapa 110). Após o agente quelante se tornar saturado com os cátions de metal a partir da incrustação, a solução pode ser acidificada até um pH de aproximadamente 0-1 (etapa 120). À medida que o pH é reduzido, a disponibilidade de ânions com os quais os cátions seqüestrados podem reagir pode permitir que os cátions sejam liberados a partir do complexo quelado para formar um sal insolúvel que precipitará para fora da solução. A redução do pH a aproximadamente 0-1 pode também fazer com que o agente quelante se precipite para fora da solução em sua forma ácida.

[019] O agente quelante precipitado e sal de metal alcalino terroso podem ser então isolados a partir do restante da solução (etapa 130). O isolamento dos precipitantes pode ser executado por filtração dos sólidos ou decantação da solução a partir dos sólidos, por exemplo. Após isolamento a partir do restante da primeira solução, os sólidos podem ser introduzidos em uma solução nova contendo água e agente de conversão para seletivamente dissolver o agente quelante precipitado (etapa 140). Após o agente quelante ter se tornado seletivamente dissolvido novamente, o sal de metal alcalino terroso ainda precipitado pode ser separado a partir da solução para eliminação (etapa 150).

[020] O pH da solução pode ser elevado para aproximadamente 9-14, e a solução pode ser opcionalmente utilizada novamente para remover incrustação a partir de outra peça de equipamento ou incrustação adicional a partir da mesma peça de equipamento (etapa 160). Por isolar os dois precipitantes e seletivamente dissolver o agente quelante em solução de água doce e o agente de conversão, a solução reciclada pode consistir essencialmente em água, agente de conversão e agente quelante.

[021] Em uma modalidade, o agente quelante que pode ser utilizado na solução para dissolver a incrustação de metal pode ser um quelador polidentado de modo que múltiplas ligações com os íons de metal podem ser formadas na complexação com o metal. Queladores polidentados apropriados para uso em modalidades reveladas aqui incluem, por exemplo, ácido etilenodiaminatetraacético (EDTA), ácido dietilenotriaminapentaacético (DTPA), ácido nitrilotriacético (NTA), ácido etilenoglicolteetraacético (EGTA), 1,2-bis(o-aminofenóxi)etano-N,N,N',N'-ácido tetraacético (BAPTA), ácido cicloexanodiaminotetraacético (CDTA), ácido trietilenotetraaminoexaacético (TTHA), sais dos mesmos, e misturas dos mesmos. Entretanto, essa lista não pretende ter nenhuma limitação sobre os agentes quelantes apropriados para uso nas modalidades reveladas aqui. Uma pessoa versada na técnica reconheceria que a seleção do agente quelante pode depender da incrustação de metal a ser dissolvida. Em particular, a seleção do agente quelante pode ser relacionada à especificidade do agente quelante ao cátion de incrustação específico, valor log K, o pH ótimo para seqüestro e a disponibilidade comercial do

agente quelante.

[022] Em uma modalidade específica, o agente quelante utilizado para dissolver incrustação de metal é EDTA ou sais do mesmo. Sais de EDTA podem incluir, por exemplo, sais de metal alcalino como sal de tetrapotássio ou sal de tetrassódio. Entretanto, como o pH da solução de dissolução é alterado nos processos revelados aqui, um sal de dipotássio ou dissódio ou o ácido pode estar presente na solução.

[023] Em uma modalidade, o agente de conversão pode incluir qualquer produto químico apropriado que pode auxiliar na dissolução da incrustação de metal e formação do complexo de metal-agente quelante. Em uma modalidade específica, o agente de conversão pode incluir carbonato de potássio. Em outras modalidades, o agente de conversão pode incluir pelo menos um entre carbonatos de metal alcalino, bicarbonatos de metal alcalino e cloreto de amônio.

[024] A acidificação da solução na precipitação do agente quelante para fora da solução pode ser obtida pela adição de um mineral ou ácido forte. Em uma modalidade específica, o ácido pode incluir pelo menos um entre ácido clorídrico, ácido nítrico, ácido bromídrico, ácido hidriódico, ácido fórmico, ácido fluorídrico, ácido sulfúrico, e ácido clórico. Em outra modalidade específica, ácido clorídrico é utilizado para acidificar a solução de dissolução. Ainda em outra modalidade específica, ácido sulfúrico pode ser utilizado individualmente ou em combinação com pelo menos ácido clorídrico para acidificar a solução em dissolução.

[025] À medida que o agente quelante é precipitado para

fora da solução, os íons de metal seqüestrados são liberados e podem reagir com ânions na solução para formar um sal insolúvel que também precipitará para fora da solução em dissolução. Em uma modalidade, uma fonte de ânions adicionais que formará um sal insolúvel pode ser opcionalmente adicionada à solução para assegurar uma quantidade suficiente de ânions disponíveis que reagirá com os cátions de metal liberados. Em outra modalidade, uma fonte de íons de sulfato pode ser opcionalmente adicionada à solução.

