

DESENVOLVIMENTO DE SISTEMA DE NÓ SÍSMICO PARA SOLO MARINHO SOB DEMANDA – LEVANTAMENTO DE MATERIAIS PARA FABRICAÇÃO DA ESTRUTURA MECÂNICA DO NÓ

Rudhá Moura Porto Sousa¹; Valter Estevão Beal²

¹ Graduando em Engenharia Mecânica; Iniciação científica – ANP; rudha.moura@hotmail.com

² Doutor em Engenharia Mecânica; Centro Universitário SENAI CIMATEC; Salvador-BA; valtereb@fieb.org.br

RESUMO

Reservas de petróleo como as do pré-sal brasileiro trazem novos desafios para a exploração comercial de óleo. O monitoramento sísmico dos poços de petróleo é uma importante ferramenta que pode otimizar os ganhos e trazer uma maior eficiência, porém as atuais tecnologias existentes têm um alto valor operacional, uma demora na geração dos dados, e ainda não é possível monitorar os reservatórios constantemente durante um longo tempo. O SENAI Cimatec, junto com a Shell, Sonardyne, Seabed Geosolutions buscam desenvolver um sistema de vigilância sísmica para monitoramento do solo marinho, que opere durante 5 anos a uma profundidade de até 3 mil metros, sem nenhuma intervenção direta para reparos ou coleta de dados, tendo um custo de fabricação e operação menor que as atuais tecnologias existentes, assim é fundamental que o equipamento tenha uma estrutura mecânica que abrigue os componentes eletrônicos e os proteja contra a pressão, umidade e corrosão.

PALAVRAS-CHAVE: Corrosão, Housing, Material, Sísmica.

1. INTRODUÇÃO

A enorme diversidade das condições físicas e ambientais no mar resulta em dificuldades para se desenvolver tecnologias para exploração de petróleo em águas profundas. Para superá-las é preciso aliar um grande e diversificado grupo de ciências e disciplinas voltadas para atividade econômica, dentre elas a sísmica.¹ A sísmica 4-D, é baseada no levantamento de dados repetidos em 3-D ao longo de intervalos de tempo estabelecidos, buscando observar a circulação do fluxo dos hidrocarbonetos em um reservatório, enquanto é feita a exploração.² As imagens geradas através de sistemas de nós sísmicos convencionais ajudam atualmente a otimizar a extração do petróleo. No entanto, o custo operacional alto e o tempo de resposta grande dos dados sísmicos dos sistemas atuais, impedem um monitoramento a longo prazo. Assim, o SENAI CIMATEC em parceria com a Shell, Sonardyne, Seabed Geosolutions buscam desenvolver um sistema de monitoramento sísmico para reservas de petróleo, que permita registrar dados sísmicos ativos e passivos frequentemente ou sob demanda, tendo que operar durante 5 anos a uma profundidade de até 3 mil metros, não necessitando de nenhuma intervenção direta para realizar manutenção ou enviar os dados coletados, a níveis de custo consideravelmente menor do que as atuais soluções existentes.

Visto o grau de complexidade do projeto é necessário que os componentes eletrônicos que integram o sistema de vigilância tenha uma estrutura mecânica (housing) que ofereça a devida proteção contra a grande pressão do mar, a umidade e a corrosão. O CIMATEC será responsável direto por desenvolver essa estrutura, desenvolver um módulo de controle e realizar a integração de todos os módulos que compõe o nó sísmico, o equipamento a ser desenvolvido terá sua validade comprovada por meio de testes de campo com cerca de 10 protótipos funcionais. A escolha do material para fabricação do housing de um sensor submarino deve levar em conta fatores como resistência mecânica, resistência a corrosão, peso, custo e manufaturabilidade.³ Assim esse documento busca coletar informações sobre materiais que possam ser utilizados na fabricação do housing, dentre os possíveis materiais, se destacam o alumínio, titânio, vidro, cerâmica e aço inoxidável, sendo possível utilizar também materiais poliméricos e fibra de vidro ou carbono.

O vidro e a alumina são materiais que suportam grandes pressões, leves e resistentes a corrosão. A empresa Vitroex oferece housing vítreos que podem ser submetidos até 12 mil metros de profundidade.⁴ O submarino autônomo Nereus, contém algumas peças feitas de alumina e já foi levado a profundidade de 11 mil metros.⁵ No entanto esses materiais tendem a sofrer com concentração de tensão nas regiões de interfaces, pesquisadores utilizaram juntas metálicas e conseguiram amenizar esse fenômeno.⁶ O titânio é mais um material que oferece grande resistência mecânica e a corrosão, pesquisas com sensores submarinos usando housing feito de titânio já foram feitas e o material não comprometeu o funcionamento do sensor.⁷ Porém o custo da matéria prima e fabricação é elevado. Aço e aço inoxidável são materiais que já são usados na indústria marítima em equipamentos robustos como submarinos, o aço tem ótima resistência mecânica, é facilmente usinado, porém corrói, necessitando de proteção galvânica. Já o aço inox tem propriedades mecânicas maiores que o aço comum e oferece maior resistência contra corrosão, no entanto tem o inconveniente de ser mais caro.³ Os polímeros são

