CENTRO UNIVERSITÁRIO DOS GUARARAPES- UNIFG
LAUREATE INTERNATIONAL UNIVERSITIES BUSINESS SCHOOL
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA

JOSÉ GERALDO DO ESPIRITO SANTO JUNIOR

**UTILIZAÇÃO DO ULTRASSOM INDUSTRIAL PARA JUNTAS SOLDADAS EM
SUPERFÍCIES COBERTAS POR TINTA COM APLICAÇÕES EM CHAPAS NAVAIS**

JABOATÃO DOS GUARARAPES

2019

JOSÉ GERALDO DO ESPIRITO SANTO JUNIOR

**UTILIZAÇÃO DO ULTRASSOM INDUSTRIAL PARA JUNTAS SOLDADAS EM
SUPERFÍCIES COBERTAS POR TINTA COM APLICAÇÕES EM CHAPAS NAVAIS**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao curso de Engenharia
Mecânica, como requisito parcial à obtenção
do título de Bacharel em Engenharia
Mecânica.

Prof. Orientador: Israel Lira Gonçalves

JABOATÃO DOS GUARARAPES

2019

RESUMO

Este trabalho de conclusão de curso tem por objetivo analisar a viabilidade da inspeção por ultrassom em superfícies pintadas para chapas navais. Compreendendo a necessidade da realização do ensaio de ultrassom em algumas áreas cobertas por tintas, as quais não poderiam ser removidas, contrapondo o procedimento de inspeção que requeria uma superfície lisa, livre de óxidos e tintas. Neste trabalho foi realizado o ensaio por ultrassom levando-se em consideração duas condições distintas, um corpo de prova preparado, livre de óxidos, tintas, carepas ou qualquer agente que dificultasse a inspeção, segundo o Código ASME - Sec. V – Adenda 2002 e outro corpo de prova em condições idênticas a real, pintado de acordo com o plano de pintura exigido para embarcações. Após a realização dos procedimentos observou-se resultados positivos, os quais atendiam as exigências do código ASME, que fala que o ruído máximo não pode ultrapassar dez por cento da tela do aparelho. Entretanto, a região tinha que ser analisada por um especialista em pintura para determinar se a aderência da tinta estava de acordo com o padrão. Tal pesquisa, teve o objetivo de reduzir custos com retrabalho, visto que todas as áreas que tinham inspeção eram retrabalhadas pela equipe de pintura.

Palavras-chave: Ultrassom; Pintura industrial; Chapas navais; Inspeção.

ABSTRACT

This final paper aims to analyze the viability of the Ultrasound Non-destructive Testing in naval plates painted surfaces. Though the standard procedure requires a clean, free from oxides surface, in the industry it is sometimes hard to meet such criteria. Ergo the relevance of the performed analysis. In this work, the Ultrasound Test was performed under two distinct conditions: A specimen that was clear from paint, oxides and anything that could obstruct the test, in accordance with the ASME - Sec. V – Adenda 2002 code, and another specimen that simulated the conditions that usually occur in the industry and painted accordingly to the painting plan for ships. After the proceedings, positive results were obtained, which met the criteria demanded in the ASME code, that, among other things says the maximum noise must not be greater than 10% of the screen. However, the region had to be analyzed by a specialist in painting to determine if the adherence of the paint was in accordance with the standard. This research aimed to reduce costs with redundant work, since all areas had to be analyzed by the painting technician both before and after the ultrasound test.

Keywords: Ultrasound; Industrial painting; Naval plates; Inspection.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	7
2	OBJETIVOS	8
2.1	Objetivo geral.....	8
2.2	Objetivo específico.....	8
3	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	9
3.1	Pintura de embarcações	9
3.2	Ultrassom Industrial	10
3.2.2	Efeito Piezelétrico.....	11
3.2.3	Transdutor.....	11
3.2.4	Técnica pulso-eco	13
3.2.5	Calibração	14
4	MATERIAIS E MÉTODOS	15
4.1	Configuração do ensaio.....	15
4.2	Desenvolvimento do ensaio	18
4.2.1	Calibração da sensibilidade para cabeçotes angulares	18
4.2.2	Determinação do Fator de Correção da Perda por Transferência (PT)	19
4.2.3	Técnicas de Varredura	20
4.2.4	Realização da Inspeção	21
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	23

6	CONCLUSÃO	24
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	25
	ANEXOS	26

1 INTRODUÇÃO

Os ensaios não destrutivos têm ocupado espaços cada vez maiores na área industrial, garantindo a integridade de produtos e equipamentos. São utilizadas técnicas que observam defeitos superficiais até defeitos internos, aumentando a confiabilidade do produto final (SANTIN, 2003).

