Copyright 2010, ABRACO
Trabalho apresentado durante o INTERCORR 2010, em Fortaleza/CE no mês de maio de 2010.
As informações e opiniões contidas neste trabalho são de exclusiva responsabilidade do(s) autor(es).

Aplicação de inibidores de corrosão em sistemas de produção de campos de gás não associado para evitar corrosão preferencial em juntas soldadas

[1]Flávia Maciel Fernandes Guedes , [2]Jussara de Mello Silva , [3]Eva Maria de Oliveira Paiva , [4]Rosane Fernandes de Brito, [5]Helga Stefania Maranhão Bodstein, [6]Denise Souza de Freitas

Abstract

The carbon steel welding preferential corrosion occurs at first by the formation of a galvanic cell between: the welding metal (WM), the base metal (BM) and heat-affected zone (HAZ). This galvanic cell occurs due to differences in chemical composition induced by the welding process. One alternative to avoid weld preferential corrosion is the selection of appropriate corrosion inhibitor; it is important, therefore, to perform tests taking into account the welded joint and not only the base metal. In this work we observed the occurrence of galvanic corrosion in welded joints with 2% nickel. It was assessed the performance of some corrosion inhibitors with regard to their ability to prevent preferential corrosion in the weld joint. Immersion tests were performed for the welded joint exposed to three different solutions: simulated gas exportation condition and gas production condition (with and without incrustation inhibitor). Iron content obtained at the end of the immersion tests and samples surface analysis were also performed in order to assess the corrosion process. There were also conducted tests of galvanic current using the same conditions mentioned above.

Resumo

A corrosão preferencial na região da solda de aços-carbono ocorre, a princípio, pela formação de pilha galvânica devido às diferenças de composição química induzidas pelo processo de soldagem entre: o metal de solda depositado (MS), o metal de base (MB) e a zona termicamente afetada (ZTA). Uma alternativa para se evitar a corrosão preferencial da junta soldada é a seleção de inibidor de corrosão apropriado, sendo importante, portanto, a inclusão de testes levando em consideração a junta soldada e não somente o metal de base. Neste trabalho foi observada a ocorrência de corrosão galvânica nas juntas soldadas com teor de níquel no consumível igual a 2%, sendo o principal objetivo do estudo, a avaliação de desempenho de um determinado número inibidores de corrosão no que se refere à capacidade destes em prevenir a ocorrência de corrosão preferencial na junta soldada. Com este objetivo foram realizados testes de imersão para a junta soldada exposta a meios simulando as condições de exportação e de produção do gás, sendo neste último caso, realizados testes tanto na presença quanto na ausência de produto inibidor de incrustação, de

[1]D.Sc.-Engenheira de Processamento - Petróleo Brasileiro S.A.
[2]M.Sc.-Engenheira de Processamento - Petróleo Brasileiro S.A.
[3]Técnica Química de Petróleo - Petróleo Brasileiro S.A.
[4]Técnica Química de Petróleo - Petróleo Brasileiro S.A.
[5]D.Sc. - Engenheira Química - Instituto Nacional de Tecnologia (INT)
[6]D.Sc. - Engenheira Química - Instituto Nacional de Tecnologia (INT)

modo a se observar o impacto deste produto na ação dos inibidores de corrosão. A partir dos testes de imersão foi possível comparar o desempenho dos inibidores de corrosão para os diferentes meios simulados acompanhando-se o teor de ferro total em solução, antes e após adição de inibidor de corrosão, e a partir da avaliação da superfície da junta soldada antes e após a imersão, a olho nu e utilizando-se um microscópio de foco infinito. Também foram realizados ensaios de corrente galvânica utilizando-se os mesmos meios de teste citados acima para os pares galvânicos da junta soldada: MB e ZTA; e ZTA e MS.

Palavras-chaves: soldas, inibidor de corrosão, dióxido de carbono, corrosão em campos de gás.

Introdução

A corrosão preferencial na região da solda de aços-carbono ocorre, a princípio, pela formação de pilha galvânica devido às diferenças de composição química entre metal de solda (MS), metal de base (MB) e zona termicamente afetada (ZTA), induzidas pelo processo de soldagem. Uma alternativa que vem sendo aplicada para evitar a ocorrência de corrosão preferencial na região da solda, é tornar o metal de solda mais catódico em relação às regiões adjacentes. Isto é feito adicionando-se pequenos teores de elementos de liga mais nobres, tais como, níquel, cromo, etc. que auxiliam na formação de filmes com características protetoras. No entanto, estas adições devem ser realizadas com cautela para se evitar que a solda fique muito ligada, o que pode resultar em um aumento da corrosão na região da ZTA. Com base em estudos realizados na década de oitenta para juntas soldadas de aço-carbono em água do mar e meios levemente ácidos concluiu-se que deveriam ser utilizados consumíveis de solda contendo até 1% de níquel para minimizar o risco de corrosão preferencial na solda. Este limite está de acordo com a Norma NACE MR01-75[1] e as mesmas recomendações têm sido aplicadas para meios contendo CO_2, porém sem H_2S. Embora satisfatória para grande parte dos casos, existem circunstâncias nas quais pode ocorrer severa corrosão preferencial na região soldada[2,3] .

Todos os fatores que influenciam a corrosão pelo CO_2, tais como, pH, pressão parcial de CO_2, vazão/regime de fluxo, temperatura, teor de acetato, etc. têm também efeito na localização e severidade da corrosão preferencial da junta soldada. De acordo com a literatura, é sugerido que os casos mais severos de corrosão em juntas soldadas, contendo níquel, ocorrem na operação de gás úmido, embora também possam ser observados em linhas de óleo[2,4]. Esta observação estaria relacionada à alta resistência do meio, pois neste caso, a área anódica ficaria limitada a uma estreita região adjacente ao metal de solda (catodo).