[026] Em uma modalidade, o sal insolúvel precipitado pode incluir pelo menos um entre sulfato de bário, sulfato de estrôncio e sulfato de rádio. Em outra modalidade, um sulfato de metal alcalino é adicionado à solução para assegurar formação adequada de pelo menos um entre sulfato de bário, sulfato de estrôncio e sulfato de rádio. Os precipitantes podem ser separados a partir da solução utilizando técnicas conhecidas por uma pessoa versada na técnica, como por filtração, decantação e/ou sifonagem.

[027] Para dissolver seletivamente o agente quelante precipitado sem dissolver o sal de metal precipitado, os precipitantes isolados são introduzidos em uma solução aquosa na qual o pH da solução pode ser tal que o agente quelante pode dissolver ainda assim ter capacidade limitada de quelar novamente o sulfato de bário. Em uma modalidade, o pH da solução pode ser levado até um pH que varia de aproximadamente 5 a aproximadamente 7. Em outra modalidade, o pH da solução pode ser levado até aproximadamente 6. Em uma modalidade específica, a solução aquosa na qual o agente quelante é seletivamente dissolvido inclui um agente

de conversão. Em outra modalidade específica, o pH da solução pode ser atingido pela adição de um hidróxido de metal alcalino, carbonato ou bicarbonato.

[028] Em uma modalidade, a solução nova incluindo o agente quelante redissolvido pode ser reutilizada para dissolver incrustação da mesma ou de outra peça de equipamento. O sal de metal insolúvel ainda precipitado pode ser removido a partir da solução, como por filtração, decantação e/ou sifonagem. Antes da reutilização da solução e após remoção do sal de metal insolúvel, em uma modalidade, o pH da solução é elevado para um pH na faixa de 9-14. Em outra modalidade, o pH da solução é elevado para um pH na faixa de 10-10,5. Ainda em outra modalidade, o pH da solução é elevado pela adição de uma quantidade adicional de agente de conversão à solução. Ainda em outra modalidade, o pH da solução é elevado pela adição de um hidróxido alcalino à solução. Uma pessoa versada na técnica reconhecerá que a quantidade de agente de conversão a ser adicionada dependerá do agente de conversão específico utilizado e do pH desejado da solução.

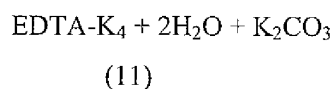
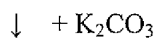
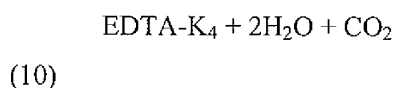
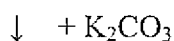
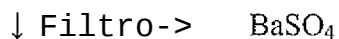
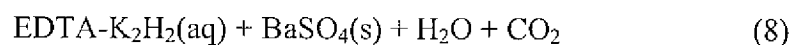
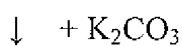
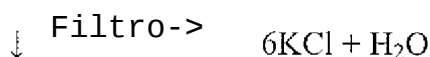
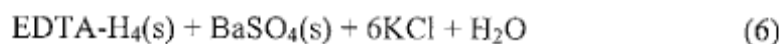
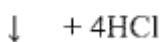
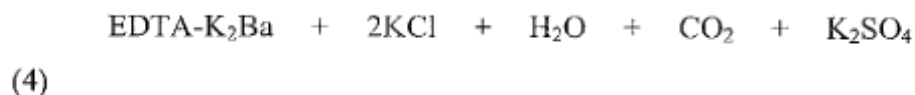
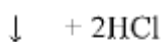
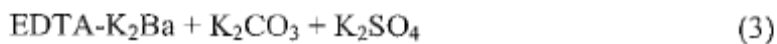
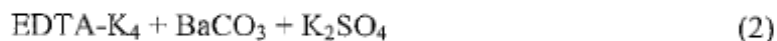
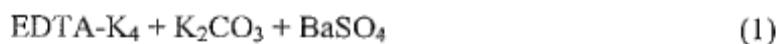
[029] Em algumas modalidades reveladas aqui, a solução de dissolução pode possuir uma capacidade de dissolução de pelo menos 70 gramas de incrustação por litro de solução de dissolução. Em outras modalidades, a solução de dissolução pode possuir uma capacidade de dissolução de pelo menos 80 gramas de incrustação por litro de solução de dissolução.