uma possibilidade de material devido sua resistência a corrosão, leveza e facilidade de fabricação. No entanto não suportam grandes pressões, sendo necessário usar uma estrutura interna de reforço para aumentar a resistência mecânica, fibra de carbono tem uma boa resistência mecânica porém é mais suscetível a corrosão e tem maior preço.⁸ Outra alternativa de material que tem uma boa resistência mecânica e uma excelente resistência a corrosão, além de inibir o desenvolvimento de microrganismos, são ligas formadas de níquel, alumínio e bronze (NAB), conhecidas também como bronze alumínio entretanto é um material mais caro e mais pesado com relação a outras alternativas.⁹ Determinadas ligas de alumínio como a 6061,6082 e 7075 podem oferecer uma resistência mecânica suficiente para atender o projeto em questão, além disso é um material leve e barato, porém pesquisas mostraram que o alumínio sofreu um aumento de corrosão superficial em grandes profundidades marinhas.¹⁰

2. METODOLOGIA

Para o desenvolvimento do nó sísmico foi feita uma busca por literatura bibliográfica com intuito de levantar informações sobre produtos já existentes aplicados em condições similares, além disso, seminários com o engenheiro mecânico da Sonardyne, Stefan Arndt, foram realizados com o intuito de passar sua experiência em desenvolvimento de sensores submarinos. Foi utilizado também o software CES Selector da empresa Granta Design, esse programa possui em seu banco de dados mais 4 mil materiais, e além de fornecer propriedades mecânicas, químicas e elétricas pode informar também o preço e fornecedores de cada material. Está previsto ainda antes da fabricação dos protótipos a criação modelos virtuais 3D e análise de elementos finitos para uma melhor visualização da estrutura, permitindo uma otimização de dimensões e distribuição de componentes eletrônicos, por fim serão realizados testes em laboratório e em campo (mar aberto) para validar o funcionamento da estrutura mecânica e do nó como um todo.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após o levantamento dos possíveis materiais para o housing, foi analisada a viabilidade de usar cada uma das alternativas no projeto. Os seminários realizados ajudaram a esclarecer algumas dúvidas e assim reduzir as possibilidades. O vidro, cerâmica e titânio são materiais que tem um processo de fabricação mais complexo, o Brasil ainda não possui a tecnologia necessária para isso, portanto seria preciso desenvolver essa tecnologia e isso levaria um tempo considerável, desse modo essas alternativas foram descartadas. O uso de fibra de carbono foi descartado devido ao seu alto valor e a dificuldade de união de peças por conta da sua alta rigidez de pois de pronta. As alternativas que se mostram mais promissoras para fabricação do housing são alumínio, bronze e polímero reforçado. Na Tabela 1, um compilado de materiais e suas propriedades que foram obtidas por meio do programa CES Selector.

Tabela 1 – Materiais propriedades e características.

Material (Liga)	Resistência a Compressão (Mpa)	Densidade (kg/m³)	Preço (R\$/kg)	Preço (R\$/m³)	Durabilidade em água salgada
Al (6061 T6)	240 - 280	2690 - 2730	8,56 – 9,95	23100 - 27200	Aceitável
Al (6262 T6)	240 - 280	2690 - 2730	16,6 – 19,6	44400 - 53200	Excelente
Al (6262 T9)	310 - 362	2690 - 2730	16,6 – 19,6	44400 - 53200	Excelente
Al (6082 T6)	240 - 280	2670 - 2730	8,45 – 9,84	22600 - 26900	Aceitável
Al (7075 T6)	393 - 530	2770 - 2930	17,1 - 20	47100 - 56700	Aceitável
NAB (EN CW307G)	250 - 270	7600 - 7750	21,9 - 26,5	167000 - 205000	Excelente
NAB (EN CC333G)	240 - 275	7600 - 7680	21,6 - 26,1	164000 - 201000	Excelente
Aço Inox (EN 1.4410)	530 - 626	7750 - 7900	37 - 40,1	287000 - 317000	Excelente
Aço Inox (EN 1.4462)	460 - 510	7800 - 7820	25,9 - 27,1	202000 - 212000	Excelente
Aço Inox (EN 1.4501)	515 - 575	7730 - 7820	29 - 30,6	224000 - 239000	Excelente
Resina Epóxi Não Preenchida	103 - 172	1110 - 1400	8,72 – 11,2	9680 - 15700	Aceitável
Resina Epóxi Enchimento De Vidro	125 - 276	1900 - 2100	12,5 – 14,6	23700 - 30700	Excelente
PUR (resina para moldagem insaturada)	66,2 – 72,8	1040 - 1060	17,2 – 18,9	17900 - 20000	Excelente