Uma alternativa para se evitar a corrosão preferencial da junta soldada é a seleção de inibidor de corrosão apropriado, sendo importante a inclusão de testes que levem em consideração a junta soldada e não somente o metal de base[5, 6]. Com o objetivo de se selecionar um inibidor de corrosão que protegesse o MB e sua junta soldada contendo 2% níquel, foram realizados testes de imersão e de corrente galvânica para a junta soldada exposta a meios simulando as condições de exportação e de produção do gás. Outros testes de desempenho, tais como, os de compatibilidade com o meio, e os de eficiência de inibição, são essenciais para a seleção de um o produto químico, porém não fazem parte do escopo deste trabalho.

Parte Experimental

Testes de Imersão

A susceptibilidade da solda à corrosão foi avaliada através da imersão do corpo-de-prova contendo a junta soldada em três diferentes meios de serviço simulando as seguintes condições:

- Condição de exportação de gás úmido, considerando-se a injeção de etanol como inibidor de hidratos (40% p/p);
- Condição de produção na presença de inibidor de incrustação e
- Condição de produção na ausência de inibidor de incrustação.

Os corpos-de-prova foram retirados de um tubo de aço carbono API 5L Gr X65, de composição química conforme apresentada tabela 1, contendo uma junta soldada em que foi utilizado metal de adição contendo teor de níquel igual a 2% (Junta de topo de penetração total - chanfro em V - Processo TIG na raiz e processo de eletrodo revestido para enchimento e acabamento).

Tabela 1 – Composição química do aço-carbono API 5L Gr X65 obtida por espectrometria de emissão óptica.

Elemento, % p/p	C	S	P	Mn	Si	Cr	Ni	Mb
Metal de Base	0,12	0,006	0,014	1,49	0,26	0,11	0,021	0,033

Como a corrosão galvânica pode ocorrer entre as diferentes regiões da junta soldada, por exemplo, metal de solda, zona afetada termicamente ou metal de base, e é fortemente dependente das razões entre as áreas expostas destas regiões, é importante que a área exposta do metal de base seja suficientemente grande para reproduzir o desempenho da junta soldada em serviço. Conforme apresentado no esquema da figura 1, a superfície exposta do corpo-de-prova é de 2 x 8,5 cm, estando o restante do corpo-de-prova isolado da solução de teste por uma fina camada de revestimento epóxi. Este revestimento tem por objetivo reduzir a área total exposta, evitando-se, deste modo, um aumento significativo do teor de íons ferrosos em solução que poderiam interferir desacelerando o processo corrosivo, e conseqüentemente, poderiam interferir na análise dos resultados obtidos. Os corpos-de-prova foram retificados para um acabamento de lixa 600 mesh, e antes de cada ensaio a superfície era lixada com esta granulometria[7, 8].

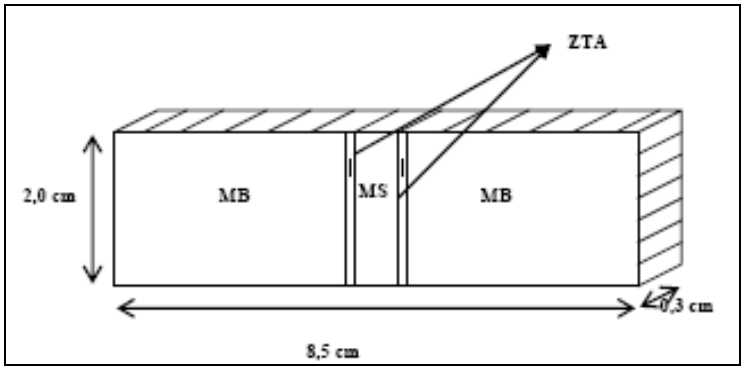

Figura 1 – Esquema do corpo-de-prova contendo a junta soldada. Onde ZTA é a zona afetada termicamente, MB é o metal de base e MS é o metal de solda.

Os testes de imersão foram realizados a pressão e temperatura ambientes, sob agitação magnética constante de 320 rpm e com borbulhamento contínuo de CO_2 nas soluções descritas abaixo:

1. Meio de Exportação: Solução contendo 60% água destilada + 40% Etanol + 1000 ppm NaCl;
2. Meio de Produção: Solução contendo 60% MEG (metil etileno glicol) + 40% água destilada + sais conforme tabela 2;
3. Meio de Produção idem ao item anterior, porém com adição de 20 ppm de matéria ativa de inibidor de incrustação.

Tabela 2 – Teores de cátions e ânions presentes na solução de teste simulando a condição de produção.

Íon	***Teor, ppm***
Na^+	397,51
K^+	28,62
Li^+	0,00
Ca^{++}	210,68
Mg^{++}	1,51
Ba^{++}	5,72
Sr^{++}	33,39
Fe^{++}	0,01
Cl^-	1041,47
Br^-	13,52
SO_4^{-2}	0,32
HCO_3^-	3,56
Ac^-	0,60

O procedimento de teste foi executado de forma que as soluções estivessem desaeradas com CO_2 antes de serem transferidas para a célula de teste e, portanto, antes das soluções entrarem em contato com os corpos-de-prova.

Os inibidores de corrosão foram adicionados logo em seguida à transferência de solução, ou seja, não houve pré-corrosão dos corpos-de-prova. A duração de cada teste nesta primeira etapa foi de 24 h de imersão na solução contendo 50ppm de inibidor (IC). Foram adicionados três diferentes inibidores de corrosão, denominados neste trabalho por IC1, IC2 e IC3.

O teor de ferro total em solução foi obtido via técnica de absorção atômica antes de entrar em contato com a junta soldada e ao final de cada teste de imersão. Após o término dos testes, a superfície de cada corpo-de-prova foi avaliada em microscópio de foco infinito (IFM) tanto antes quanto após limpeza mecânica do corpo-de-prova. Os corpos-de-prova também foram avaliados ao microscópio antes de ensaiados.

No microscópio IFM foram realizadas varreduras dos corpos-de-prova com aumentos de 100X incluindo-se a região da junta soldada. Para as regiões de interface entre MB, ZTA e MS, a varredura foi feita com aumento de 200X, assim como as avaliações localizadas nestas três regiões. Foram feitos, ainda, registros fotográficos dos corpos-de-prova recém ensaiados.