A pintura industrial é um método de proteção anticorrosiva de uma superfície, através da aplicação de uma película protetiva no material que entrará em contato com o meio. Tal processo, além de proteger, tem a finalidade estética, de sinalização, identificação de fluidos em tanques e tubulação, auxílio na segurança industrial, impermeabilização, impedir a aderência da vida marinha ao casco de embarcações e isolamento de estruturas (FRAGATA, 2009).

O ultrassom industrial é um ensaio não destrutivo utilizado para garantir a qualidade de equipamentos e componentes encontrados na indústria. Essa técnica já é bastante conhecida no meio acadêmico, com inúmeras publicações sobre o assunto, e já é bastante utilizada principalmente para localização e dimensionamento de descontinuidades que possam ser derivadas do processo de fabricação ou da operação (ANDREUCCI, 2014).

As inspeções em juntas soldadas são realizadas seguindo um padrão rigoroso de limpeza da superfície onde será efetuado o ensaio. Ela deve estar livre de carepas de laminação, rugosidade, oxidação excessiva, respingo de solda, depressão, tinta ou qualquer outra irregularidade que possa interferir no acoplamento ou na movimentação dos transdutores (SANTIN, 2003).

Entretanto, em alguns casos onde o objeto inspecionado se encontra em operação e não havendo a possibilidade de remoção da tinta, a inspeção é efetuada seguindo um procedimento específico que não comprometa o resultado do ensaio.

Afim de se obter processos mais eficientes que atendam as demandas propostas pela indústria naval, mais especificamente para o setor da garantia da qualidade, no tocante à inspeção por ultrassom em superfícies pintadas, viu-se a necessidade de desenvolver tal pesquisa.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Este projeto tem por objetivo tornar viável e confiável o ensaio por ultrassom, na detecção de descontinuidades internas em juntas soldadas, cujo as superfícies estão cobertas por tinta.

2.2 Objetivo específico

- Confeccionar um corpo de prova (CP) de aço carbono, soldado com arame tubular, sendo incluídos defeitos conhecidos.
- Inspeccionar o CP através do ultrassom industrial com a superfície livre de óxidos, tintas etc.
- Realizar a pintura do CP seguindo os padrões exigidos para chapa navais.
- Examinar através do ultrassom o CP pintado para comparação dos resultados, com a inspeção realizada anteriormente.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 Pintura de embarcações

A pintura industrial é um dos métodos mais eficazes utilizado para a proteção anticorrosiva em superfícies metálicas. É possível de comprovar por conta do seu baixo custo, facilidade de aplicação e manutenção (VICENTE, 1994).

Segundo Vicente (1994), a pintura de embarcações é essencial para a sua proteção, pois é garantia que elas têm de suportarem as condições adversas que suas estruturas estão sujeitas.

Para cada parte da embarcação existe um esquema específico de pintura, abaixo seguem essas relações (VICENTE, 1994).

- a) **Obras vivas:** parte que fica totalmente submersa, deve ser observado um esquema para suportar o contato com água salgada ou eventualmente em água doce. Em alguns casos especificados pelo cliente deve ser empregada também, uma tinta de acabamento antiincrustante.
- b) **Costado, conveses expostos e superestrutura (externa):** são as coberturas das embarcações. Costado é a cobertura do casco, convés a cobertura superior e superestrutura é o conjunto da cabine de comando e as acomodações. Deve ser selecionado um esquema para atmosfera agressiva.
- c) **Tanque de lastro, água potável, carga e paióis de amarras:** locais de armazenamentos. Deve ser observado um esquema para imersão no produto considerado.
- d) **Praça de Máquinas:** local onde se encontra o motor e as unidades que o compõe. Como nesta região são comuns os danos mecânicos, o esquema de pintura não é tão rigoroso pois são refeitos periodicamente.

