

INOVAÇÃO DO PROCESSO DE ENCAPSULAMENTO DE SENSORES ISOLADOS DO MEIO

DIEGO CONTE AYALA PENALVER
Pós CEETEPS – São Paulo – Brasil
diegoayalapenalver@fatecsp.br

HUMBER FURLAN
Pós CEETEPS – São Paulo – Brasil
humber@fatecsp.br

Resumo - Atualmente a indústria vem buscando novas tecnologias para melhorar os processos de fabricação e o desenvolvimento de produtos, empregando cada vez mais o uso de transdutores de pressão, com a finalidade de obter com mais eficácia os valores e ter maior controle da pressão utilizada nos processos de manufatura e ou desempenho dos produtos. Entretanto as linhas de pesquisas para desenvolvimento de capsulas não são muito discutidas dentro âmbito dos processos de fabricação e montagem. Técnicas atualmente aplicadas no processo geram transtornos como altos custos e a morosidade devido à complexidade de união das partes que compreendem: o anel de vedação a membrana transmissora de pressão e a base (onde se aloja o microssensor), formando assim a capsula do transdutor de pressão. Esta pesquisa tem como proposta inovar a forma de fabricação e contribuir para a sustentabilidade do processo, possibilitando também a sua remanufatura. Os resultados apresentados neste trabalho mostram que houve melhorias em sua fabricação com redução de tempo e uso de máquinas.

Palavras-chave: Desenvolvimento, baixo custo, Encapsulamento de MENS.

Abstract – Currently the industry is seeking new technologies to improve the manufacturing processes and product development, employing increasingly the use of pressure transducers, in order to obtain values more effectively and have more control of the pressure used in the processes of manufacture and or performance of the products. However the lines of research to development of capsules are not much discussed within framework of the processes of manufacture and Assembly. Techniques currently applied in the process generate disorders such as high costs and delays due to the complexity of the parts that comprise: the transmitting membrane sealing ring and base pressure (which houses the microssensor), thus forming the capsule pressure transducer. This research aims to innovate the form of proposed manufacturing and contribute to the sustainability of the process, enabling its remanufacturing. The results presented in this paper show that there have been improvements in their manufacturing with time reduction and use of machines.

Keywords: Development, low-cost, Packaging for MEMS Pressure Sensors

Introdução

Este trabalho tem como base o desenvolvimento tecnológico de uma capsula para um sensor de pressão isolado do meio (transdutor), Figura 1, através de uma montagem por ajuste com interferência mecânica, onde a elasticidade das partes da capsula feitas em aço inox fornecerá tensão suficiente para manter o conjunto unido, substituindo o processo de soldagem a plasma no processo encapsulamento. Com a modificação geométrica do anel e vedação, por uma nova peça denominada Capa, que acoplará todos os elementos, com uma interferência capaz de suportar os esforços de trabalho, podendo tornar o processo de manufatura deste transdutor mais rápido e barato, e manter a confiabilidade do produto.

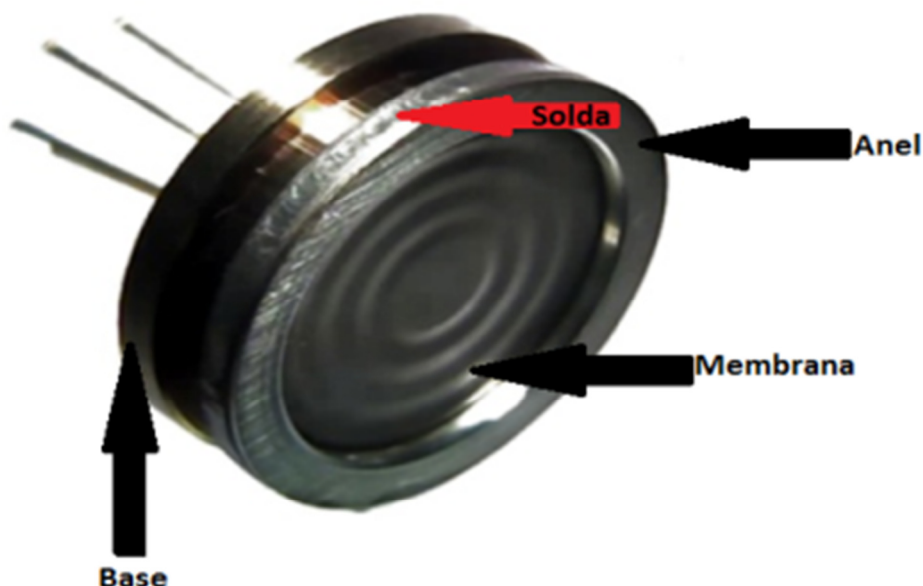


Figura 1: Fotografia de um Sensor Isolado do Meio comercial.