Como referência, testes de imersão na ausência de inibidor de corrosão (Branco) foram realizados para os três diferentes meios, possibilitando desta forma, a comparação com os demais resultados contendo adição de inibidores de corrosão.

O aspecto geral da montagem dos testes de imersão é apresentado na figura 2.

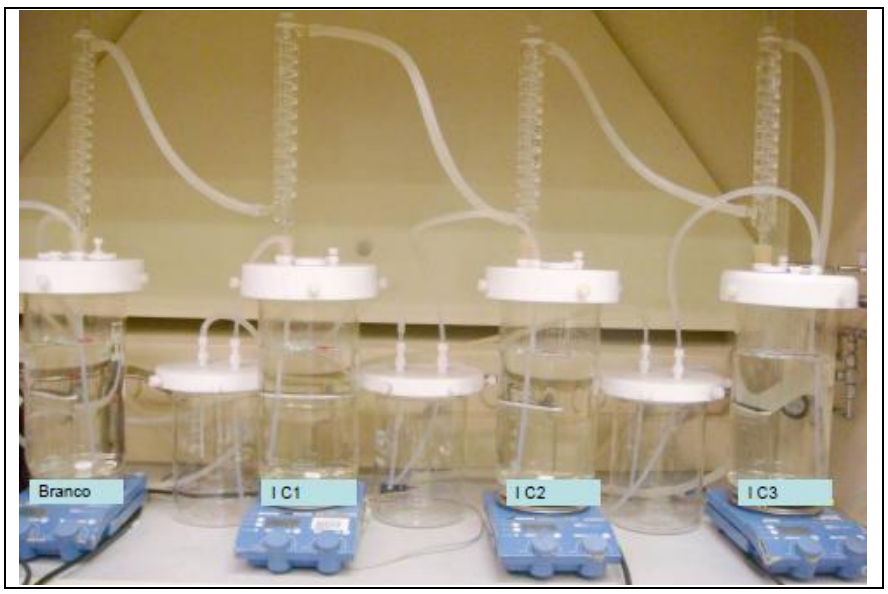

Figura 2 – Montagem típica dos testes de imersão para a junta soldada.

Testes de Corrente Galvânica

Os testes de corrente galvânica foram realizados como uma complementação aos testes de imersão, de modo a se observar a corrente eletroquímica gerada entre os pares: metal de base e zona afetada termicamente (MB/ZTA) e metal de solda e zona afetada termicamente (MS/ZTA). A medida de corrente foi realizada para os pares galvânicos imersos nos três diferentes meios, idem aos realizados para os testes de imersão, porém, no caso dos testes de corrente galvânica foi adicionada uma fase orgânica de querosene de aviação (QAV) na proporção de 50% de QAV para 50% de solução aquosa (exportação/produção). Todos os três inibidores de corrosão foram testados na mesma concentração citada anteriormente, 50 ppm. Foi mantido um borbulhamento contínuo de CO_2 ao longo do teste. Um tempo de pré-corrosão de duas horas foi utilizado antes de se adicionar o inibidor de corrosão, e assim como nos testes de imersão, foi realizado um teste em Branco (26 horas de duração sem adição de inibidor de corrosão) para cada um dos três meios: exportação, produção com e sem inibidor de incrustação. Para a aquisição da corrente galvânica foi utilizado o equipamento ACM GILL AC.

A relação entre as áreas MB/ZTA/MS tem forte influência na corrosão galvânica e foi dimensionada conforme apresentado abaixo, de forma a se obter relações representativas das encontradas no campo:

- ZTA - 15mm x 1mm (área de 15mm²)
- Solda - 15mm x 2mm (área de 30mm²)
- MB - 15mm x 8mm (área de 120mm²)

Os corpos-de-prova contendo o par galvânico ZTA/MB e ZTA/MS foram embutidos em resina, e montados conforme apresentado na figura 3. Estes testes foram realizados nas mesmas condições de temperatura e a pressão do teste de imersão.

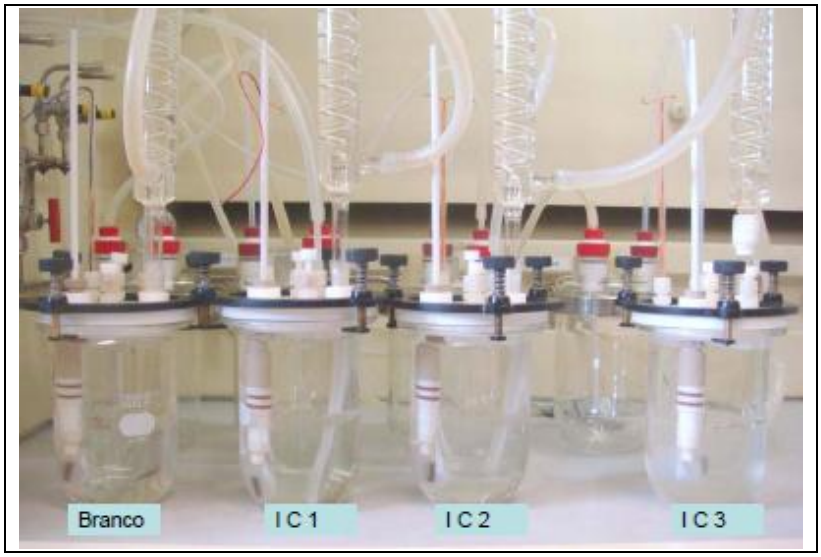

Figura 3 – (a) Montagem típica dos testes de imersão para a junta soldada.

Resultados e Discussão

Testes de Imersão

Na tabela 3 são apresentados os resultados das análises de ferro total em solução para a condição de Exportação. Observa-se que o inibidor IC3 apresentou o melhor desempenho para esta condição, teor de ferro abaixo do limite de detecção do método analítico. Já os inibidores de corrosão IC1 e IC2 não apresentaram bom desempenho, sendo obtidos valores significativamente mais altos, na faixa de 5,5 ppm para ambos os casos. Enquanto que para o mesmo meio isento de inibidor de corrosão, o teor de ferro obtido foi igual a 6,2 ppm após 24 horas de imersão.