3.2 Ultrassom Industrial

Na segunda metade do século XIX foi publicada a teoria do som pelo cientista inglês John William Strutt, conhecido por lorde Rayleigh. Esse trabalho iniciou a física acústica moderna, e sua utilização se iniciou a partir da primeira guerra mundial, facilitando a navegação submarina para a detecção de icebergs (ANDREUCCI,2014).

Entretanto, alguns historiadores reconhecem a descoberta dos irmãos Curie sobre o efeito piezelétrico, como o momento que o ultrassom foi concebido. Esse efeito é comum a alguns materiais em forma de cristais, que convertem energia mecânica em elétrica ou convertem energia elétrica em mecânica (ANDREUCCI,2014).

Observando tal descoberta, verificou-se que, se uma placa de um certo material com características piezelétricas, fosse submetida a uma diferença de potencial em sua superfície, eram geradas ondas mecânicas de alta frequências, acima de 20Hz, denominadas ondas ultrassônicas (ANDREUCCI,2014).

A partir da década de vinte o físico soviético Sergei Sokolov, implicou o uso do ultrassom para uso industrial, apresentando um estudo sobre detecção de descontinuidades em metais, possibilitando a determinação da localização, tamanho e características desses defeitos (SANTIN, 2003).

Somente em meados da década de quarenta, foram fabricados os primeiros aparelhos de ultrassom, sendo utilizados em escala industrial, estimulado pela responsabilidade cada vez maior no quesito qualidade dos itens fabricados. Tais aparelhos foram os precursores dos aparelhos de ultrassom utilizado na medicina (SANTIN, 2003).

Atualmente o uso do ultrassom para verificação da qualidade de equipamentos e peças são indispensáveis, principalmente nos setores petróleo/petroquímico, nuclear, aeroespacial, siderúrgico, ferroviário, naval, eletromecânico e automotivo.

3.2.1 Finalidade do ensaio

O ensaio por ultrassom, é um método não destrutivo para a detecção de defeitos internos em equipamentos ou peças ensaiadas, principalmente para materiais ferrosos (SANTIN, 2003).

Esses defeitos têm características particulares e podem ser derivados do processo de fabricação como, segregações, trincas e dupla-laminação, ou do processo de soldagem como, escórias, porosidades, falta de fusão, entre outros.

3.2.2 Efeito Piezelétrico

Segundo Santin (2003), o efeito piezelétrico é um fenômeno apresentado por alguns materiais, caracterizado pela capacidade destes de se expandirem e comprimirem em resposta a uma diferença de potencial externa ou, reciprocamente produzirem uma polarização dielétrica em resposta a uma deformação externa ao material. A figura 1 ilustra o efeito piezelétrico.

Fonte: ANDREUCCI, 2014

Esses cristais piezelétricos fazem parte de um acessório fundamental na inspeção denominado transdutor, que é responsável pela emissão e recepção das ondas ultrassônicas que se propagam no material.

3.2.3 Transdutor

Segundo Andreucci (2014), os transdutores ou cabeçotes foram desenvolvidos tendo como elemento fundamental o cristal piezelétrico, que é fixado a um bloco rígido,

o amortecedor, que serve como apoio para o cristal e faz a absorção das ondas emitidas por ele. É ligado a um cabo coaxial que faz a conexão com o aparelho transportando os pulsos elétricos. Os tipos de transdutores utilizados são:

- a) **Retos ou normais:** Cabeçotes que possuem um único cristal geradores de ondas longitudinais normais à superfície de acoplamento.

Figura 2- Transdutor Reto ou normal

Fonte: ANDREUCCI, 2014

- b) **Duplo-Cristal:** Cabeçote que possui dois cristais no interior da carcaça e separados por um isolante acústico. Cada cristal funciona independente do outro, um somente como emissor ou somente como receptor, sendo que não importa qual deles exerce qual função. Geram ondas longitudinais normais à superfície.

Figura 3- Transdutor Reto ou normal

Fonte: ANDREUCCI, 2014

- c) Angular:** Diferentemente dos transdutores com feixe normal à superfície, os angulares, emitem ondas que formam um ângulo com a superfície através do acoplamento de uma cunha de plástico. Esses cabeçotes são mais usados para inspeções em soldas, por conta da facilidade de detectar discontinuidades que não estejam orientadas paralelamente a superfície.