[030] Em uma modalidade, um ultra-som de potência elevada, uma energia sônica de baixa frequência, ou um ultra-som de baixa potência, podem ser utilizados em combinação com as modalidades reveladas aqui para aumentar

a taxa de dissolução da incrustação pelas soluções reveladas aqui.

Modalidade Exemplar

Em uma modalidade, uma solução aquosa que inclui 10% em peso EDTA, 15% em peso de carbonato de potássio, e 75% em peso de água é introduzida em uma peça de equipamento tendo pelo menos uma porção de sua superfície coberta por uma incrustação de mineral de sulfato de bário. Após a solução aquosa ter substancialmente dissolvido a incrustação de sulfato de bário, a solução pode ser acidificada com ácido clorídrico a um pH entre 0 e 1. Após isolamento dos sólidos precipitados, uma solução nova de carbonato de potássio pode ser adicionada aos sólidos para obter um pH final de aproximadamente 6, pelo que o sal de dipotássio de EDTA será formado e será solúvel em um nível de aproximadamente 10% em peso. Após filtrar o sulfato de bário ainda precipitado para fora da solução, carbonato de potássio adicional pode ser adicionado ao filtrado para levar a quantidade de carbonato de potássio na solução a aproximadamente 15% em peso. As seguintes equações ilustram a dissolução e subsequente isolamento de uma incrustação de sulfato de bário e regeneração de EDTA, de acordo com uma modalidade revelada aqui:



[031] As equações (1)-(3) mostram a conversão de sulfato de bário por carbonato de potássio em carbonato de bário e a quelação subsequente de bário por EDTA de tetrapotássio para formar sulfato de potássio como um subproduto. Na acidificação da solução, mostrada na eq.

(4)-(6), ácido clorídrico reage inicialmente com o carbonato de potássio para produzir cloreto de potássio, água e gás de dióxido de carbono. Após carbonato de potássio ter reagido totalmente, ácido clorídrico adicional desloca o bário seqüestrado a partir do quelante e então substitui os dois íons de potássio associados a EDTA para formar EDTA em sua forma de ácido insolúvel que precipitará para fora de solução na faixa de pH de 0-1. Os íons de bário deslocados podem formar sulfato de bário insolúvel e precipitar para fora de solução. Os precipitantes podem ser isolados a partir da solução de cloreto de potássio, como mostrado na eq. (7). Uma solução de carbonato de potássio pode ser adicionada aos precipitantes para seletivamente redissolver o EDTA como o sal de dipotássio em um pH de aproximadamente 6 e não dissolver o sulfato de bário de modo que possa ser removido a partir da solução, como mostrado na eq. (8)-(9). Como mostrado na eq. (10)-(11), carbonato de potássio adicional pode ser adicionado para converter o sal de dipotássio de EDTA ao sal de tetrapotássio e também para atuar como um agente de conversão de modo que o ciclo de reação possa ser repetido após introdução de incrustação de sulfato de bário adicional.

[032] Vantajosamente, modalidades reveladas aqui podem fornecer um processo pelo qual incrustação de mineral pode ser removida a partir do equipamento de campo de petróleo e a solução de dissolução pode ser recuperada sem perda de desempenho. Por precipitar a incrustação de metal e o agente quelante como um ácido insolúvel, os sais inativos que restam na solução em dissolução podem ser removidos a

partir do sistema para evitar acúmulo de impurezas na solução em dissolução que poderia de outro modo levar a uma redução na taxa e/ou eficiência de desempenho de dissolução de incrustação. Se pequenas quantidades de agente quelante forem perdidas no processo, pequenas quantidades podem ser adicionadas para ciclos de reação subseqüentes de modo que a reciclagem do agente quelante e solução de dissolução possam ser obtidas sem perdas de desempenho em taxa de dissolução ou capacidade de seqüestro em ciclos sucessivos. Equipamento contaminado pode ser facilmente tratado por imersão do item ou um número de itens em um volume de solução para dissolver incrustação incrustada no mesmo. O risco de exposição dos operadores de descontaminação pode ser mínimo devido à dissolução química do material contaminado sem exigir contato do operador.

[033] Embora a invenção tenha sido descrita com relação a um número limitado de modalidades, aqueles versados na técnica, tendo o benefício dessa revelação, reconhecerão que outras modalidades podem ser idealizadas que não se afastam do escopo da invenção como revelado aqui. Por conseguinte, o escopo da invenção deve ser limitado somente pelas reivindicações em anexo.