Tabela 3 – Teor de Ferro Total, por Absorção Atômica, após 24h da imersão dos corpos de prova contendo a junta soldada.

Condição de Exportação	
Amostra	**Teor de Ferro Total, ppm**
Solução antes do ensaio	<0,5
Branco (após 24 h)	6,2
IC 1 (após 24h)	5,5
IC 2 (após 24h)	5,3
IC 3 (após 24h)	<0,5

Nas figuras 4 (a), (b), (c) e (d) são apresentadas as fotografias das juntas soldadas expostas ao meio de exportação, respectivamente, para o branco e para o meio contendo os inibidores de corrosão, IC1, IC2 e IC3. Observa-se que apenas na figura 4(d), teste com inibidor de corrosão IC3 , não é possível identificar a região da junta soldada.

(a)

(c)

(b)

(d)

Figura 4 - Aspecto dos corpos-de-prova após 24h de imersão no meio de exportação para o Branco (a) e na presença de 50 ppm de inibidor de corrosão: (b) IC 1, (c) IC 2 e (d) IC 3.

A figura 5 apresenta a análise de imagens de um detalhe da região afetada termicamente e, como referência, aparece uma parte da região de solda, tonalidade esverdeada. Conforme escala de cores apresentada, a região mais azulada apresenta maior deterioração (maior profundidade) em relação à região de cor verde. Isto indica que a corrosão ocorre preferencialmente na região da ZTA (Branco – Condição de Exportação).

Foi possível observar comportamentos semelhantes para os corpos-de-prova testados em meios de exportação com adição dos inibidores de corrosão IC1 e IC2, evidenciando a baixa eficiência de proteção destes inibidores de corrosão.

Na figura 6 estão apresentados os perfis das varreduras de superfície obtidos para o corpo-de-prova não ensaiado e para os corpos-de-prova ensaiados na condição de exportação, respectivamente, para Branco, com inibidor de corrosão IC2 e com IC3. Observa-se que para o corpo-de-prova não ensaiado, o perfil se refere à rugosidade da superfície. A inclinação observada é resultante do revestimento epóxi utilizado para recobrir as demais cinco faces do corpo-de-prova.

Ainda na figura 6 é possível observar que o inibidor IC2 não apresentou bom desempenho, ficando evidenciado que o metal de solda funcionou como catodo, havendo um processo corrosivo preferencial na região da zona afetada termicamente. No ensaio em que foi adicionado o inibidor IC3 não se observa corrosão preferencial na região de solda.

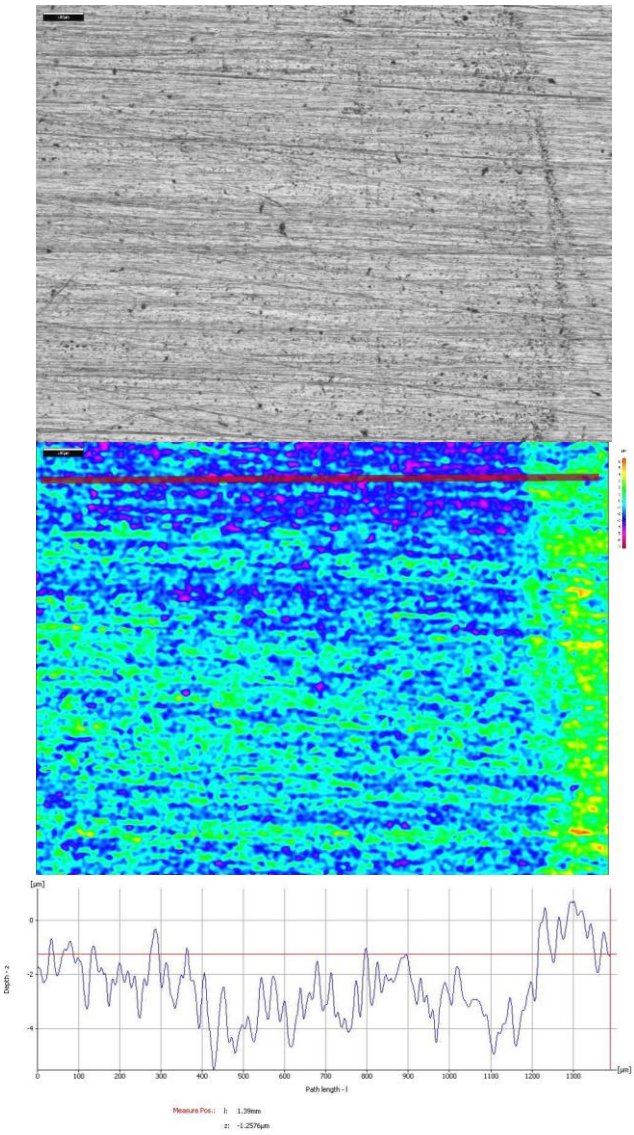

Figura 5 – Análise de imagem da região afetada termicamente (mais azul) e região de metal de solda (mais verde) com aumento 200X. Branco (24h de imersão) condição de exportação.