Figura 4- Transdutor angular.

Fonte: ANDREUCCI, 2014

3.2.4 Técnica pulso-eco

Uma das técnicas de ultrassom mais simples, para detecção e dimensionamento de discontinuidades, uma das mais eficazes e a mais utilizada. Para sua aplicação é

necessário um aparelho de ultrassom que serve como regulador dos pulsos elétricos, agindo como um osciloscópio. Um único transdutor é utilizado, e tem a função de emissor de pulsos e receptor dos ecos ao mesmo tempo. Quando o pulso que é emitido por esse transdutor encontra uma superfície refletora, parte da energia ou até mesmo toda retorna para ele, gerando um sinal em forma de pulso elétrico que pode ser visto na tela do aparelho (SANTIN, 2003).

A amplitude, que está relacionada com altura dos ecos que aparecem na tela do aparelho, é diretamente proporcional ao tamanho do refletor e da forma que as ondas atingem-no (perpendicularidade), ou seja, quanto mais perpendicular seja a incidência do feixe no refletor, mais energia retorna para o transdutor. A figura abaixo demonstra na prática a técnica do pulso-eco (ANDREUCCI, 2014).

Figura 5 - Utilização da técnica pulso-eco para inspeção ultrassônica.

Fonte: ANDREUCCI, 2014

3.2.5 Calibração

Segundo Santin (2003), o ensaio por ultrassom, por depender de parâmetros para se obter um laudo coerente, necessita que sejam tomadas algumas precauções e seguidas algumas etapas. Existem algumas variáveis que influenciam diretamente no resultado da inspeção e que precisam ser determinados previamente como, procedimento de calibração, blocos de referência, transdutores, velocidade do meio, dentre outras.

A calibração é a etapa primordial do ensaio por ultrassom, pois permite que avaliação seja coerente. Fatores como, escala, linearidade vertical, horizontal, sensibilidade e resolução devem ser verificados no momento da calibração (ANDREUCCI, 2014).

4 MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia utilizada está pautada na pesquisa experimental, onde foram analisados e atestados os mecanismos que ratificam o objetivo desta pesquisa.

4.1 Configuração do ensaio

Para realização do ensaio tivemos que dispor de:

a) Corpo de prova: Um corpo de prova (CP) de aço carbono AH36 de acordo com a tabela 1, com dimensões de 200mmx300mmx12,7mm. O tipo da junta realizada foi JTPT (junta de topo) com chanfro em “V”. O processo de soldagem foi o FCAW (arame tubular), com um arame de 1,2 mm de diâmetro e executado de acordo com a IEIS (instrução de execução e inspeção de soldagem).

Em primeiro lugar foi utilizado o corpo de prova com a superfície livre de óxido e tintas. Em seguida, para a conclusão da pesquisa e comparação dos resultados, com a superfície pintada conforme o procedimento aplicável. E no seu interior foram adicionadas algumas descontinuidades conhecidas.

Tabela 1 – Composição química da chapa utilizada

Si	Mn	P	S	Al	Cu	Nb	V	Ti	Cr	Ni	Mo	Sn	N	B	Ca	sb	C
0,19	0,68	0,015	0,005	0,039	0	0,001	0,001	0	0,02	0,01	0	0	0,0046	0,0001	0,0002	0	0,18

Fonte: certificado de chapa da USIMINAS, 2014

Figura 6 – CP com a superfície lisa.

Fonte: O autor

Figura 7 – CP com a superfície pintada

Fonte: O autor

- b) Blocos de referência:** Blocos de referência que simulam a estrutura das juntas, com furação conforme o procedimento aplicável, foram utilizados para a

traçagem da curva DAC (curva de distância e amplitude) e a curva de correção de perda por transferência (PT).

Figura 8- Bloco de referência ASME SEC. V de 20mm sem tinta

Fonte: O autor

Figura 9- Bloco de referência ASME SEC. V de 20mm pintado

Fonte: O autor

c) Aparelho e transdutores: Para realização do ensaio, utilizou-se um aparelho de ultrassom A-SCAN do tipo pulso eco, modelo USM-GO/ GE.