REIVINDICAÇÕES

1. Método de remover incrustação de metal de superfícies **caracterizado** por compreender:

contatar as superfícies com uma primeira solução aquosa compreendendo:

um agente quelante;

permitir que o agente quelante dissolva a incrustação de metal das superfícies na primeira solução aquosa;

acidificar a primeira solução aquosa para formar um precipitante do agente quelante e um precipitante do metal a partir da incrustação de metal na primeira solução aquosa, em que o precipitante do agente quelante e o precipitante do metal estão presentes juntos na primeira solução aquosa;

isolar o precipitante do agente quelante e o precipitante do metal a partir da primeira solução aquosa;

seletivamente dissolver o precipitante do agente quelante em uma segunda solução aquosa; e

remover o precipitante do metal a partir da segunda solução aquosa.

2. Método, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que a primeira solução aquosa compreende ainda:

um agente de conversão para auxiliar na dissolução da incrustação de metal pela conversão de um sal extremamente insolúvel em um sal mais solúvel.

3. Método, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que a dissolução seletiva compreende elevar o pH da segunda solução até 5-7 para formar um sal solúvel do agente quelante.

4. Método, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** por compreender ainda:

elevar o pH da segunda solução aquosa até 9-14.

5. Método, de acordo com a reivindicação 4, **caracterizado** por compreender ainda:

contatar uma superfície tendo incrustação na mesma com a segunda solução aquosa.

6. Método, de acordo com a reivindicação 2, **caracterizado** pelo fato de que a segunda solução aquosa consiste essencialmente em água, no agente de conversão e no agente quelante.

7. Método, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que a dissolução seletiva compreende adicionar uma solução de carbonato de potássio ao precipitante do agente quelante isolado e precipitante do metal isolado da primeira solução aquosa.

8. Método, de acordo com a reivindicação 2, **caracterizado** pelo fato de que o agente quelante compreende pelo menos um entre EDTA, DTPA, e NTA; e em que o agente de conversão compreende um sal de carbonato.

9. Método, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que a acidificação compreende adicionar ácido clorídrico à primeira solução aquosa.

10. Método, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que a acidificação compreende acidificar a primeira solução aquosa a um pH menor do que 1.

11. Método, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que a incrustação de metal compreende pelo menos um dentre sulfato de bário, sulfato

de estrôncio e sulfato de rádio.

12. Método, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** por compreender ainda:

fornecer uma fonte de ânions que forma um precipitado de um sal insolúvel do metal da incrustação de metal dissolvida para a primeira solução aquosa.

13. Método, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** por compreender:

contatar as superfícies com a primeira solução aquosa, a primeira solução aquosa compreendendo:

EDTA; e

carbonato de potássio;

permitir que o EDTA dissolva a incrustação das superfícies na primeira solução aquosa, em que a incrustação compreende pelo menos um dentre sulfato de bário, sulfato de estrôncio e sulfato de rádio;

acidificar a primeira solução aquosa para formar um precipitante de EDTA e precipitante de um sal insolúvel de pelo menos um dentre bário, estrôncio e rádio na primeira solução aquosa, em que o precipitante de EDTA e o precipitante do sal insolúvel estão presentes juntos na primeira solução aquosa;

isolar o precipitante de EDTA e o precipitante do sal insolúvel de pelo menos um dentre bário, estrôncio e rádio da primeira solução aquosa;

dissolver seletivamente o precipitante de EDTA em uma segunda solução aquosa; e

remover o precipitante do sal insolúvel de pelo menos um dentre bário, estrôncio e rádio da segunda solução aquosa.

14. Método, de acordo com a reivindicação 13, **caracterizado** pelo fato de que a acidificação compreende adicionar ácido clorídrico à primeira solução aquosa.

15. Método, de acordo com a reivindicação 13, **caracterizado** pelo fato de que a acidificação compreende acidificar a primeira solução aquosa a um pH menor do que 1.

16. Método, de acordo com a reivindicação 13, **caracterizado** por compreender ainda:

fornecer uma fonte de íons de sulfato à primeira solução aquosa.

17. Método, de acordo com a reivindicação 13, **caracterizado** pelo fato de que a dissolução seletiva compreende elevar o pH da segunda solução aquosa a 5-7 para formar um sal solúvel de EDTA.

18. Método, de acordo com a reivindicação 13, **caracterizado** por compreender ainda:

eleva o pH da segunda solução aquosa do EDTA seletivamente dissolvido a 9-14.

19. Método, de acordo com a reivindicação 18, **caracterizado** por compreender ainda:

contatar uma superfície tendo incrustação na mesma com a segunda solução aquosa.

20. Método, de acordo com a reivindicação 13, **caracterizado** pelo fato de que a segunda solução aquosa consiste essencialmente em água, carbonato de potássio, e EDTA.

21. Método, de acordo com a reivindicação 13, **caracterizado** pelo fato de que a dissolução seletiva compreende adicionar uma solução de carbonato de potássio

ao precipitante do agente quelante isolado e precipitante do metal isolado da primeira solução aquosa.

FIG. 1