Para efeito de ajuste por interferência, foram feitos cálculos de dimensões máximas e mínimas das estruturas para que houvesse perfeito encaixe, mantendo a união entre as partes de tal maneira que suportassem os esforços de trabalho de transdução da pressão sem que houvesse qualquer tipo de vazamento nas interfaces.

Referencial Teórico

A modificação aplicada ao transdutor de pressão será a substituição de uma solda a plasma por uma montagem com interferência mecânica. Para tornar possível esse encapsulamento é necessário mudar as características geométricas da capsula que envolve o transdutor. Substituindo o anel de vedação, que antes fixava a membrana corrugada, por uma estrutura tipo capa que envolve a parte superior e todo perímetro lateral da cápsula, aplicando uma determinada tensão de interferência mecânica entre as partes devido a diferença de dimensões das

partes unidas. A Figura 2, desenhada no programa Solid Works, exemplifica a modificação geométrica e o esquema de montagem das partes que compõem a capsula do transdutor de pressão em questão.

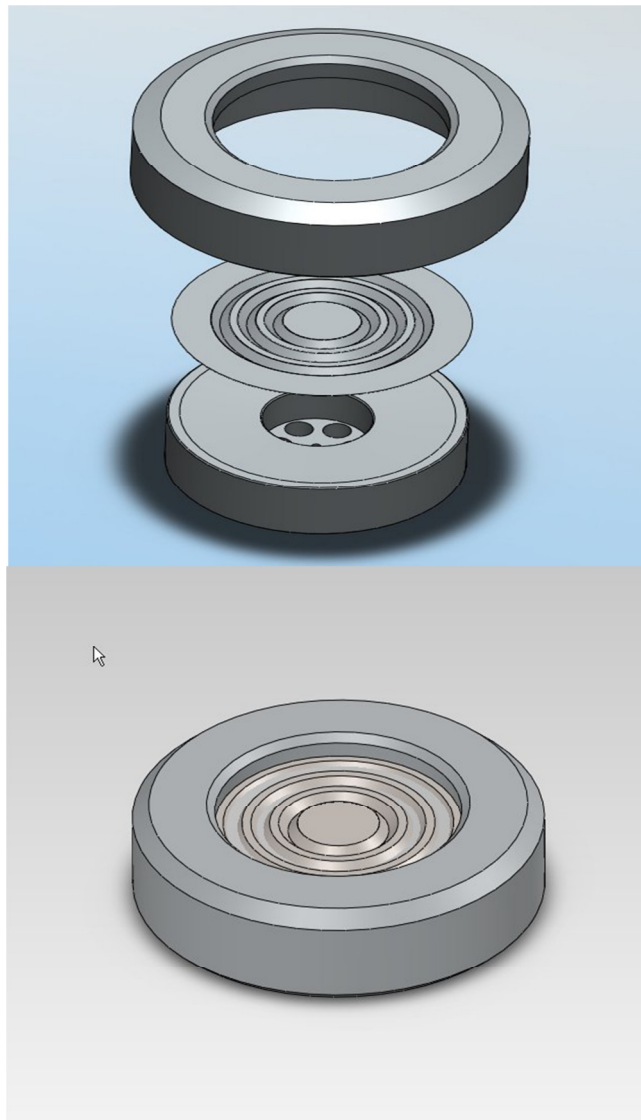


Figura 2: Desenho esquemático de montagem proposta do transdutor de pressão

A interferência mecânica pode ser vista como uma possível solução econômica para o processo de encapsulamento de um microssensor de pressão. Consiste no acoplamento de eixos e furos, onde é necessário definir os valores de interferência máxima, a fim de não ocorrer a deformação plástica, e a interferência mínima para não haver o deslizamento entre as mesmas, ocasionando a desmontagem do conjunto. Para obter o valor da interferência máxima geralmente é utilizado a expressão de Lamée Clapeyron, que expressa a relação entre a interferência e a tensão na interface eixo e furo.

$$\Delta = \frac{1}{\sigma} = d \left[\frac{de^2 + d^2}{Ee(de^2 - d^2)} + \frac{d^2 + di^2}{Ei(d^2 - di^2)} + \frac{ve}{Ee} - \frac{vi}{Ei} \right]$$

Equação 1

Onde:

l : Interferência.

σ : Tensão Limite de Escoamento.

d : Dimensão Nominal do Ajuste.

d_e : Diâmetro externo da peça que contém a nominal do furo (mm).

E_e : Modulo de Elasticidade do material que contém a nominal do furo (N/mm²).

d_i : Diâmetro interno (furo de verdade) de peça que contém a nominal do eixo (mm).

E_i : Modulo de Elasticidade do material que contém a nominal do eixo.