Transdutores de contato do tipo duplo-cristal e angular com ângulo real de 70° e frequência de 4MHz, modelos MSE4 e MWB4, ambos da GE, foram utilizados para a varredura do material de base e da área soldada respectivamente.

- d) Procedimento de inspeção:** Para a inspeção, dispomos de um procedimento qualificado, disponibilizado pela ABENDI (Associação Brasileira de Ensaios Não Destrutíveis e Inspeção), que tem por título, PR-011 (ULTRA-SOM - SOLDA), 2004.

4.2 Desenvolvimento do ensaio

Segundo Código ASME - Sec. V – Adenda 2002, transcrito no procedimento “ULTRA-SOM - SOLDA” PR-011, 2004, as curvas de referências traçadas para cabeçotes angulares devem ser feitas conforme as sequências descritas nos itens 6.2-1 e 6.2-2. E também a determinação das técnicas de varredura conforme o item 6.2-3.

4.2.1 Calibração da sensibilidade para cabeçotes angulares

Posicionar o cabeçote de modo a maximizar o eco do furo que proporcione a maior amplitude (ver figura 10A);

- a) Ajustar o controle de ganho de modo a se obter deste furo uma indicação com 80% da altura da tela; o ganho, chamado de ganho primário (GP);
- b) Sem alterar o ganho, posicionar o cabeçote de modo a se obter a resposta nas demais posições, marcando suas amplitudes na tela;
- c) Interligar as marcações de modo a se obter a curva de referência primária;
- d) Traçar as curvas de 50% e 20% da amplitude da curva de referência primária, reduzindo o ganho em 6 dB e 14 dB em relação ao ganho primário (GP).

Figura 10- Curva DAC no Bloco de Referência (10A) e o bloco de referência detalhado (10B)

Fonte: PR-011 (ABENDI, 2004)

Figura 11- Curva DAC de referência com transdutor angular

Fonte: PR-011 (ABENDI, 2004)

4.2.2 Determinação do Fator de Correção da Perda por Transferência (PT)

- a) Posicionar dois transdutores, um como emissor outro como receptor, com ângulos iguais, sobre o bloco de calibração com percurso sônico como mostrado na figura 12A, usando a técnica de transparência.
- b) Ajustar o controle de ganho para que a amplitude do eco com os transdutores na posição **E/R1** esteja maximizada em 80% da altura da tela.
- c) Sem alterar o ganho, os sinais das posições E/R2 e E/R3 devem ser marcados.
- d) Unir os pontos para se obter uma curva de referência.
- e) Com o mesmo ganho, posiciona-se os transdutores na peça a ser examinada (ver figura 12B), na posição E/P1 e se altura do eco deste posicionamento for igual à altura da curva não haverá correções.
- f) Havendo diferenças, ajusta-se a altura encontrada no material da peça para a mesma acrescidos ou diminuídos no ganho primário.

Figura 12- Traçagem de curva da PT bloco de referência (A) e PT na peça (B)

Fonte: PR-011 (ABENDI, 2004)

Figura 13- Curva da PT de referência com transdutor angular

Fonte: PR-011 (ABENDI, 2004)

4.2.3 Técnicas de Varredura

- a) A região do metal de base a ser percorrida pelas ondas do cabeçote angular deve ser primeiramente inspecionada com cabeçote normal/duplo cristal para se pesquisar a existência de descontinuidades paralelas à superfície que caso existam, devem ser registradas e consideradas na realização do ensaio com cabeçotes angulares (PR-011 ABENDI, 2004).
- b) De acordo com o A varredura deve ser executada com uma sobreposição mínima de 15% e a velocidade de inspeção não superior a 150 mm por segundo (PR-011 ABENDI, 2004).

c) A área de varredura é calculada pela formula: **$AV=2 \times ESPESSURA \times Tg\theta + 20mm$**

d) O ganho de varredura é encontrado a partir da fórmula, $(GV= GP + PT + 6Db)$.