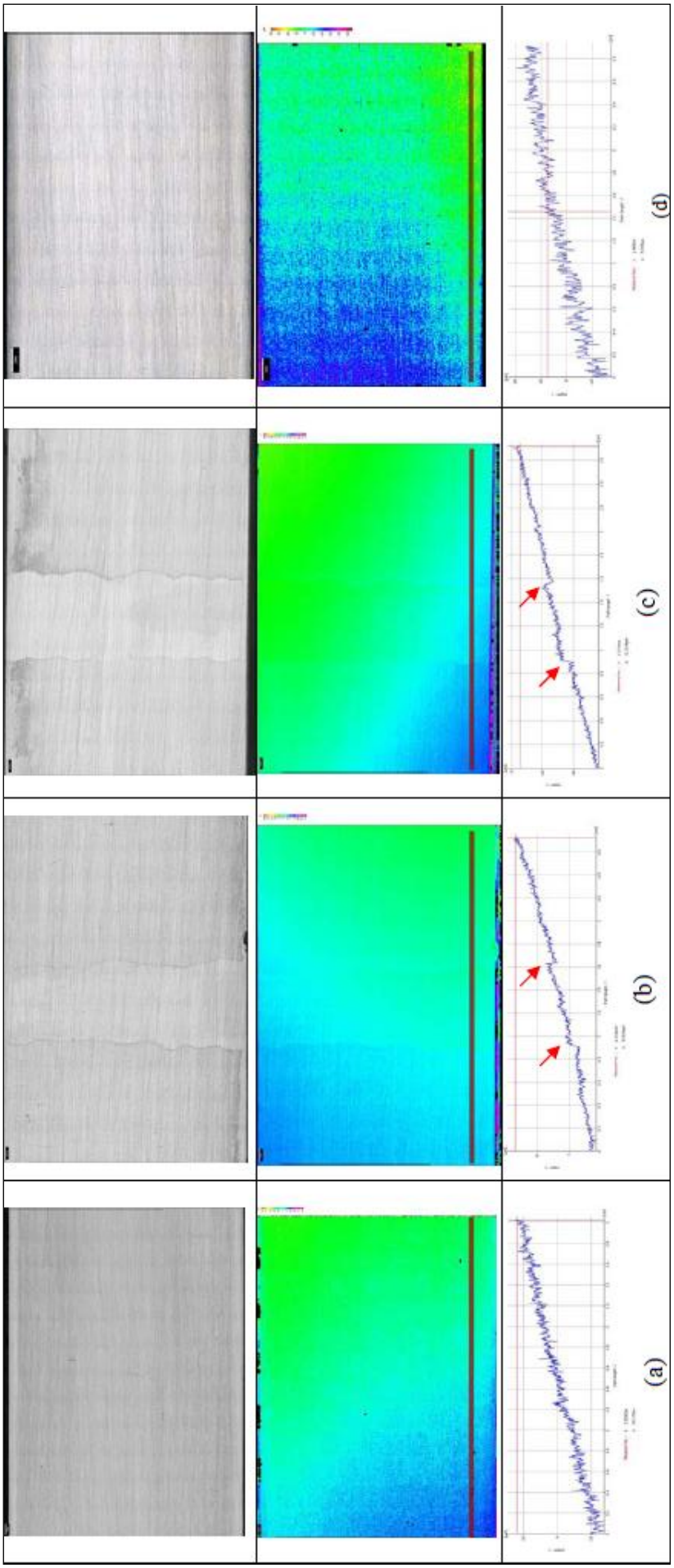

Figura 6 - Perfis das varreduras de superfície obtidos para os corpos-de-prova não ensaiado (a) e nas seguintes condições de exportação: (b) Branco, com inibidor IC2 e com inibidor IC3.

Na tabela 4 encontram-se apresentados os resultados das análises de ferro total em solução para a primeira etapa de testes de imersão, condição de Produção (ausência de anti-incrustante), e sem pré-corrosão. Mais uma vez o inibidor IC3 apresentou o melhor desempenho. Já os inibidores de corrosão IC1 e IC2 não apresentaram bom desempenho, sendo obtidos valores significativos de ferro total em solução, próximos ao valor obtido para o teste em Branco.

Outro ponto a ser levantado é que em relação à condição de Exportação, o meio de Produção na ausência de anti-incrustante apresenta menor agressividade ao aço-carbono e sua junta soldada quando se comparam os teores de ferro total obtidos. Esta observação está de acordo com as referências bibliográficas onde é mencionado que em eletrólitos com salinidade mais baixa, o processo de corrosão preferencial na junta soldada é intensificado, pois neste caso, a área anódica fica limitada a uma estreita região adjacente ao metal de solda (catodo).

Tabela 3 – Teor de Ferro Total, por Absorção Atômica, após 24h da imersão dos corpos de prova para condição de produção na ausência de inibidor de incrustação.

Condição de Produção	
Amostra	**Teor de Ferro Total, ppm**
Solução antes do ensaio	<0,5
Branco (após 24 h)	2,3
IC1 (após 24h)	2,1
IC2 (após 24h)	1,9
IC3 (após 24h)	<0,5

Já nas figuras 7 (a), (b), (c) e (d) são apresentadas as fotografias das juntas soldadas, respectivamente, após 24 horas de teste em meio de produção isento de produtos químicos, e para meios de produção sem anti-incrustante contendo inibidores de corrosão IC1, IC2 e IC3. Observa-se que apenas na figura 7(d), teste com inibidor de corrosão IC3, não é possível identificar a região da junta soldada.

Para esta condição de exposição o processo corrosivo preferencial não foi intenso o suficiente para se observar uma diferença de profundidade significativa entre as regiões de solda e ZTA após 24 horas de imersão, conforme pode ser observado na figura 8 para esta condição na ausência de inibidor de corrosão (Branco).