ν_e : Coeficiente de Poisson do material que contém a nominal do furo.

ν_i : Coeficiente de Poisson do material que contém a nominal do eixo.

O encapsulamento do transdutor é fabricado todo em aço inox 316. Contudo, na expressão de Lamée Clapeyron foram utilizados constantes que são tabeladas de acordo com as normas de fabricação do material. Assim, para interferência máxima:

$$\Delta = \frac{l}{205} \frac{1}{\sigma} = 19 \left[\frac{24^2 + 19^2}{193 \times 10^3 (24^2 - 19^2)} + \frac{19^2 + 7^2}{193 \times 10^3 (19^2 - 7^2)} + \frac{0,3}{193 \times 10^3 E_e} - \frac{0,3}{193 \times 10^3 E_i} \right]$$

$$l = 0,1144 \text{ mm}$$

A partir da interferência máxima entre o eixo e o furo, pode haver a deformação plástica, podendo comprometer a tensão entre os corpos provocando até mesmo a desmontagem da cápsula.

Para obter as tolerâncias dimensionais se faz necessário conhecer o valor de interferência mínima. Segundo a equação do coeficiente de atrito entre as partes, há a utilização do valor de torque que não existe na estrutura do transdutor de pressão. Assim a resolução se dá, utilizando a expressão de Lamée Clapeyron, substituindo a tensão limite de escoamento do material pela tensão provocada entre as partes quando o transdutor sofre a máxima pressão de trabalho de valor 61,19 N/mm²:

$$\Delta = \frac{l}{61,19} = 19 \cdot \left[\frac{24^2 + 19^2}{193 \times 10^3 (24^2 - 19^2)} + \frac{19^2 + 7^2}{193 \times 10^3 (19^2 - 7^2)} + \frac{0,3}{193 \times 10^3 E_e} - \frac{0,3}{193 \times 10^3 E_i} \right]$$

$$l = 0,03417 \text{ mm}$$

Conhecidos os valores das interferências máxima e mínima, pode-se determinar os campos de tolerâncias segundo a norma NBR 6158. Seguindo a norma citada e as regras para que as tolerâncias dimensionais mantenham a interferência entre as peças, o ajuste entre a capa e a base é de 19 H8 para o diâmetro do furo da capa, e 19 z8 para o diâmetro externo da base [1,2].

Método

As peças para montagem do encapsulamento do transdutor foram usinadas em torno universal com ferramentas de metal duro e aço rápido. A montagem se deu pela técnica de ajuste prensado transversal por contração [1,2]. Foi utilizada uma prensa de até 3000 PSI. A temperatura para essa montagem foi calculada em 350,87 °C. Após montagem mecânica entre essas peças, o invólucro foi submetido à preenchimento com óleo siliconado para remoção de bolhas de ar que poderiam ficar dentro do invólucro e em seguida este foi lacrado com uma esfera de aço inox 316 utilizando da solda capacitiva.

Foram construídas três amostras de capsula, com as mesmas características de materiais e geométricas, as tolerâncias das dimensões calculadas foram respeitadas segundo a norma anteriormente citada para que se pudesse ter a mesma efetividade de tensão de interferência mecânica calculada para unir as peças e formar a capsula. A figura 3 demonstra as três amostras construídas.



Figura 3: Fotografia das amostras fabricadas.

Resultados e Discussão

Os resultados demonstram que essa estrutura suporta facilmente até 3000 PSI (limite do equipamento de ensaio). As fotografias da figura 4 demonstram o dispositivo de teste e o dispositivo resistindo a pressão máxima que o equipamento pode aplicar.



Figura 4 Fotografias da presa hidráulica e do dispositivo adaptado.

No teste de desmontagem da cápsula foi observado visualmente não houveram trincas, e que a tensão efetiva no conjunto causou avarias devido à adesividade provocada pela afinidade química entre os materiais ocasionando desprendimento de matéria gerando sulcos e ranhuras, entre as faces de contato durante a desmontagem, comprovando o perfeito acoplamento entre as partes.

Considerações finais

Foi possível comprovar a eficácia da montagem por interferência mecânica no processo de encapsulamento de sensores de pressão. De acordo com os testes não houve vazamento do óleo que preenchia o invólucro suportando a carga total de trabalho de uma prensa hidráulica comum adaptada para conceber este tipo de teste. Com mais amostras e análises laboratoriais, pode-se obter mais informações que possibilitará transformar este experimento em um inovador processo produtivo para transdutores de pressão.

Referências

Agostinho, Oswaldo Luiz. Tolerâncias, ajustes, desvios e análise de dimensões, 9ª edição, editora Bluncher 2007.
Bulba, Edivaldo Antonio. Tolerâncias Medições e Qualidade, 1ª edição, edição do autor, ISBN:978-85-909284-0-9