4.2.4 Realização da Inspeção

Para garantir que feixe sônico penetre no interior da peça, por conta da diferença entre as impedâncias acústicas dos meios, é necessário usar um líquido acoplante que se adapte à situação (SANTIN, 2003). Para a realização da inspeção foram utilizadas soluções de Carboxi-metil-celulose, diluída em água, como material acoplante. Entretanto, na inspeção da peça pintada o acoplante utilizado foi menos diluído em água obtendo uma textura mais gelatinosa, ajudando no acoplamento do transdutor e na penetração do som. Procedimento muito importante para a eficácia do ensaio.

Segundo Santin (2003), o transdutor deve ser deslizado sobre a superfície de varredura com o feixe ultrassônico voltado perpendicularmente à solda, de modo que as ondas atravessem totalmente o volume da solda. Caso haja alguma descontinuidade no volume de solda, haverá reflexão nesta interface, retornando ao transdutor parte da energia ultrassônica, e conseqüentemente a indicação na tela do aparelho em forma de eco ou pulso.

Primeiramente, foi realizada a inspeção do corpo de prova com a superfície livre de óxidos, carepas, sujeiras e tinta.

Com o transdutor duplo-cristal, realizou-se a medição de espessura das chapas envolvidas, onde foi verificado o valor de 12,7mm. Também foi realizada a varredura do material de base, afim de se encontrar algum defeito de laminação. O ganho de varredura para esse transdutor foi de 51,4 dB. Nenhuma descontinuidade foi encontrada na região adjacente ao cordão de solda.

Em seguida continuou-se a inspeção com o transdutor angular MWB4 com ângulo de 70°. Foi aferida a PT (perda por transferência) utilizando a curva de referência traçada e o valor encontrado foi de +2 dB.

Fazendo a inspeção pela região de acabamento da solda com um ganho primário (GP) de 47,2 dB e ganho de varredura (GV) de 55,2 dB, foram detectados seis defeitos, especificados no relatório 1 do anexo, de acordo com item 16 (critério de registro e aceitação de descontinuidade) do procedimento adotado em relação a curva DAC de referência.

Para a inspeção no corpo de prova coberto por tinta, utilizou-se o mesmo processo da superfície lisa.

O ganho de varredura encontrado para o transdutor duplo-cristal foi 55,6 dB. O ganho de varredura e a PT para o transdutor angular respectivamente foram: 56,2 dB e 0 dB.

Foram encontrados seis defeitos, especificado no relatório 2 do anexo, de acordo com item 16 (critério de registro e aceitação de descontinuidade) do procedimento adotado em relação a curva DAC de referência.

Para o dimensionamento dos defeitos foi aplicado o método das extremidades das descontinuidades, considerando-se o eco mais próximo de cada extremo. O comprimento das descontinuidades registráveis foi determinado pelo método da queda dos 6 dB.

Antes de iniciarmos o ensaio por ultrassom na superfície pintada, foi necessário a inspeção da região por um inspetor de pintura qualificado, afim de verificar se a camada de tinta estava com a espessura adequada, a aderência da tinta estava no nível correto e se a região estava livre de bolhas ou qualquer irregularidade que impossibilitasse a passagem do som para a peça.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A inspeção ultrassônica, através da metodologia proposta, se mostrou adequada para a detecção de defeitos em superfície pintada, na forma que foram simuladas através do corpo de prova. Fazendo uma comparação entre os relatórios das inspeções, constatou-se uma grande semelhança nos quesitos: Amplitude, localização, comprimento dos defeitos e profundidade, atestando então, a eficácia da pesquisa.

Só foi possível obter tais resultados, porque houve uma simulação precisa do ensaio. Respeitando, pois, os parâmetros de inspeção no momento da traçagem das curvas de referência de sensibilidade (DAC) e a curva de comparação (PT), utilizando um bloco de referência com condições similares ao estado real da peça. E também na utilização do material acoplante em uma textura mais saturada, a qual facilitou no acoplamento do transdutor na peça.

Encontrou-se certa dificuldade na inspeção da peça pintada por conta da atenuação proveniente da camada de tinta, ocasionando ruídos na tela do aparelho, porém, dentro da tolerância pré-definida no procedimento que é de 10% da altura da tela do aparelho.

6 CONCLUSÃO

O presente trabalho avaliou a eficácia do ultrassom convencional através da técnica do pulso eco, utilizando um aparelho do tipo A-SCAN e transdutor angular com ângulo real de 70°.