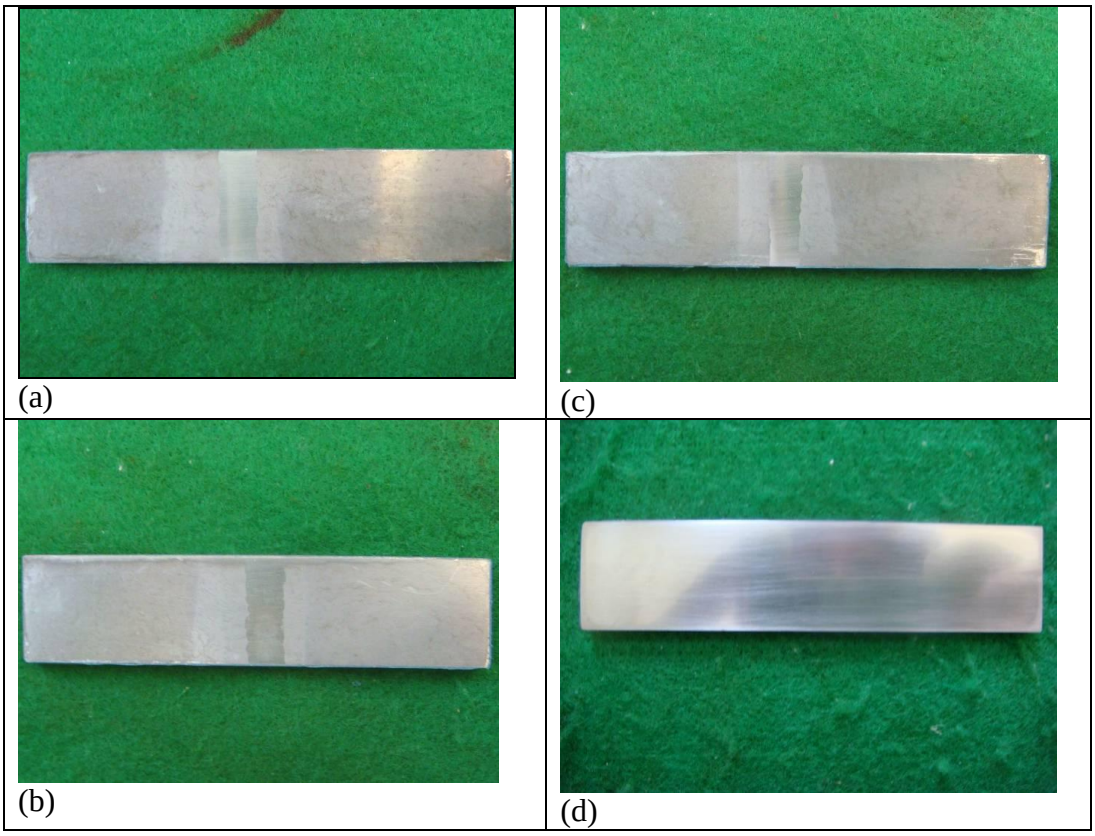

Figura 7 - Aspecto dos corpos-de-prova após 24h de imersão no meio de produção na ausência de inibidor de corrosão (a) e com inibidores de corrosão: (b) IC1, (c) IC2 e (d) IC3.

Na tabela 4 encontram-se apresentados os resultados das análises de ferro total em solução para a primeira etapa de testes de imersão, condição de Produção na presença de inibidor de incrustação, e sem pré-corrosão. Como para os demais meios, apenas o inibidor IC3 apresentou bom desempenho. Os inibidores de corrosão IC1 e IC2 não apresentaram bom desempenho.

Verifica-se que a condição de Exportação apresentou maior corrosividade ao aço-carbono e sua junta soldada quando comparada aos meios de Produção, tanto na ausência quanto na presença de inibidor de incrustação.

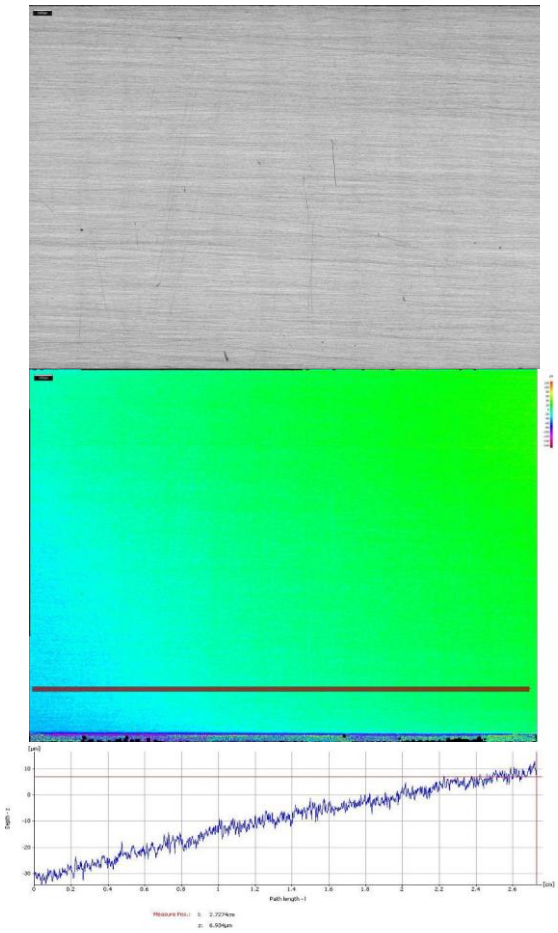

Figura 8 – Análise de imagem da junta soldada (MB/ZTA/MS/ZTA/MB) com aumento 100X. Branco (24h de imersão) condição de produção na ausência de inibidor de incrustação.

Tabela 4 – Teor de Ferro Total, por Absorção Atômica, após 24h da imersão dos corpos de prova.

Condição de Produção contendo inibidor de incrustação	
Amostra	**Teor de Ferro Total, ppm**
Solução antes do ensaio	<0,5
Branco (após 24 h)	2,2
IC1 (após 24h)	1,3
IC2 (após 24h)	2,2
IC3 (após 24h)	<0,5

Já nas figuras 9 (a), (b), (c) e (d) são apresentadas respectivamente as fotografias das juntas soldadas após 24 horas de teste em meio de produção isento de inibidores de corrosão e na presença de inibidor de incrustação, assim como, expostas ao meio de produção contendo inibidores de corrosão e de incrustação. Observa-se que apenas na figura 9(d), teste com inibidor de corrosão IC3 não é possível, identificar a região da junta soldada após o teste de imersão.

Também nesta condição de exposição o processo corrosivo preferencial não foi intenso o suficiente para se observar uma diferença de profundidade significativa entre as regiões de solda e ZTA após 24 horas de imersão através das análises de perfil superficial no IFM.

A presença de inibidor de incrustação não parece influenciar o processo corrosivo ao se avaliar os resultados de ferro total e as superfícies dos corpos-de-prova referentes ao Branco para as duas condições de produção.