Fonte: CES Selector

Observando os dados da tabela é possível fazer algumas comparações entre cada material. Os polímeros possuem menor densidade e menor resistência mecânica o que mostra que o housing não poderia ser feito unicamente de um desses materiais é por isso que foram pesquisadas algumas ligas de aços inox, são os materiais que possuem maior resistência mecânica a compressão, porém tem maior densidade e custam mais caro, o uso desse material pode se tornar interessante se combinado com os materiais poliméricos o que pode resultar em um housing mais leve e barato em relação a uma estrutura mecânica puramente feita de aço inox. As ligas de alumínio oferecem uma boa resistência mecânica, tendo uma densidade maior apenas que os polímeros, com relação ao valor as ligas 6061 T6 e 6082 T6 são mais baratas até que as resinas de epóxi e poliuretano (PUR), no entanto o alumínio precisa de anodização dura, o tratamento superficial contra corrosão, isso é mais um gasto durante a fabricação. Já as ligas de NAB tem densidade na mesma faixa do aço inox com o preço menor, mas sua resistência a compressão está na mesma faixa de algumas ligas de alumínio, o que torna o NAB interessante é sua resistência a corrosão no mar e sua boa usinabilidade, o que pode reduzir gastos durante o processo de fabricação.

Embora as possibilidades de materiais tenham diminuído, elas ainda são muitas. As informações obtidas pelo CES Selector podem ser usadas para estimar o custo de fabricação, peso e dimensões do housing e é isso que pode determinar a escolha final do material. Outro ponto que pode influenciar na decisão, está relacionado a resistência a corrosão, mesmo os que tem excelente resistência podem sofrer com esse fenômeno considerando o longo tempo que o equipamento ficará submerso. Portanto mais avaliações precisam ser feitas.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Levando em consideração os fatores para escolha do material, o custo com fabricação, a disponibilidade de matéria prima no Brasil e a manufaturabilidade do material são pontos que influenciam bastante na decisão desse projeto. Isso ajuda a explicar o porquê de materiais com menor peso, maior resistência mecânica e a corrosão foram descartados. É esperado do housing, que no final dos testes com protótipos ele possa cumprir com todos requisitos solicitados, não comprometendo o funcionamento do nó.

Agradecimentos

Agradecimentos ao programa de incentivo à Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação no Brasil, promovido pela Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) que financia parte desse projeto e a todos que contribuíram com a construção desse trabalho.

5. REFERÊNCIAS

- ¹ MORAIS, J. M. **Petróleo em águas profundas: Uma história tecnológica da PETROBRAS na exploração e produção offshore**. Brasília: Ipea – Petrobras, 2013.
- ² THOMAS, J. E. (Org). **Fundamentos de Engenharia de Petróleo**. 2. ed., Rio de Janeiro: PETROBRAS e Editora Interciência, 2004.
- ³ OFFSHORE TECHNOLOGY CONFERENCE ASIA, 2014. Kuala Lumpur. **Housings, closures, and connectors for underwater instruments**. Massachusetts, Woods Hole Oceanographic Institution, 2014.
- ⁴ VITROVEX. **Deep sea housings**. Disponível em: < <https://www.vitrovex.com/overview-2/>>, Acesso em 12 mai. 2018.
- ⁵ BOWEN, A. et al. **The Nereus hybrid underwater robotic vehicle**. Underwater Technology, v. 28, n. 3, p. 79-89, 2009.
- ⁶ MAEDA, Y. ASAKAWA, K. **Development of 6,000 m class Cylindrical Pressure-tight Housings using Ceramic Cylinders and Metal Caps**. IEEE Underwater Technology (UT), Busan, pp. 1-5, 2017.
- ⁷ SYMPOSIUM ON UNDERWATER TECHNOLOGY AND WORKSHOR ON SCIENTIFIC USE OF SUBMARINE CABLES AND RELATED TECHNOLOGIES, 2011. Tokyo. **Recent progress in ocean bottom seismic observation and new results of marine seismology**. Tokyo: Earthquake Research Institute, University of Tokyo, 2011.
- ⁸ ALBERT, J. W. **Issues Affecting Current Meter Design**. Oceans, Genova, pp. 1-6, 2015.
- ⁹ MEIGH, H. J. **Cast and Wrought Aluminium Bronzes: Properties, Processes and Structure**. London: IOM Communications, 2000.
- ¹⁰ CANEPA, E. et al. **Corrosion behaviour of aluminium alloys in deep-sea environment: A review and the KM3NeT test results**. Marine Structures, v. 59, p. 271-284, 2018.