Realizando a comparação entre duas inspeções em diferentes situações, a primeira inspeção do corpo de prova com a superfície livre de óxidos, carepas, sujeiras e tinta e a segunda com a superfície pintada.

Contudo, podemos concluir que a metodologia para avaliação de sensibilidade através do ultrassom convencional apresentou resultados favoráveis quanto a confiabilidade e diminuição de custos, porquanto não será mais necessário a retirada da tinta de áreas que precisam ser ensaiadas pelo método aplicado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDREUCCI, R. Ensaio por ultrassom. ABEND, Ed. Maio 2014.

IACS No.20 NDT – Non-destructive testing of ship hull steel welds, 1988 Rev. 1 Dec 2007.

PR-011 (ABENDI) – ULTRA-SOM SOLDA, Rev. 11 outubro de 2004.

SANTIN, J. L., Ultra-som: Técnicas e aplicações. 2ª Edição. Curitiba. Ed: Optagraf, 2003. PETROBRAS.

FRAGATA, F.L.. Qualificação para inspetor de pintura industrial nível 1 – Módulo I: A pintura como técnica de proteção anticorrosiva. ABRACO. Rio de Janeiro 2009

VICENTE, G., Corrosão. 3ª Edição. Rio de Janeiro. Ed: LTC 1994

ANEXOS

RELATÓRIO DE ENSAIO POR ULTRASSOM - NAVAL Ultrasonic Naval Testing Report										Nº DO RELATÓRIO Nº Report											
Disciplina / Área Estrutura										1											
Cliente Client	N/A	Obra Job	EAS-Suezmax		Data da Inspeção Inspection Date	17/04/2016		Nº PI Nº PI	N/A	Página Page	1/1										
Objeto da Inspeção Subject	CP-01																				
Local da Inspeção Inspection Local	N/A		Critério de Aceitação Acceptance criteria		Conforme Procedimento - Nível III(100 %)																
Desenho Drawing	N/A		Revisão Revision	0	Nº Procedimento Procedure	PRJN.7.5.1-27		Revisão Revisi	0												
Técnica Method ☒ A-Scan ☐ P-Scan	Aparelho / Número de Série Instrument / Serial Number		Acoplante Coupling		Espessura Thickness		Condição Superficial Condition Surface														
	USMGO		METIL		12,7/12,7 mm		Escovada														
Cabo Coaxial (Comprimento) Coaxial Handle (Size)	2M		Bloco de Calibração Calibration Block	V1	0	Referência Standard	BL ABS 19,0 mm		Sensibilidade Sensitivity												
									φ 1,2 x DAC												
Transdutor Transducer	Frequência Frequency		Número de Série Serie Number		Ganho de Calibração Calibration Gain																
MOEB 4/GE	4 MHZ		55015		EF 80%																
MWB 70-4/GE	4 MHZ		75191		S1,6dB																
Inspeção de Reparo Inspection of Repair			Reparo do Relatório Nº Repair from report Nº			Inspeção Adicional Solicitada pela Classificadora Additional Inspection Requested Classification Society															
☐ Sim ☒ Não			-----			☐ Sim ☒ Não															
Descrição da Inspeção - Resultado de Medição Inspection Description - Result																					
JUNTA E/OU TERÇO Joint	ÂNGULO DO CAL Angle	DEFEITO Defect	COMPRIMENTO DA JUNTA Length			POSICÃO Position	COMPRIM. Size	PROF. Depth	PERC. Revol	DIST. Distance	SUP. Surface	TIPO Type	AMPLIT. Amplit	PI	Ganho Work Gain	LAUDO Certificate	SNTT Scale				
			TOTAL	INICIAL	FINAL												R4Z	ENCOMB.	Proc. Ref.	Proc. Rec.	Stress Rep.
CP-01	70°	1	300	0	300	52	24	10	45	44	2	-	+2	+2	59,6	R	---	---	FCAW	FCAW	---
CP-01	70°	2	300	0	300	96	22	6,6	55	56	2	-	+4,7	+2	59,6	R	---	---	FCAW	FCAW	---
CP-01	70°	3	300	0	300	130	50	5,6	91	94	2	-	+21	+2	59,6	R	---	---	FCAW	FCAW	---
CP-01	70°	4	300	0	300	180	31	8,7	49	50	2	-	+3,4	+2	59,6	R	---	---	FCAW	FCAW	---
CP-01	70°	5	300	0	300	235	63	4,7	61	64	1	-	+4,7	+2	59,6	R	---	---	FCAW	FCAW	---
CP-01	70°	6	300	0	300	270	30	7,4	53	54	2	-	+5,7	+2	59,6	R	---	---	FCAW	FCAW	---
Observação da Inspeção Inspection Observation																					
Inspeção realizada em superfície lisa, na região do acabamento de solda conforme croqui abaixo.																					
Croqui