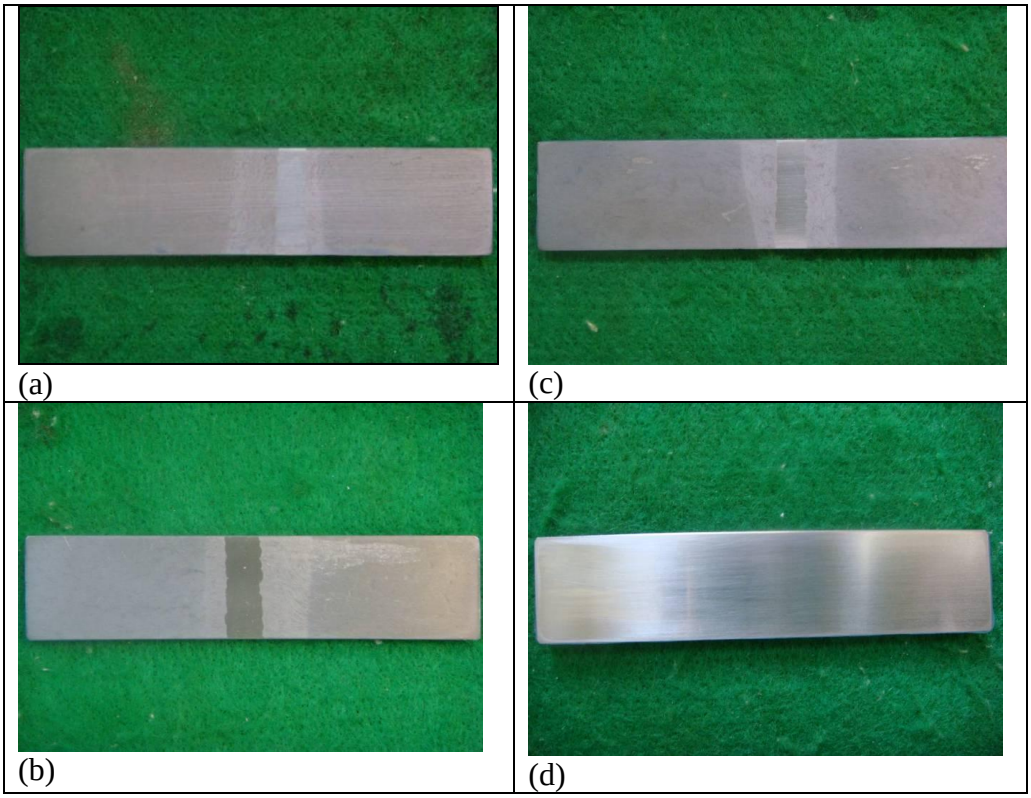

Figura 9 - Aspecto dos corpos-de-prova após 24h de imersão no meio de produção contendo inibidor de incrustação, na ausência de inibidor de corrosão (a) e com diferentes inibidores de corrosão: (b) IC1, (c) IC2 e (d) IC3.

Testes de Corrente Galvânica

Quando dois materiais metálicos dissimilares, com diferentes potenciais, estão em contato na presença de um eletrólito, ocorre uma diferença de potencial e, consequentemente, transferência de elétrons, portanto uma corrente eletroquímica é gerada entre os materiais dissimilares. Têm-se, então, o tipo de corrosão chamado corrosão galvânica. Este tipo de corrosão se caracteriza por apresentar corrosão localizada, próximo à região do acoplamento, ocasionando perda de massa acentuada na região que funciona como anodo.

De um modo geral, os resultados dos testes de corrente galvânica corroboraram com os resultados dos testes de imersão, conforme apresentado nos gráficos da figura 10 para os três meios testados: Exportação, Produção sem anti-incrustante e Produção com anti-incrustante. Somente o inibidor de corrosão IC3 apresentou tendência à corrente zero ao longo do tempo para os três meios testados.