		RELATÓRIO DE ENSAIO POR ULTRASSOM - NAVAL Ultrasonic Naval Testing Report										Nº DO RELATÓRIO Nº Report		2								
		Disciplina / Area Estrutura																				
Cliente Client	N/A	Obra Job	EAS-Suezmax				Data da Inspeção Inspection Date				17/04/2016		Nº PI Nº PI	N/A	Página Page	1/1						
Objeto da Inspeção Subject	CP-01																					
Local da Inspeção Inspection Local	N/A				Critério de Aceitação Acceptance criteria				Conforme Procedimento - Nível III(100 %)													
Desenho Drawing	N/A				Revisão Revision				0				Nº Procedimento Procedure				PR.IN.7.5.1-27		Revisão Revisi		0	
Técnica Method	☒ A-Scan ☐ P-Scan		Aparelho / Número de Série Instrument /Serial Number				Acoplante Coupling				Espessura Thickness				Condição Superficial Condition Surface							
			USMGO				METIL				12,7/12,7 mm				PINTADA							
Cabo Coaxial (Comprimento) Coaxial Handle (Size)	2M		Bloco de Calibração Calibration Block				0				Referência Standard				BL ABS 19,0 mm				Sensibilidade Sensibility		φ 1,2 x DAC	
Transdutor Transducer	M9EB 4/GE		Frequência Frequency				4 MHZ				Número de Série Serie Number				55015				Ganho de Calibração Calibration Gain		EF 80%	
	MWB 70-4/GE		4 MHZ				75191								59,2dB							
	---		---				---				---				---							
	---		---				---				---				---							
Inspeção de Reparo Inspection of Repair			☐ Sim ☒ Não			Reparo do Relatório Nº Repair from report Nº				-----				Inspeção Adicional Solicitada pela Classificadora Additional Inspection Requested Classification Society				☐ Sim ☒ Não				
Descrição da Inspeção - Resultado de Medição Inspection Description - Result																						
Linha e/ou Tronco Line	Ângulo do Cab. Angle	Defeito Defect	COMPRIMENTO DA LINHA Length			Posição Position	COMPRIM. Size	PROP. Depth	PERC. Rust	DET. Distance	SUP. Surface	TIPO Type	AMPLITUDE Amplitude	PT	SINAL Work Item	LAUDO Certificate	SENTE SENSE					
			TOTAL	REGUL	REAL												RAZ	ENCIMA	Pos. Real	Pos. Enc.	Sente Real	
CP-01	70°	1	300	0	300	52	24	5,8	53,4	57,4	2	-	+2	0	54,9	R	---	---	FCAW	FCAW	---	
CP-01	70°	2	300	0	300	100	19	8,8	48,4	45,5	2	-	+4	0	54,9	R	---	---	FCAW	FCAW	---	
CP-01	70°	3	300	0	300	120	59	5,6	90,7	92	2	-	+21	0	54,9	R	---	---	FCAW	FCAW	---	
CP-01	70°	4	300	0	300	180	35	10,5	43,6	43	2	-	+2,4	0	54,9	R	---	---	FCAW	FCAW	---	
CP-01	70°	5	300	0	300	235	63	11,3	43,3	45	1	-	+1	0	54,9	R	---	---	FCAW	FCAW	---	
CP-01	70°	6	300	0	300	270	30	4,2	62	62	2	-	+3	0	54,9	R	---	---	FCAW	FCAW	---	
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Observação da Inspeção Inspection Observation																						
Inspeção realizada em superfície pintada, na região do reforço da solda conforme croqui abaixo.																						
Croqui																						