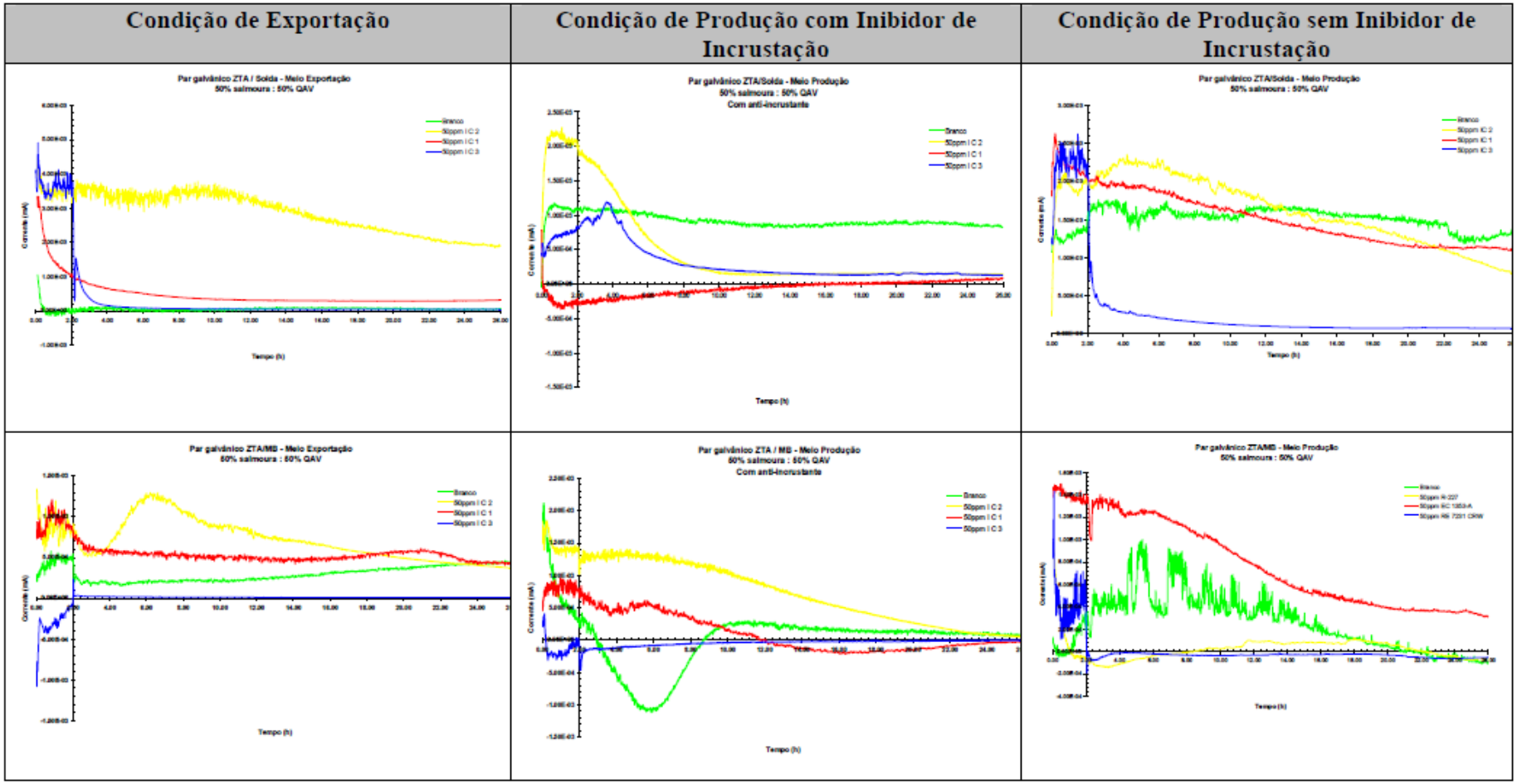

Figura 10 – Gráficos comparativos para os pares galvânicos MS/ZTA e ZTA/MB imersos nos três diferentes meios de teste: Exportação, Produção com inibidor de incrustação e Produção sem inibidor de incrustação.

Os meios de produção tanto na presença quanto na ausência de inibidor de incrustação apresentaram correntes galvânicas mais elevadas para o par metal de solda / zona afetada termicamente (ZTA) do que para o par metal de base / ZTA. Este resultado é esperado, já que o metal de solda encontra-se catódico em relação ao restante da junta soldada devido ao elevado teor de níquel no metal de adição, 2%.

Estranhamente, o comportamento inverso foi observado para a condição de exportação de gás, justamente a condição de maior corrosividade quando comparada aos meios de produção. Verificou-se, posteriormente, que devido à necessidade de se reutilizar corpos-de-prova, e portanto, de ser necessário desbastar um pouco a superfície dos mesmos, o corpo-de-prova referente à zona afetada termicamente passa a ser uma mistura das regiões da ZTA e do metal de solda, ou até mesmo, apenas metal de solda em virtude da baixíssima largura deste corpo-de-prova, 1mm. Com esta hipótese, se pode explicar o resultado obtido para corrente galvânica entre MS e ZTA, próximo à zero. No entanto, esta possibilidade não foi verificada através do ataque do corpo-de-prova devido a incertezas sobre o corpo-de-prova utilizado no teste em questão.

Portanto, devido à pequena área da região da zona afetada termicamente, 1mm de largura (no caso deste trabalho), é necessário se dar atenção especial à identificação destas regiões para se evitar chegar a conclusões precipitadas.

Conclusões

A partir dos testes de imersão da junta soldada em diferentes meios foi observada a ocorrência de corrosão preferencial da região adjacente ao metal de solda, zona afetada termicamente, nos testes em branco.

A partir dos testes de imersão e das análises de teor de ferro total, assim como, da análise dos perfis de varredura de superfície obtidos para os corpos-de-prova, se observou uma maior agressividade do meio de exportação quanto à ocorrência de corrosão galvânica quando comparado aos meios de produção testados com e sem inibidor de incrustação. Esta observação está de acordo com as referências bibliográficas onde é mencionado que em eletrólitos com salinidade mais baixa, o processo de corrosão preferencial na junta soldada é intensificado, pois neste caso, a área anódica fica limitada a uma estreita região adjacente ao metal de solda (catodo).

O inibidor de corrosão IC3 foi o único produto testado que protegeu a junta soldada da corrosão preferencial quando exposta a todos os três meios testados (exportação, produção e produção na presença de inibidor de incrustação).

Os resultados dos testes de corrente galvânica realizados para os pares: metal de solda/zona afetada termicamente e metal de base/zona afetada termicamente, corroboraram com os resultados obtidos a partir dos testes de imersão. Somente o inibidor de corrosão IC3 apresentou tendência à corrente zero ao longo do tempo para os três meios testados.

Referências bibliográficas

(1) Norma NACE MR01-75 “Materials for Sour Service”

(2) MacNaughtan, D. and Winning, G., “Comparison of segmented weld corrosion tests with short and long pre-corrosion and the influence of synergistic in corrosion inhibitors”, First International Symposium on Oilfield Corrosion, SPE87553, Aberdeeen, UK, may 2004.

(3) Joosten, M. W., Kolts, J., Humble, P.G., Kiefer, J.H. and Marlow, J., NACE Corrosion 96, paper 79, Houston 1996.

(4) Rothwell, A.N., and Turner, M.E.D., Materials Performance, pp55-58, Fevereiro de 1990.

(5) Turgoose, S. Palmer, J. W. and Dicken, G.E., “Preferential weld corrosion of 1% Ni Welds: Effect of Solution Conductivity and Corrosion Inhibitors”, USA, Houston 2005 (NACE 05275).

(6) Gulbradsen, E. and Dugstad, A., “Corrosion Loop of Preferential Weld Corrosion and its Inhibition in CO2 Environments, USA, Houston 2005 (NACE 05276).

(7) ASTM G1 (American Society for Testing Materials), “Standard Practice for Preparing Cleaning and Evaluating Corrosion Test Specimens”, USA, 2003.

(8) ASTM G31 (American Society for Testing Materials), “Standard Practice for Laboratory Immersion Corrosion Testing of Metals”, USA, 2004.